

**ВЕЋУ ДЕПАРТМАНА ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ СТУДИЈЕ
УНИВЕРЗИТЕТА СИНГИДУНУМ**

Београд
Данијелова 32

Одлуком Већа Департмана за последипломске студије Универзитета Сингидунум, број 4–79/2024, од 23. 05. 2024. године, одређени смо за чланове Комисије за преглед, оцену и усмену одбрану докторске дисертације кандидата Марина Чокорило Илић под називом: *“Физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине”*. После прегледа достављене Дисертације и пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Марина Чокорило Илић је докторске студије започела на Рударско-геолошком факултету (РГФ) Универзитета у Београду, а школске 2023/2024. одобрен јој је прелазак на докторске студије на студијском програму Животна средина и одрживи развој (ЖСОР) Универзитета Сингидунум при чему јој је признато 120 ЕСПБ на основу испита положених на докторским студијама на РГФ и одобрен директан упис на трећу годину студија. Захтев за одобравање теме за израду докторске дисертације поднела је крајем маја 2024. године. На основу позитивног извештаја Комисије за оцену теме и подобности кандидата, Веће Департмана за последипломске студије Универзитета Сингидунум је на седници од 23. маја 2024. године одобрило рад на изради докторске дисертације под називом: *“Физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине”*. Одлуком Већа Департмана за последипломске студије Универзитета Сингидунум, број 4–79/2024, од 23. 05. 2024. године, образована је Комисија за оцену и одбрану дисертације у следећем саставу:

1. Др Мирослав Поповић, ванредни професор, Универзитет Сингидунум, Београд (ментор)
2. Др Ана Миленковић-Анђелковић, доцент, Универзитет Сингидунум (члан)
3. Др Драгољуб Бајић, ванредни професор, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду (члан).

1.2. Научна област дисертације

Тема дисертације кандидата је у домену научних области 'одрживо управљање водним ресурсима' и 'науке о заштити животне средине', за које је студијски програм Животна средина и одрживи развој (ЖСОР) Универзитета Сингидунум матичан.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Марина Чокорило Илић рођена је 26.08.1985. године у Мостару. Основну школу похађала је у Невесињу, да би последње две године завршила у Требињу. У Требињу завршава гимназију „Јован Дучић” 2004. године. Исте године уписала је Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, смер за хидрогеологију. Академске студије су завршиле фебруара 2011. године када је одбранила дипломски рад под називом „Биланс карстних изданских вода врела Вапе”. Школске 2011/2012. уписала је докторске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на Департману за хидрогеологију.

Радну каријеру започиње након основних студија као волонтер, а од априла 2012. године заснива радни однос као истраживач-сарадник на Департману за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Од априла 2012. године до септембра 2022. године на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, Студијском програму за хидрогеологију активно учествује у припреми наставе и вежби из четири предмета на основним и мастер студијама: Општа хидрологија, Примењена хидрологија (са основама примењене статистике у хидрогеологији), Водопривреда и Теренска настава из Опште хидрологије. Септембра 2022. године наставља радни однос у средњој стручној школи – Геолошкој и хидрометеоролошкој школи „Милутин Миланковић” као наставник геолошке групе предмета.

У периоду од 2012. до 2022. године била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја бр 176022: Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода (2011-2022). Била је члан тима пројекта Инвентар знања за хидрогеолошка истраживања - КИНДРА у периоду од 2015 - март 2018, који је финансиран од стране Хоризонт 2020.

Има положен стручни испит за дипломираног инжењера геологије – хидрогеологије (07.03.2023.г.).

Учествовала је у изради више хидролошких и хидрогеолошких студија и извештаја. Као аутор или коаутор објавила је преко 50 публикација у међународним и домаћим часописима, од којих су 7 радова у часописима са СЦИ листе (2 рада у категорији M21 - Рад у врхунском међународном часопису и 4 рада у категорији M22 - Рад у истакнутом међународном часопису и 1 рад у категорији M23 – Рад у међународном часопису). Коаутор је једне збирке задатака у издању Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

Интересовања у научно-истраживачком раду обухватају у ширем смислу Хидрогеологију, а у ужем смислу хидрологију и хидрогеологију карста, хидролошке анализе хидрометеоролошких серија, анализе, прорачуне, симулације и прогнозне моделе везане за издашност карстних врела, примену статистичких метода у хидрогеологији, регресионе и корелационе анализе, биланс и резерве подземних вода у карстним теренима, хидрогеохемијске карактеристике подземних вода. Поред наведеног, област интересовања је и утицај хидротехничких објеката на хидрогеолошку средину, односно успостављање процедуре које треба применити у процесу истраживања вештачки формираних објеката и хидрогеолошких карактеристика средине у зони њиховог утицаја.

Говори енглески језик и служи се руским језиком. Удата је и мајка две девојчице.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом: *“Физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине”* има укупно 159 страна и 8 прилога. Дисертација има шест поглавља и списак литературе. Поглавља су:

1. Уводна разматрања, 20 страна,
2. Експериментално подручје, 19 страна
3. Методе истраживања, 13 страна
4. Резултати и анализа резултата истраживања, 82 стране
5. Дискусија, 21 стране
6. Закључак, 4 стране

У дисертацији има укупно 120 слика и 37 табела. Литература садржи 104 библиографских јединица, побројаних на 5 страна.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Поглавље уводна разматрања садржи пет потпоглавља. Прво је насловљено са „Хидрогеолошки системи” и у њему су објашњене теоријске основе хидрогеолошких система. Дефинисан је природни хидрогеолошки систем и све његове компоненте. Дефинисан је процес циркулације подземних вода у хидрогеолошким системима унутар различитих хидрогеолошких структура. Посебно је дефинисан и објашњен процес циркулације подземних вода у оквиру хидрогеолошких система у басенским структурама и система формираних у дубоким раседним структурама као и појам комплексних хидрогеолошких система. Друго подпоглавље носи назив „Вештачки објекти – Тунели под притиском (Хидротехнички тунели)” и у њему се разматра појам вештачког објекта, односно хидротехничког тунела. Посебна пажња је дата тунелима под притиском, саставу бетонске облоге тунела, ињектирању и ињекционој маси као и свим пратећим објектима тунела. Треће подпоглавље носи назив „Међусобни утицај тунела под притиском и хидрогеолошких система” где се разматра интеракција природне хидрогеолошке средине и вештачког објекта, конкретно хидротехничког тунела. Четврто подпоглавље „Проблематика истраживања” дефинише проблематику истраживања док пето подпоглавље „Хипотезе и циљеви истраживања” објашњава хипотезе и циљеве истраживања који су разматрани у овој докторској дисертацији.

Друго поглавље садржи два подпоглавља. Прво подпоглавље „Избор репрезентативног подручја истраживања” дефинише критеријуме на основу којих је ово подручје изабрано као репрезентативно за решавање постављене проблематике као и само истражно подручје, природни хидрогеолошки систем анализираниг подручја и хидротехнички објекат ХЕ Пирот са пратећим објектима. Друго подпоглавље насловљено је са „Карактеристике изабраног репрезентативног подручја” обухвата 5 целина у оквиру којих су дефинисане климатске, хидрографске, геолошке и хидрогеолошке карактеристике истражног подручја.

Треће поглавље „Методе истраживања” садржи пет подпоглавља. Прво подпоглавље „Успостављање осматрачке мреже (мониторинг)” бави се концептом формирања осматрачке мреже и динамиком прикупљања података. Друго подпоглавље „Метеоролошке и хидролошке методе” дефинише методе којима су прикупљени и обрађени подаци климатских и хидролошких параметара. Треће подпоглавље „Хидрогеолошке методе” детаљно дефинише све методе које су коришћене за потребе одређивања квантитативних и квалитативних карактеристика подземних вода. Четврто и

пето подпоглавље бави се методама одређивања сумарних губитака у тунелу под притиском и методама одређивања степена агресивности подземних вода на стање бетонске облоге тунела.

Четврто поглавље „Резултати и анализа резултата истраживања” садржи два подпоглавља. Прво подпоглавље „Резултати истраживања” бави се само приказом добијених резултата кроз три целине које појединачно разматрају сваку осматрачку тачку. Прва целина бави се резултатима метеоролошких и хидролошких истраживања, друга целина резултатима хидрогеолошких истраживања а трећа целина бави се резултатима степена агресивности подземних вода на стање бетонске облоге тунела. Друго подпоглавље „Анализа резултата истраживања” бави се анализирањем добијених и приказаних резултата кроз 3 целине, односно кроз анализу резултата метеоролошких и хидролошких истраживања, анализу резултата хидрогеолошки истраживања и анализу резултата степена агресивности подземних вода на стање бетонске облоге тунела.

Пето поглавље „Дискусија” садржи четири подпоглавља. Прво подпоглавље дефинише концептуални модел са претпостављеним границама утицаја тунела под притиском на геолошку/хидрогеолошку средину. Друго подпоглавље дефинише концептуални модел хидрогеолошких система на истражном подручју. Треће подпоглавље дефинише концептуални модел утицаја тунела под притиском на комплексни хидрогеолошки систем. Четврто поглавље бави се конкретном дискусијом свих постигнутих резултата, анализом, интеракцијом природне хидрогеолошке средине и вештачког објекта односно хидротехничког тунела, утицаја тунела на природну геолошку/хидрогеолошку средину.

Шесто поглавље „Закључак” У шестом поглављу дати су закључци добијених резултата истраживања и предлози даљих мера смањења негативних ефеката утицаја вештачког објекта на природну хидрогеолошку средину.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет истраживања ове дисертације су физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине. Вештачке објекте, посебно тунеле под притиском у пракси је јако тешко изоловати, односно у различитим временским оквирима се континуирано одвија процес њихове интеракције са природном геолошком/хидрогеолошком средином. Ова проблематика додатно постаје већа када се вештачки објекат изгради у оквиру комплексних хидрогеолошких система и/или теренима са доминантним развићем карбонатних стена (карстна подручја). Сам процес интеракције повећава степен ризика у погледу негативних последица које вештачки објекат може изазвати у природној хидрогеолошкој средини али и на сам објекат.

Воде које се транспортују хидротехничким тунелом под притиском могу се ињектирати у геолошку средину, што изазива нарушавање природног стања подземних вода. Пре свега може доћи до измене природних праваца циркулације подземних вода при

чему долази до промене њихових квалитативних и квантитативних карактеристика, односно потенцијално негативних последица по природну геолошку/хидрогеолошку средину, тј. хидрогеолошке сегменте животне средине. Негативни ефекти на квантитативне карактеристике се пре свега односе на измену природног режима подземних вода, издизањем у односу на природно стање нивоа подземних вода, као и њиховим бочним „потискивањем“, што ствара потпуно нови хидраулички режим. У квалитативном погледу, негативни ефекти се огледају у „разређивању“, односно мешању подземних вода са водама из тунела, које су најчешће ниже минерализације у односу на подземне воде. Воде повишене минерализације могу бити први индикатор присуства воде које садрже повишен садржај Cl и/или SO_4 јона које могу имати агресивно дејство како на хидрогеолошку средину тако и на сам вештачки објекат. Поред наведеног, сам режим рада хидротехничког тунела, односно радни притисак који се постиже у датом тренутку, додатно интензивира процесе интеракције са хидрогеолошком средином. С једне стране, услед наглих промена притисака воде у тунелу у зонама са израженом хидрауличком везом са подземним водама, може доћи до утискивања воде из тунела у хидрогеолошку средину као и продора подземних вода у тунел. С друге стране, у условима мировања воде, односно стабилног притиска, претходно утиснуте воде повишене минерализације додатно могу агресивно утицати на животну средину, односно геолошку/хидрогеолошку средину али и бетонску облогу тунела.

Дефинисање степена утицаја вештачког објекта на природну хидрогеолошку средину и спровођење мера које ће смањити негативне ефекте антропогеног деловања захтева успостављање јасних принципа истраживачког процеса кроз постављање добре мониторинг мреже и укључивање више метода истраживања.

У овом контексту, кандидат је оригиналност свог истраживачког рада потврдио објављивањем научним радова у међународним научним часописима са SCI листе (од тога, један рад у категорији M21, објављен 2024., један рад у категорији M22, објављен 2019. и један рад у категорији M23, објављен 2020), као и у зборницима са међународних и домаћих научних конференција. Степен плагијаризма у дисертацији је четири процента.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У изради дисертације коришћена је обимна литература из домена геологије, хидрогеологије, хидротехничких објеката, хидрологије, метеорологије, заштите животне средине, хидрохемије, укључујући ту и најсвежије радове из истакнутих међународних научних часописа. На основу тих референци, оригинални научни резултати које је кандидат добио својим радом и презентовао у дисертацији су смештени у конкретан контекст.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Научноистраживачки методи обухватили су кабинетске, теренске и лабораторијске радове. Теренски рад укључио је формирање мониторинг мреже, постављање инструмената, мерења на самом терену, термовизијска снимања. Лабораторијски рад обухватио је хемијске анализе узоркованих подземних вода неопходних за дефинисање природних хидрохемијских карактеристика подземних вода које дефинишу

хидрогеолошку средину али и акумулационих вода, односно вода које се транспортују тунелом под притиском.

Систематизација и синтеза података као и методе тумачења, прогнозе и аналогije при њиховој анализи и верификација података извршиће се систематичним приступом.

Кандидат је у изради дисертације комбиновао различите методе научно-истраживачког рада како би се задовољили основни методолошки захтеви (објективност, поузданост, општеважност, систематичност).

У складу са изабраном тематиком, дефинисаним циљевима истраживања и постављеним научним хипотезама ради формирања валидних закључака употребљена је теоријска анализа уз коришћење резултата истраживања из међународне научне литературе, односно сазнања шире научне заједнице у домену проблематике дисертације.

Главна хипотеза дисертације осмишљена је тако да се на основу ње докаже утицај вештачког објекта, односно хидротехничког тунела на измену квантитативних и квалитативних карактеристика подземних вода услед вештачког прихрањивања природне издани али и утицај подземних вода специфичних хидрохемијских карактеристика на стање бетонске облоге тунела. На овај начин верификује се допринос одрживом развоју саме природне геолошке/хидрогеолошке средине али и вештачког објекта успостављањем јасних истраживачких принципа. Свеобухватна анализа која укључује више методолошких поступака представља основу за доношење јасних процедура и поступака управљања вештачким објектом како би се негативни ефекти његовог деловања на природну хидрогеолошку средину свели на прихватљив ниво.

3.4. Применљивост остварених резултата

У пракси се често при сагледавању утицаја вештачког објекта на природну хидрогеолошку средину разматра само аспект квантитета, односно квалитативних/количинских измена које настају у овом интерактивном процесу. Међутим квалитативне, односно хидрохемијске карактеристике подземних вода које су често занемарене у истраживачком процесу употпуњују целокупну анализу на основу које се доносе закључци и предлози даљег деловања. Хидрохемијске карактеристике вода су често индикатори степена интеракције акумулационих вода које се транспортују тунелом под притиском и природне подземне воде. Такође дефинишу и саму динамику процеса који се одиграва у датом истражном подручју. Конкретно на истражном подручју су откривене воде високе минерализације, са јединственим хемијским типом Na-Cl-SO₄. Порекло овог типа вода везује за присуство евапорита: халита, анхидрита и/или гипса који нису откривени на површини терена као ни у процесу градње тунела, током ископа и по свом хемијском саставу спадају у високо агресивне воде. Агресивност ових вода утиче и на стање бетонске облоге тунела али и на саму хидрогеолошку средину, односно природно стање подземних вода. Услед утиснуте акумулационе воде ниже минерализације кроз ослабљену бетонску облогу тунела које је нарушена управо због агресивности подземних вода, издижу се високоминерализоване воде у више делове геолошке/хидрогеолошке средине услед чега долази до промене природног стања подземних вода али и агресивног деловања на стеноске масе, тј. геолошку средину посебно у случају карстних терена, где се интензивира карстни процес и стварају вештачки услови развоја хипогеном карста.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Кандидат је у свом раду на изради докторске дисертације и пропратном објављивању научних радова показао задовољавајуће квалитете неопходне за бављење истраживачким радом и саопштавање (писмено и усмено) научних резултата: способност уочавања и дефинисања проблема, постављања јасног и достижног циља истраживања, могућност схватања и проширивања теоријских концепата, оригиналност, методолошку доследност и ригорозност, способност да самостално осмисли, креира и спроведе истраживање, постави хипотезе и провери их, као и да критички анализира добијене резултате.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Оригинални научни доприноси дисертације су следећи:

- Потврђено је да вода транспортована кроз хидротехнички тунел вештачки прихрањује природну издан, чиме је изазвана промена квантитативних и квалитативних карактеристика подземних вода.
- Потврђено је да подземне воде продиру у хидротехнички тунел и тако потенцијално утичу на стање бетонске облоге тунела чиме се повећава интеракција вештачког објекта и природне хидрогеолошке средине.
- Доказано је постојање комплексног хидрогеолошког система циркулације подземних вода кроз утврђене локалне (плитке), интермедијалне (прелазне) и регионалне (дубоке) хидрогеолошке системе.
- Дефинисане су претпостављене границе утицаја тунела на животну средину са маркираним радијусом дејства тунела у радном притиску на хидрогеолошку средину, односно дефинисана је потенцијална порозност стенске масе у којој се тунелска вода утискује.
- Успостављен је концептуални модел хидрогеолошких система на истражном подручју којим су дефинисани услови у којима је у оквиру карбонатних седимената потенцијално дошло и до развића хипогеног карста чиме је претпостављен антропогени утицај на интензивније развиће овог процеса (хипогене спелеогенезе) у „плићим“ деловима терена под утицајем притиска транспортоване тунелске воде.
- Дефинисан је концептуални модел утицаја тунела под притиском на комплексни хидрогеолошки систем са приказом свеобухватне анализе свих прикупљених података о геолошким, хидрогеолошким карактеристикама терена, као и квантитативним и квалитативним карактеристикама подземних вода чиме је приказан степен интеракције транспортованих тунелских вода и подземних вода, у периодима радног времена режима тунела и периоду када је објекат ван функције. Степен интеракције дефинише и најкритичније зоне хидрогеолошке средине али и тунела, које захтевају санацију и ублажавање негативних последица како би животна средина и објекат били одрживи.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У првој фази кандидат је разматрајући расположиву литературу у области теме дисертације извршио критичку анализу доступних информација и коректно дефинисао циљ истраживања.

Током истраживачког рада критички је проверавао добијене резултате, упоређивао их са литературним вредностима добијеним из других истраживања и сродних метода и изводио научно аргументоване (засноване) закључке, дајући свој доприноси кроз предлоге даљих праваца истраживања и унапређивања истих.

Кандидат нарочито анализира ефекте на животну средину, односно како хидротехнички тунел негативно утиче на природну хидрогеолошку средину али и како природна средина делује на вештачки објекат и како негативне међусобне ефекте свести да прихватљив ниво са циљем одрживог функционисања и природне средине и вештачког објекта.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси ове дисертације верификовани су следећим радовима кандидата:

Објављени радови у часописима категорије M21:

- Čokorilo Ilić M, Popović M, Bajić M., Matović V., Abramović F., Alimpić F., 2024: Monitoring the Impact of Artificial Structure on Hzdrokeological Environment: A Case Stydy of Hydraulic Tunnel at Pirot Hydropower Plant, Sensors 24(20):6578. <https://doi.org/10.3390/s24206578>

Објављени радови у часописима категорије M22:

- Čokorilo Ilić M, Mladenović A, Ćuk M, Jemcov I, 2019: The importance of detailed groundwater monitoring for underground structure in karst (Case study: HPP Pirot, Southeastern Serbia), Water 2019, Special Issue: Hydraulic Behavior of Karst Aquifers, 11(3), 603; <https://doi.org/10.3390/w11030603>

Објављени радови у часописима категорије M23:

- Ćuk M, Jemcov I, Mladenović A, Čokorilo Ilić M, 2020: Hydrochemical impact of the hydraulic tunnel on groundwater in the complex aquifer system in Pirot, Serbia, Carbonates and Evaporites, Springer Science and Business Media LLC, vol 35, doi: 10.1007/s13146-020-00563-y

Објављени радови у зборницима:

- Čokorilo Ilić, M., Mladenović, A., Ćuk, M., Radosavljević J., Šišović, J., Jemcov, I., 2018: Analiza uticaja tunela HE „Pirot” na kvantitativne karakteristike podzemnih voda, Zbornik 8. Simpozijuma o zaštiti karsta, Pirot, pp.7-17
- Čokorilo Ilić M, Ćuk M, Mladenović A, Jemcov I, 2018: Definisanje kompleksnog hidrogeološkog sistema na primeru hidrotehničkog tunela HE Pirot, 17. Kongres geologa Srbije, Zbornik apstrakata, pp.522-525, ISBN 978-86-86053-20-6, Srpsko geološko društvo

5. МИШЉЕЊЕ КОМИСИЈЕ И ПРЕДЛОГ

На основу изложеног, комисија констатује да докторска дисертација кандидата Марине Чокорило Илић под насловом *“Физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине”* испуњава све формалне и суштинске услове предвиђене Законом о високом образовању, као и прописима Универзитета Сингидунум у Београду. Докторска дисертација Марине Чокорило Илић садржи научне доприносе који се састоје у потврди утицаја хидротехничког објекта под притиском на природну хидрогеолошку средину и успостављању основних истраживачких принципа како би се ублажили негативни ефекти и на животну средину али и сам објекат.

Током целокупне израде докторске дисертације, кандидат је демонстрирао задовољавајућу способност за самостални истраживачки рад. Стога чланови Комисије са задовољством предлажу Већу департмана за последипломске студије да се докторска дисертација под насловом *“Физички и хемијски утицаји вештачког објекта на хидрогеолошке сегменте животне средине”* кандидата Марине Чокорило Илић прихвати, изложи увиду јавности, и упуту на коначно усвајање Сенату Универзитета Сингидунум у Београду.

Београд, 24.10.2024. године

Чланови комисије:

Др Мирослав Поповић, ванредни професор,
Универзитет Сингидунум, Београд



Др Ана Миленковић-Анђелковић, доцент,
Универзитет Сингидунум, Београд



Др Драгољуб Бајић, ванредни професор,
Рударско-геолошки факултет,
Универзитет у Београду



