

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

**Рударско-геолошки факултет**

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Јелене Зарић

Одлуком 1/328 бр. од 24.10.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Зарић, дипл. инж. геологије, под насловом

**„Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и консултација са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Наслов и обим дисертације**

Наслов докторске дисертације кандидата Јелене Зарић, дипломираног инжењера геологије, је: „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“.

Дисертација садржи:

- 375 страна рачунарски обрађеног текста А4 формата,
- 51 табела у тексту,
- 151 слика, графикона, фотографија и схема,
- 182 навода у списку литературе.

## 1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Одлуком бр. 1/45 од 23.03.2017. године, именовани су чланови Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Зарић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 22.06.2017. године усвојило је позитиван Извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Зарић, под насловом: „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 11.07.2017. године, на основу извештаја бр. 1/128, од 26.06.2017, који је дала комисија именована од стране Наставно-научног веће Рударско-геолошког факултета у Београду, донело је Одлуку којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Јелене Зарић, под насловом: „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“ на Рударско-геолошком факултету (бр. 61206-2605/2-17 од 11.07.2017. године).

На основу молбе кандидата, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је Одлуку о продужењу рока за израду докторске дисертације Јелене Зарић, у трајању два семестра (бр. 1/207 од 25.09.2017. године).

Због здравствених разлога током 2018. године, кандидат не успева да изврши финализацију докторске дисертације до завршетка школске 2017/2018. године. На основу Молбе за продужење рока за израду докторске дисертације на основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, одлуком декан Факултета донета је Одлуку о продужењу рока за израду докторске дисертације за два семестра.

Кандидат Јелена Зарић, дипл. инж. геологије, 07.06.2019. године поднела је Молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“. Катедра за хидрогеологију упутила је допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета са предлогом чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Душан Полоччић, редовни професор Рударско-

геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Милан Димкић, научни саветник, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, др Драженко Ненадић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, др Драгољуб Бајић, доцент Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

С позивањем на претходно наведене здравствене разлоге у 2018. години, имајући у виду период који је кандидату потребан до одбране дисертације, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на основу молбе бр. 1/265 од 03.10.2019. одобрило је статус мировања кандидату Јелени Зарић за период у трајању од једног семестра.

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на седници одржаној 24.10.2019. године именовало је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Јелене Зарић, под насловом: „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“ (бр 1/328 од 28.10. 2019. године). Чланови Комисије су потписници овог извештаја.

### **1.3. Научна област дисертације**

Докторска дисертација под насловом „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“, припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „Геолошко инжењерство“, односно ужој научној области „хидрогеологија“, за коју је матичан Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет.

Специјалистички сегмент који обухвата докторска дисертација је дефинисање услова експлоатације и очувања ресурса подземних вода алувијалних издани, са аспекта генезе и услова формирања алувијалних седимената. Дисертација обухвата методологију и савремени приступ анализи квартарних алувијалних седимената дефинисања њихових карактеристика, старости и генезе, у циљу економски исплативе и одрживе експлоатације подземних вода алувијалних издани.

За менторе на изради докторске дисертације именовани су:

- Др Душан Полочичић, редовни професор, ужа научна област - Хидрогеологија (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет) и

- Др Милан Димкић, научни саветник, ужа научна област - Инжењерство заштите животне средине (Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука).

#### 1.4. Биографски подаци о кандидату

Јелена Зарић рођена је 23. јуна 1984. године у Београду. Средњу школу, Х београдску гимназију “Михајло Пупин”, завршила је 2003. године. Од октобра 2003. године полази на студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, смер за хидрогеологију, на ком је дипломирала 10. јула 2009. године, са просечном оценом 8,65 (скала од 6 до 10). Назив теме дипломског рада гласи “Хидрогеолошке карактеристике алувиона Тисе и могућности водоснабдевања општине Нови Бечеј”. Током студирања на основним студијама била је стипендиста Министарства просвете и спорта Републике Србије.

Октобра 2009. године уписала је докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област - Хидрогеологија. На основу десетог конкурса за стипендирање младих истраживача-доктораната за завршетак докторских студија и докторске дисертације добила је стипендију и укључена је на пројекат Рударско-геолошког факултета под називом „Истраживање, оцена и значај подземних водних ресурса у концепту одрживог развоја“. С почетком новог циклуса пројеката од 2011. године, укључена је на пројекат Министарства просвете и науке под називом „Симултана биоремедијација и сојилификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа“. Од 2014. године запослена је на Рударско-геолошком факултету, преко пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, под називом „Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода“, (бр.176022). Од новембра 2015. прелази на пројекат ТР 37014 под називом „Методологија оцене, пројектовања и одржавања изворишта у алувијалним срединама у зависности од аеробности“ и запослена је у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“.

Током докторских академских студија на Рударско-геолошком факултету, усавршавање је обављала и похађајући организоване курсеве на Техничком Институту у Острави (*Institute of Geoinformatics - Symposium GIS, Workshop Water erosion modeling*, Чешка Република, мај 2012.год.), као члан *COST action* програма (*Institute for Automation of Complex Power Systems (E.ON ERC) RWTH Aachen - COST action ECOST MEETING IC0806-040313-026273*, Ахен, Немачка, 2013. год.) и боравком у Индији, у оквиру програма техничке и економске сарадње Владе Индије (*The Indian Technical and Economic Cooperation (ITEC) Programme of Government of India, The Energy & Resources Institute (TERI), ITEC course “Renewable Energy and Energy Efficiency” under the ITEC Programme of the Ministry of External Affairs, Government of India*, Њу Делхи, Индија, од 16.02. до 06.03.2015).

Члан је домаћих и интернационалних струковних организација: „Српско геолошко друштво“ (СГД), „Удружење Милутин Миланковић“, „The International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems“ (SDEWES), Control and Security of Critical Infrastructure

Systems (IntelliCIS), The International Water Resources Association“ (IWA) и „The International Association of Hydrogeologists“ (IAH).

Учествовала је на већем броју домаћих и међународних научних скупова, на којима је презентовала радове из области хидрогеологије и публиковала их у зборницима радова. На 39-ом конгресу Међународне асоцијације хидрогеолога била је копредседавајући на сесији: NAPL Source Zone: Flow and Mass Transfer (39th IAH Congress, at Niagara Falls in Canada, September 2012).

Коаутор и аутор 27 публикованих радова, од чега су два рада категорије M22, један M23 и три M42. Коаутор је поглавља у монографији “Српско рударство и геологија у другој половини XX века” објављене у издању Академије инжењерских наука Србије, 2014. године.

Учествовала је у изради неколико научно-истраживачких студија и пројеката о хидрогеолошким истраживањима, које су уско повезане са темом дисертације (за Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, Републичка дирекција за воде - *Студија дефинисања стања, анализе процеса генезе, коришћења, заштите и обогаћивања ресурса подземних вода (2017), Студија анализе одржавања изворишта подземних вода у алувијалним срединама у зависности од степена аеробности (2017);* за ЈКП „Београдски водовод и канализацију“ - *Пројектовање и израда 5 пијезометара на београдском изворишту за потребе санације бунара (2016), Пројектовање и израда 30 пијезометара на београдском изворишту за потребе санације бунара (2017).*

Кандидат Јелена Зарић, од 2010. до 2015. година, радила је као демонстратор на Рударско-геолошком факултету, Департману за хидрогеологију, Центру за заштиту подземних вода и геолошке средине. Током рада на Рударско-геолошком факултету, на Департману за хидрогеологију, била је ангажована за помоћ у одржавању вежби на предметима: “Заштита подземних вода”, “Ремедијација подземних вода и геолошке средине”, “Основи хидрогеоекологије” и “Општа хидрогеологија” (за студенте геофизике). Током свог рада на Факултету највише се бавила заштитом подземних вода, успостављању зона заштите изворишта за водоснабдевање, имплементацијом нових законских регулатива и препорука Европске уније, као и могућностима примене савремених метода ремедијације у циљу одржавања и побољшања квалитета изворишта подземних вода.

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду 23.05.2013. године, изабрана је у истраживачко звање истраживач-сарадник. Новом одлуком Наставно-научног већа од 19.05.2016. извршен је реизбор у звање истраживач-сарадник.

Један је од првих чланова пројекта GOSPEL (GeOthermal Serbian Potential for hEat and eLectricity) који је настао у сарадњи стручњака Србије и Француске у циљу истраживања и експлоатације дубоких геотермалних ресурса Србије. Од

2013. године била је секретар пројекта. Од 2015 престанком рада на Рударско-геолошком факултету и преласком у Институт за водопривреду “Јарослав Черни”, води се као спољни консултант пројекта и учесник у изради “Студије геотермалних ресурса Србије” („*Study of geothermal resources of Serbia - potential, exploration and prospects of utilization*”).

Од 2015. године запослена је на Институту за водопривреду “Јарослав Черни” у Београду. Ради на пројектима и студијама које се баве питањима подземних вода, са посебним акцентом на проблематику подземних вода алувијалних издани. 2018 године стиче лиценцу одговорног пројектанта хидрогеолошких подлога и објеката и лиценцу одговорног извођача радова на изради хидрогеолошких подлога. Током 2016. и 2017. године највише је ангажована у оквиру мониторинга квалитета и услова експлоатације подземних вода на извориштима у долини Саве и Велике Мораве, као и на пројектима израде осматрачких објеката БВК, за потребе избора бунара и санације на подручју београдског изворишта. 2018. била је надзор при истражним радовима за потребе израде гасовода Ниш - Димитровград. 2019. године ангажована је на више пројеката (пројекат насипа на Колубари, пројекат израде геолошких и хидрогеолошких подлога за подручје Макишког поља за потребе изградње Тесла града, хидрогеолошке и геолошке подлоге за потребе израде мастерплана за подручје Доњег поља (Сурчин), израда геолошких и хидрогеолошких подлога и режимска осматрања за потребе израде хидродинамичког модела за подручје Београда на води и др).

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Структура и садржај дисертације**

Докторска дисертација кандидата Јелене Зарић, под називом „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“ написана је на 375 страна, формата А4 (фонт 12, проред 1,5), садржи 151 илустрацију и 51 табелу. Подељена је на 14 поглавља: 1. Увод (6 страна); 2. Образложење теме и структура дисертације (3 стране); 3. Истражно подручје и обим истражних радова (7 страна); 4. Шире истражно подручје (17 страна); 5. Примарни правци приноса материјала у савски басен (22 стране); 6. Промене климе на глобалном нивоу током плеистоцена - веза са глацијацијом у Динаридима и квартарне творевине јужног обода Панонског басена (19 страна); 7. Квартарне творевине и ледничке појаве у сливу Саве (25 страна); 8. Примењена истраживања и истражни радови на локацијама четири изворишта (73 стране); 9. Београдско извориште подземних вода (31 стране); 10. Бунари београдског изворишта (25 страна); 11. Истражно бушење и лабораторијске анализе на београдском изворишту - нова истраживања (18 страна); 12. Резултати истражних радова на две дубоке бушотине (55 страна); 13. Дискусија резултата (41 страна); 14. Закључна разматрања (14 страна) и Списак литературе (19 страна). Поред тога, дисертација садржи: Насловну

страну на српском и енглеском језику, Страну са подацима о менторима и члановима комисије, Резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, Захвалницу, Садржај, Биографију докторанда, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

## **2.2. Кратак приказ појединачних поглавља**

Дисертација обрађује 5 тематских делова који су повезани у јединствену целину:

- Генеза и геологија јужног обода Панонског басена у доњем току реке Саве, као шире истражно подручје;
- Промене климе на глобалном нивоу током плеистоцена, веза са глацијацијом у Динаридима и седиментација алувијалних седимената у долини Саве;
- Одржавање изворишта подземних вода у алувијалним срединама у зависности од степена аеробности (карактеристике изворишта дуж Саве, специфичности београдског изворишта у погледу карактеристика седимената и процеса старења бунара, приказ спроведених истраживања и истражних радова);
- Приказ резултата истраживања и истражних радова на две дубоке бушотине на београдском изворишту (корелација резултата датирања глацијалних облика са резултатима датирања полицикличних алувијалних седимената, интерпретација и дискусија гранулометријских, минералošких, палеонтолошких и других анализа спроведених током истражних радова на београдском изворишту);
- Синтеза и дискусија резултата, закључци и примена нових сазнања.

Прва два поглавља представљају уводна разматрања, образложење теме и увид у структуру дисертације.

У трећем поглављу дат је приказ обима истраживања и истражних радова и приказ истражног подручја.

У четвртном поглављу дат је приказ ширег истражног подручја, кроз услове формирања ободног дела Панонског басена, са акцентом на тектонику као један од главних фактора генезе.

У петом поглављу издвојене су и описане геолошке формације и структуре и примарни правци приноса материјала у Савски басен, од којих воде порекло алувијални седименти Саве.

Шесто поглавље приказује климу плеистоцена, са аспекта формирања алувијалних седимената. Приказује нову глобалну хроностратиграфску поделу и номенклатуру, као и методе које се могу применити за датирања

седимената, са својим ограничењима и предностима при датирању алувијалних седимената.

Седмо поглавље бави се кварталним творевинама и ледничким појавама у Сливу Саве, као директним последицама претходно описаних услова и фактора генезе (климе и тектонике). У поглављу су приказани резултати ранијих истраживања и датирања ледничких творевина, као и резултати датирања лесних творевина на истражном подручју.

Осмо поглавље даје приказ примењених истраживања и истражних радова на извориштима на доњем току реке Саве кроз Србију. У поглављу је прво изложена методологија истраживања, а затим је дат приказ резултата истраживања.

У деветом поглављу дат је приказ београдског изворишта, као изворишта са најкомплекснијом проблематиком и истражног подручја на ком су за потребе ове дисертације вршени истражни радови.

У десетом поглављу је изложена комплетна проблематика експлоатације подземних вода на београдском изворишту, кроз приказ резултата претходних истраживања, са посебним акцентом на проблематику старења бунара и опадања капацитета изворишта.

Једанаесто поглавље описује истражне радове на истражном подручју београдског изворишта уз приказ две наменске, дубоке, пијезометарско – структурне бушотине.

У дванаестом поглављу је дат приказ свих резултата истражних теренских радова, *in situ* мерења и лабораторијских анализа на истражном подручју београдског изворишта (на две дубоке бушотине). У овом поглављу презентовани су и резултати издвајања циклуса седиментације и датирања алувијалних седимената.

Дискусија резултата дата је у тринаестом поглављу. У овом поглављу описани су клима и тектоника, са аспекта глобалних и локалних услова генезе кварталних алувијалних седимената. Извршена је корелација резултата датирања седимената са бушотина на београдском изворишту са резултатима датирања моренског материјала плеистоценских ледника у сливу Саве. Дата је веза генезе и карактеристика алувијалних седимената са условима експлоатације алувијалних издани, са препоруком за приступ при дефинисању експлоатационог капацитета и локације бунара.

Четрнаесто поглавље представља закључна разматрања кроз која је сумиран обим и резултати ове дисертације и истакнута питања и препоруке за даљи рад и истраживања на овој проблематици.



### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост, оригиналност и значај

У Републици Србији 75% пијаће воде се црпи из подземних водних ресурса, од којих 70% чине подземне воде алувијалних издани. На основу Водопривредне основе Србије, на територији Срема, Мачве, Саве и Тамнаве, издашност изворишта подземних вода у оквиру алувијалних седимената износи  $6,97 \text{ m}^3/\text{s}$  од укупно  $7,84 \text{ m}^3/\text{s}$ . Укупан процењени потенцијал за ову област износи  $22,75 \text{ m}^3/\text{s}$ , од чега  $21,11 \text{ m}^3/\text{s}$  чине подземне воде алувијалних издани.

Процеси који се одвијају у алувијалној издани изворишта у доњем току реке Саве, као и њихове карактеристике (слојевитост тј. цикличност, гранулометријски и минералашко-петролошки састав слојева), последица су услова формирања током плеистоцена и то превасходно климатских промена, тачније смене више глацијалних и интерглацијалних периода. Са аспекта одржавања изворишта, генеза алувијалних седимената има велики значај за разумевање појава и процеса који доводе до старења бунара и опадања капацитета. Ови процеси су у функцији више фактора који су директно последица услова формирања и седиментације савског алувиона. Процеси у оквиру алувијалних издани, њихове карактеристике, хидродинамички модели бунара и изворишта у сливу Саве, предмет су дугогодишњег истраживања у оквиру више пројеката и студија. Истраживања у оквиру ове дисертације спроведена су у оквиру наставка рада на овим истраживањима. Значај истраживања огледа се у одрживом развоју алувијалних изворишта и очувању издани, као и у оптимизацији трошкова одржавања и експлоатације подземних вода.

Поред наведене практичне примене резултата, ова дисертација даје фундаментални допринос детерминисању и рашчлањавању слојева на београдском изворишту, дефинисању и усаглашавању литолошких јединица квартарних алувијалних седимената са новом хроностратиграфском скалом. Новим истраживањима спроведеним на дубоким бушотинама на београдском изворишту успостављена је веза алувијалних квартарних творевина и материјала морена високих планина Динарских Алпа. Корелација је извршена на основу резултата савремених метода датирања седимената (оптички стимулирана луминисценција на кварцу и фелдспату и палеомагнетна метода) које су по први пут коришћене за датирање плеистоценских алувијалних седимената. На основу резултата датирања у комбинацији са резултатима „класичних“ кабинетских, лабораторијских и теренских метода добијени су одговори на питања о геолошким условима и времену формирања појединих циклуса плеистоценских алувијалних седимената. По први пут је коришћено више метода за датирање, уз расположиве стандардне анализе

(гранулометријске, минералошко-петролошке, палеонтолошке и др.) како би што боље били издвојени и дефинисани циклуси квартарне седиментације и дефинисан геолошки профил квартарних седимената на београдском изворишту, са описом геолошким и хидрогеолошким карактеристикама појединих слојева и формација.

Примена резултата ове Дисертације огледа се у одрживом развоју изворишта у алувиону Саве и могућности оптимизације њихове експлоатације и одрживог коришћења подземних водних ресурса. Са аспекта очувања подземних водних ресурса Србије и развоја постојећих и нових изворишта, неопходно је правилно управљање овим ресурсима и контролисан и плански приступ при њиховој даљој експлоатацији.

Оваквим интегрисаним приступом проблематици експлоатације подземних вода алувијалне издани, сагледани су извесни аспекти који до сада нису узимани у обзир као фактори од великог значаја. Разумевањем услова формирања алувијалних седимената Саве, врло је битно због дефинисања карактеристика самих седимената, али и услова контакта са другим изданима и теренима у залеђу. На београдском изворишту воде које се филтрирају из правца реке Саве чине од 66 до 89% подземне воде алувијалне издани. Међутим, експлоатацијом подземних вода, а нарочито обарањем нивоа подземних вода у залеђу изворишта повећава се дотицај из залеђа. Предвиђени пројекти изградње на подручју Макишког пола и Доњег поља захтевају одговарајуће нивое подземних вода који неће угрожавати услове изградње пројектованих објеката. Ово питање је тренутно актуелно и од виталног значаја јер подземне воде које се одводњавају као непожељне са аспекта изградње, уједно прихрањују ресурс подземних вода од виталног значаја, чији капацитет и квалитет треба очувати. Обарањем нивоа у залеђу, за потребе изградње, повећава се потенцијални дотицај из залеђа, чиме се проблем одводњавања терена усложњава, а питање капацитета и квалитета вода, које се експлоатишу за потребе водоснабдевања, доводи се у питање.

### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

У току израде докторске дисертације детаљно су прегледани и коришћени литературни извори што је резултирало списком од 182 наведене публикације. Обрађени литературни извори могу се сврстати у неколико тематских категорија. У првој фази истраживања током мониторинга на извориштима дуж тока Саве кроз Србију прикупљена је сва фондовска документација, елаборати и студије о извориштима на истражном подручју. Затим је прикупљена и анализирана сва расположива литература и документација о ранијим истраживањима квартарних седимената, посебно подручја Срема, Мачве, Посаво-Тамнаве и београдског изворишта. Због јасног дефинисања и корелације слојева кроз раније литературне изворе и данас,

анализиране су промене у оквиру геохронолошке скале са позивањем на релевантне литературне изворе.

По завршетку дефинисања геохронолошке скале кроз време, на исти начин су анализирани глацијални и интерглацијални периоди на Балканском полуострву, посебно на подручју Црне Горе и Босне. Дат је приказ ранијих и савремених истраживања глацијалних облика, као и других квартарних седимената који су стварани током плеистоцена. Кроз више литературних извора анализирана је клима квартара и тектоника, као главни фактори генезе алувијалних изворишта у долини Саве.

Тематске области које обрађује ова дисертација приказане су кроз анализу литературних извора од првих аутора за које је постојала доступна литература, до најсавременијих и најновијих публикованих радова, иностраних и домаћих аутора.

Списак литературе садржи и научне радове у чијој изради је учествовао и сам докторанд, а који су на одређени начин верификовали примењене научне методе и резултате ове дисертације код међународне и домаће научне и стручне јавности.

### **3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање**

У циљу дефинисања услова генезе и литолошког стуба квартарних алувијалних седимената Саве на београдском изворишту коришћено је више метода. Циклуси седиментације су прво издвојени на основу гранулометријских карактеристика (заступљености пречника зна и сортираности), затим је анализиран минералoшки и петролошки склоп седимената у контексту потенцијалних зона и праваца приноса материјала у савски басен. Палеонтолошким анализама утврђени су карактеристични фосили и забележене њихове масовне и атипичне појаве на истражном подручју, у циљу будуће интерпретације у наредним фазама истраживања. Поред наведених стандардних метода било је потребно наћи и адекватну методу којом би се могло извршити датирање седимената.

Због специфичности алувијалних квартарних седимената, за њихово датирање није постојала ниједна метода која би могла дати одговор о остарости свих издвојених слојева полицикличних алувијалних седимената на београдском изворишту. Кандидат је из тог разлога извршио избор комбинације две методе, које су уз резултате класичних метода дале релевантне резултате за даље тумачење и интерпретацију. За две изабране методе у Србији није постоје специјализоване лабораторије, па је из тог разлога остварена сарадње са две лабораторије из Будимпеште и Сегедина.

Из издвојених циклуса седимената узети су репрезентативни узорци и послати на датирање OSL методом на кварцу и фелдспату. Анализе су вршене у сарадњи са лабораторијом за датирање методом луминисценције, на Департману за физичку географију и геоинформатику, Универзитета у Сегедину. Издвојене су и сачуване и љуштуре одређених организама, са тачном локацијом и дубином у профилу бушотина, са планом за њихово датирање у наредном периоду методом аминокиселина у фосилним остатцима).

За дубље глиновито-лапоровите циклусе коришћена је метода палеомагнетизма. Анализе су изведене у сарадњи са стручњацима лабораторије за палеомагнетизам из Будимпеште. Због специфичности седимената у погледу услова седиментације и редепонована, поред дефинисања оријентације магнетног поља, резултати су тумачени и са аспекта услова формирања одређених гвожђевитих минерала утврђених у седиментима глиновито-лапоровитих слојева.

Мониторинг подземних вода подразумевао је две кампање *in situ* мерења и узорковања подземних вода за хемијске анализе, на анализираним извориштима дуж тока Саве. На подручју београдског изворишта где су извођени наменски истражни радови израђене су батерије пијезометара, како би на основу осматрања режима нивоа и квалитета подземних вода различитих изданских зона кроз интерпретацију параметара мониторинга био утврђен њихов међусобни контакт и утицај појединих изданских зона у оквиру плеистоценских седимената алувијалне издани Саве. За зоне које нису биле обухваћене истражним радовима, дат је предлог неопходних објеката за мониторинг у циљу дефинисања додатних параметара режима подземних вода. Овде се првенствено мисли на зону залеђа изворишта и контакт алувијалне и карстне издани на подручју Макишког поља или пак зону контакта са лесним платоима у залеђу Доњег поља.

Оваквим методолошким приступом сагледане су карактеристике алувијалних седимената у контексту услова експлоатације подземних вода и дате су препоруке за будућа истраживања и истражне радове. Између осталог, утврђено је да се при истражном бушењу какво је примењивано у досадашњим истражним радовима губи („испира“) значајан део честица најситније фракције у оквиру водоносних шљунковито-песковитих седимената плеистоценске издани. Ово није битно само због утицаја на прорачун коефицијента филтрације, већ и због специфичне улоге коју имају ситне честице глине и прашине као главни носиоци гвожђа, што даље утиче на биохемијске процесе који се одвијају у издани и који утичу на старење бунара и опадање капацитета. Избор и препоруке метода бушења и узорковања алувијалних седимената значајне су због добијања релевантних резултата анализа на основу којих се потом врши димензионисање експлоатационог капацитета бунара и избор локација водозахватних објеката.

### **3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата**

Резултати које је кандидат, дипл. инж. геологије Јелена Зарић, остварила, могу се посматрати вишеструко. Дат је значајан научни допринос развоју дисциплине хидрогеологије у области савремених метода изучавања седимената алувијалне издани Саве на нашим просторима и добијени су резултати који могу да нађу ширу примену у пракси.

Резултати истраживања спроведених за потребе ове дисертације представљају надоградњу претходних истраживања на овом простору, и на основу ових резултата може се вршити поузданије пројектовање истражних радова, за потребе мониторинга и експлоатације подземних вода.

Испуњавањем програма будућих истраживања и применом методолошког приступа, предложених овом дисертацијом, требало би да се омогући очување подземног водног ресурса алувијалне издани Саве и његова одржива експлоатација за потребе водоснабдевања, у условима планске изградње објеката и насеља у зони непосредног залеђа београдског изворишта на подручју Макишког поља и Сурчинског поља.

### **3.5. Оцена способности кандидаткиње за самостални научни рад**

Кандидат, Јелена Зарић, дипл. инж. геологије, је успешно и квалитетно одговорила на циљеве постављене у предлогу за израду ове дисертације, што указује на њену способност да објективно и у целини сагледа истраживачки процес и услове потребне за његову реализацију. При конципирању обима истражних радова и избора метода извршила је одабир најпогоднијих „класичних“ кабинетских, лабораторијских и теренских метода, као и нових метода за датирање које до сада нису коришћене у пракси за датирање алувијалних седимената. Имајући у виду да применом једне методе нису могли бити добијени релевантни резултати, кандидат је одабиром две савремене методе, уз комбинацију „класичних“ метода, добио резултате који су потом успешно корелисани са резултатима датирања других кварталних творевина. Поред тога, треба нагласити да су у питању врло скупе лабораторијске методе за које не постоје специјализоване лабораторије у земљи. Из тог разлога остварена је сарадња са две специјализоване лабораторије из Будимпеште (Terradat Informatikai, Mérnöki, Geofizikai Kereskedelmi és Szolgáltató Kft) и Сегедина (Luminescence Dating Laboratory, Department of Physical Geography and Geoinformatics, University of Szeged). Поред тога, кандидат је самостално и уз свесрдну сарадњу и помоћ колега из водовода Средмске Митровице, Руме, Шапца, Обреновца и Београда, спровео опсежан мониторинг, прикупио сву расположиву документацију о извориштима и извршио потребне ализе и *in situ* мерења.

Кандидат је током израде дисертације успешно публикувао и презентовао научне радове на основу резултата својих истраживања. Својим активним

учешћем на конференцијама и научним скуповима, кандидат Јелена Зарић, дала је допринос имплементацији нових идеја и популаризацији тематике одрживе експлоатације алувијалних издани и очувања ресурса подземних вода. Њено стручно усавршавање и повезивање са научно-истраживачким институцијама и стручњацима из земље и света, резултирало је до сада, са више пројеката и сарадњи. Резултате добијене приликом истраживања и истражних радова за потребе ове дисертације кандидат ће објављивати и у предстојећем периоду, с обзиром да су за сада публиковани само делимично. Поред тога кандидат је тематику дисертације сагледао не само кроз хидрогеолошки аспект, већ је отворио и могућност за мултидисциплинарни приступ и потенцијалну сарадњу са стручњацима из других области геолошких наука.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Извршена је систематизација претходних података и резултата истраживања о хидрогеолошкој области истраживања, што је од великог значаја за одрживи развој алувијалних изворишта и будуће водоснабдевање.

Приказане су теоријске основе услова смене хладних и топлих фаза током квартара, затим тектонски услови и услова формирања великих речних токова, као предуслов речне седиментације и формирања алувијалних издани. Обрађена су и приказана теоријска знања и резултати из праксе рада изворишта и експлоатације подземних вода алувијалних издани.

Фундаментални допринос огледа се у дефинисању и усаглашавању литолошких јединица квартарних алувијалних седимената са новом хроностратиграфском скалом, њихова корелација са другим квартарним облицима и творевинама и примени више метода датирања седимената на основу којих су дати одговори на питања о геолошким условима и времену њиховог формирања.

- У стручној литератури алувијални седименти плеистоценске старости на подручју Срема, Мачве, Посаво-Тамнаве и београдског изворишта дефинисани су од великог броја аутора и појављују се под различитим именима. Најводоноснији циклус шљунковито-песковитих слојева појављује се под називом “Макишки слојеви” или “Слојеви са *Corbicula fluminalis*”. Ове седименте у погледу генезе једни аутори сматрали су речно-језерским творевинама, док други аутори истичу да су настали искључиво речном седиментацијом, уплетених токова широких, меандрирајућих река. У погледу дефинисања подине алувијалних седимената такође наилазимо на више тумачења (шарене глине плио-плеистоцена, барско терестрични седименти еоплеистоцена и др.) Додатни проблем донело је и

померање границе квартара што је створило додатну конфузију приликом интерпретације ранијих аутора.

- Приликом израде ове дисертације циклуси седиментације су издвојени и дефинисани на основу виш „класичних“ кабинетских, лабораторијских и теренских метода и по први пут датирани на основу методе оптички стимулисане луминисценције и паломанетне методе. Анализирани су сви циклуси седиментације до панонских лапораца у подини. На тај начин обухваћени су и слојеви старијег и средњег плеистоцена који су до сада у литератури дефинисани као еоплеистоцен или плиоплеистоцен, док су их неки аутори сврставали у плиоцен.
- Сви издвојени слојеви (циклуси) су корелисани и дефинисани према новој хроностратиграфској скали. Седименти су на основу резултата датирања корелисани са глацијалним фазама према резултатима датирања морена на високим планинама у сливу Саве.
- На тај начин прецизније је дефинисан квартални стуб алувијалних седимената на београдском изворишту и описани његови чланови (циклуси седиментације).

Инжењерски и практични значај резултата ове дисертације је вишеструк. Дате су препоруке методолошког приступа при изучавању седимената алувијалних издани, у циљу дефинисања услова одрживе експлоатације подземних вода алувијалних издани, у погледу спречавања старења објеката и опадања капацитета изворишта и очувања капацитета и квалитета ресурса подземних вода. Поред тога дате су методе које се могу применити за датирање алувијалних седимената и методологија њихове примене у комбинацији са „класичним“ кабинетским, лабораторијским и теренским методама.

- Дат је преглед метода чије је коришћење могуће за решавање постављених циљева, приказани су разлози за одабир најпогоднијих, описани остварени донети и ограничења, чиме је у целини дат значајан допринос развоју методологије хидрогеолошких истраживања и афирмисан мултипараметарски приступ.

#### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Како се целокупно истраживање разматрано у тези односи на проблематику експлоатације и очувања подземних водних ресурса алувијалне издани Саве, а првенствено београдског изворишта, јасно је да је ова тема врло актуелна. Не само са аспекта обезбеђивања довољних количина воде за водоснабдевање становништва, већ и са аспекта потенцијалних услова изградње у непосредном залеђу бунара београдског изворишта, за потребе извођења стамбених и инфраструктурних објеката. Колизација потреба могућа је једино ако се јединствени водни ресурс подземних вода сагледа у потпуности, са свим својим елементима режима, укључујући и утицај и дотицај вода издани из

залеђа по ободу алувијалне равни Саве. За овакав интегралан приступ при дефинисању једног комплексног ресурса подземних вода потребно је разумети и дефинисати услове његове генезе и карактеристике које утичу на експлоатацију и процесе који прате експлоатацију подземних вода.

Иако на неке од постављених циљева дисертација није дала потпуно прецизне и коначне одговоре (као што су старост глиновитог прослојка такозваног “Јевремовићевог слоја” или старост најдубљих циклуса слојева такозваних “шарених глина плио-плеистоцена”), ипак се може закључити да је дат велики допринос познавању услова генезе и карактеристика алувијалних седимената издани Саве. Нова сазнања биће од великог практичног значаја у предстојећим фазама развоја и очувања изворишта, посебно у условима реализације предвиђених грађевинских пројеката у непосредном залеђу бунара ЈКП „Београдски водовод и канализација“.

#### **4.3. Верификација научног доприноса**

Научни допринос и резултати истраживања добијени током израде ове дисертације верификовани су радовима који су објављени у неколико међународних часописа, од којих је на једном докторанд првопотписани аутор. У наставку су дати наслови радова који верификују рад кандидата на дисертацији.

##### ***Списак до сада објављених радова кандидата:***

##### ***M22 - Рад у истакнутом међународном часопису***

- Mitrinović, D., Zarić, J., Anđelković, A., Sipos, G., Polomčić, D., Dimkić, M., 2019. Dating of alluvial sediments from borehole at the lower course of the Sava River and indications of the connection between their genesis and climate changes in the Pleistocene. Quaternary International, available online 18 September 2019, doi.org/10.1016/j.quaint.2019.09.028
- Marić, N., Mrazovac Kurilić, S., Matić, I., Sorajić, S., Zarić J., 2014. Groundwater quality on the territory of Kikinda municipality (Vojvodina, Serbia), Environmental Earth Sciences, 72(2), 525-534

##### ***M23 - Рад у међународном часопису***

- Zarić, J., Nenadić, D., Mitrinović, D., Knežević, S., M., 2019. Genesis Conditions and Characteristics of Pleistocene Alluvial Deposits in the Lower Sava River Basin. Comptes rendus de l'Académie Bulgare des Sciences, 72(7) 916-924, ISSN 1310-1331 (Print), ISSN 2367-5535



***M24 - Rad у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком***

- Mitrinović D., Pušić M., Anđelković O., Zarić J., Dimkić M., 2018. Novel Method for Selection of Ranney Wells for Regeneration Based on Hydraulic Modeling, Journal of Serbian Water Pollution Control Society „Water Research and Management“, ISSN 2217-5237, Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, Vol. 8, No. 1, pp. 35-58
- Knežević, S., Draženko, N., Radulović, B., Bogićević, K. and Zarić, J., 2018. Stratigraphic Characteristics of Quaternary Deposits on the Left Bank of the Sava River Near Belgrade, Geološki Anali Balkanskoga Poluostrva, 79 (1), (21-30), DOI: 10.2298/GABP1879021K

***Радови штампани у целини у зборницима радова (M33, M63) – само директно везани за тему дисертације:***

- Zarić, J., Mitrinović, D., Anđelković, O., Perović, M., Dimkić, M., 2019. Polycyclic strata forming along the cross section from Rb-1M to Rb-36 well at the Belgrade water source, with retrospect on local tectonics. 48. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda "VODA 2019", 04.-06. jun 2019, Zlatibor. Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd, ISBN 978-86-916753-5-6, 231-242.
- Dimkić, M., Mitrinović, D., Slimak, T., Zarić, J., Kovačević, S., Čalenić, A., Jelovac, M., 2019. Urban development VS. alluvial groundwater sources – Belgrade example, e-FoC proceedings, 24. и 25. oktobar, Beograd, Srbija
- Knežević, S., Nenadić, D., Zarić, J., 2019. Influence of climate change in Quaternary on formation of alluvial deposits of the Sava Valley near Belgrade. Conference "The Life and Work of Milutin Milanković: Past, Present, Future", 19.-20. juli, Beograd, Srbija
- Zarić, J., Mitrinović, D., Anđelković, O., Božović, Đ., Dimkić, M., 2018. Comparative analysis of grain-size distributions based on two methods of drilling on the location of well RB-44 at Belgrade Groundwater Source, 468-472, XVII Kongres geologa Srbije 17.-20. maj, Vrnjacka Banja, Srbija
- Petronijević, N., Nikolić, N., Zarić, J., Mitrinović, D., Kamberović, Ž., Dimkić, M., 2018. Content and distribution of iron in river sediments at borehole site BR-6/p5-din area of Belgrade water supply, XVII Kongres geologa Srbije 17. -20. maj, Vrnjacka Banja, Srbija
- Митриновић, Д., Перић, М., Зарић, Ј., Перовић, М., Петковић, А., Димкић, М., 2016. Одређивање удела речне воде у водозахватним бунарима уз Велику Мораву – извориште "Кључ", XV српски хидрогеолошки симпозијум, Копаоник, Србија
- Knežević, S., Zarić, J., Nenadić, D., Radulović, B., Bogićević, K., 2019. Influence of climate change in Quaternary on formation of sediments of the Belgrade groundwater source. XVII Kongres geologa Srbije 17-20. maj, 149-154, Vrnjacka Banja, Srbija

#### **4.4 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 подударача текста износи 5 %. Преклапања мања од 5 % су нађена са радовима проистеклим из докторске дисертације, литературним наводима, са општим појмовима, типа „докторска дисертација“, „Универзитет“ или скраћеницама и математичким формулама. Стога сматрамо да је утврђено да је докторска дисертација Јелене Зарић у потпуности оригинална, као и да су у потпуности испоштована академска правила цитирања.

#### **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ**

Докторска дисертација кандидата Јелене Зарић, дипл. инж. геол., истраживача сарадника, запослене на Институту за водопривреду "Јарослав Черни", под називом „Формирање и одрживо коришћење изворишта подземних вода у функцији генезе квартарних седимената доњег тока реке Саве“, представља обиман, садржајан и оригинални научни рад из уже научне области хидрогеологије, који разматра сложену проблематику генезе и карактеристика алувијалне издани Саве, са аспекта одрживе експлоатације подземних вода алувијалних изворишта у доњем току Саве кроз Србију.

Јелена Зарић је афирмисани истраживач са укупно публикованих 27 радова од чега три у водећим међународним часописима, као и коаутор поглавља у једној монографији. Њена успешно урађена дисертација базирана је на мултидисциплинарном приступу и примени комплексних метода од којих су неке, по први пут примењене у пракси хидрогеолошких истраживања у Србији. Кандидат је током рада на изради дисертације остварио сарадњу са иностраним лабораторијама и научно-истраживачким институцијама, захваљујући којој су изведена наменска истраживања и лабораторијске анализе за које нису постојале специјализоване лабораторије у нашој земљи.

Овом дисертацијом кандидат је остварио значајан допринос познавању алувијалних изворишта у приобаљу реке Саве, а посебно у области познавања и дефинисања комплексне проблематике експлоатације подземних вода алувијалне издани београдског изворишта. Добијени резултати и стечена сазнања од великог су практичног значаја за дефинисање услова одрживе експлоатације подземних вода анализираних изворишта и њихов даљи развој уз очување ресурса подземних вода. Посебно треба истаћи да ће резултати и препоруке ове дисертације бити од значаја при пројектовању и извођењу предстојећих радова и изградње у непосредном залеђу бунара београдског изворишта. Њеном дисертацијом и публикованим радовима са овом тематиком, дата је систематизација и анализа претходних истраживања, али

и својеврстан допринос познавању хидрогеолошких прилика на широком истражном подручју доњег тока Саве кроз Србију.

Анализирајући докторску дисертацију кандидата Јелене Зарић Комисија је са задовољством закључила да представља значајан и оригинални научни допринос области геологије и хидрогеологије, да је у свему израђена у складу са стандардима научно-истраживачког рада и важећим прописима, те стога предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да овај извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности и овај извештај упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду ради коначног усвајања, након чега би се приступило усменој одбрани дисертације пред комисијом у истом саставу.

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

Др Душан Поломчић, редовни професор, ментор  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Др Милан Димкић, научни саветник, ментор  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука

---

Др Драженко Ненадић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Др Драгољуб Бајић, доцент  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

Др Зоран Никић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Шумарски факултет