

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/19

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

11. 2. 2026.

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Утицај термодинамичких параметара и хемијских реагенса на ефикасност флотације
раствореним ваздухом у третману подземних вода**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Зорана (Зоран) Радибратовић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Хемијско инжењерство, Дипломирани инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2004.

4. Година уписа на докторске студије: 2022.

5. Назив студијског програма
докторских студија: Хемијско инжењерство

6. Датум подношења пријаве
теме докторске дисертације: 25. 12. 2025.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата Зорана Радибратовић

Име и презиме ментора: **др Мирјана Кијевчанин**

Звање: редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Simić, Z.V., Radović, I.R., **Kijevčanin, M.Lj.** Measurement and Correlation of Liquid–Liquid Equilibrium Data for Ternary Systems Water + Acetone + Organic Solvents (Isoamyl Acetate, or Ethyl Butyrate, or 1-Octanol, or 1-Decanol) at 298.15 K and Atmospheric Pressure J. Chem. Eng. Data 2025, 70, 3283–3295 ISSN: 0021-9568 DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jced.5c00147> IF= 2.1
2. Simić, Z., **Kijevčanin, M.**, Radović, I., Measurement and Correlation of Liquid–Liquid Equilibrium Data for Ternary Systems Water + C1–C3 Alcohols + Diethyl Adipate at 298.15 K and Atmospheric Pressure, Journal of Chemical and Engineering Data, DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jced.3c00582>, (2024), IF=2.600.
3. Simić, Z.V., Radović, I.R., Stijepović, M.Z., **Kijevčanin, M. Lj.**, Liquid-liquid equilibria of the ternary systems water + C1 – C3 alcohols + dimethyl adipate at 298.15 K and atmospheric pressure: Experimental data and modeling, Journal of Molecular Liquids, 377 (2023) 121542, ISSN: 0167-7322. DOI: 10.1016/j.molliq.2023.121542, IF= 6.000
4. Vuksanović, J.M., **Kijevčanin, M.L.**, Radović, I.R., Poly(ethylene glycol) diacrylate as a novel chaotropic compound for design of aqueous biphasic systems, Journal of Molecular Liquids, 261 (2018) 250-264, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.04.023>, IF= 4.561
5. Lopičić, Z.R., Stojanović, M.D., Kaluđerović Radoičić, T.S., Milojković, J.V., Petrović, M.S., Mihajlović, M.L., **Kijevčanin, M.L.J.**, Optimization of the process of Cu(II) sorption by mechanically treated Prunus persica L. - Contribution to sustainability in food processing industry, Journal of Cleaner Production, 156 (2017) 95-105, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.041>, IF= 5.651

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

за кандидата **Зорана Радибратовић**

Име и презиме ментора: **др Марија Перовић**

Звање: виши научни сарадник Института за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Nenin, T., **Perović, M.**, Vuković, N., & Mitrović, T. (2026). Assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons pollution in Danube River sediments across Serbia: sources and ecological risk. *Environmental Geochemistry and Health*, 48, 56. Impact factor (2024): 4.1 ISSN: 0269-4042 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10653-025-02921-y>
2. Terzić, T., Mitrović, T., **Perović, M.**, & Lazarević-Pašti, T. (2026). A review on ionic liquids in the design of carbon-based materials for environmental contaminant removal. *Processes*, 14(2), 352. Impact factor (2024): 3.1 ISSN: 2227-9717 DOI: <https://doi.org/10.3390/pr14020352>
3. Cojbasic, S., Agarski, B., Vukelic, Đ., Turk Sekulić, M., Pap, S., **Perović, M.**, & Prodanović, J. (2025). Life cycle assessment of nature-based coagulant production: Light and dark sides of the freeze-drying process. *Industrial Crops & Products*, 226, 120699. Impact factor (2024): 6.2 ISSN: 0926-6690 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120699>
4. **Perović, M.**, Obradović, V., Zuber-Radenković, V., Mitrinović, D., Knoeller, K., & Turk Sekulić, M. (2024). Integrated analysis of ammonium origins in a Serbian anoxic alluvial aquifer: Insight from physicochemical, isotopic, microbiological data. *Applied Geochemistry*, 171, 106103. Impact factor (2023): 3.4 ISSN: 0883-2927 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2024.106103>
5. **Perović, M.**, Šenk, I., Tarjan, L., Obradović, V., & Dimkić, M. (2021). Machine learning models for predicting the ammonium concentration in alluvial groundwaters. *Environmental Modeling & Assessment*, 26, 187–203. Impact factor (2023): 3.2. ISSN: 1420-2026. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10666-020-09731-9>

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 5. 2. 2026. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/5-2

27. 02. 2024 год.

БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Зорана Радибратовић**, студент ДАС, број индекса 2022/4036, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2023/2024. години, на основу приложених докумената.



Декан

Проф. др Петар Ускоковић



Република Србија
Универзитет у Београду
Технолошко-металуршки факултет

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 2025-20/6

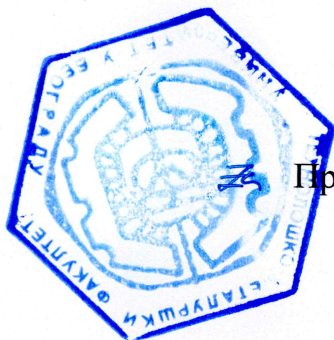
10.3.2025

_____ год.
БЕОГРАД

На основу чл. 100. Статута Универзитета и чл. 75. Статута Технолошко-металуршког факултета, а на лични захтев студента, доноси се

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев који је упутио, **Зорана Радибратовић**, студент ДАС, број индекса 2022/4036, и одобрава мировање права и обавеза у школској 2024/2025. години, на основу приложених докумената.



Деканка

M. Kišević

Проф. др Мирјана Кијевчанин

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 5. 2. 2026. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и одређивању ментора

Прихвата се Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата **Зоране Радибратовић**, број индекса 2022/4036, под називом: **„Утицај термодинамичких параметара и хемијских реагенаса на ефикасност флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода”**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Мирјана Кијевчанин, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет и др Марија Перовић, виши научни сарадник, Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Зоране Радибратовић, дипл. инж. технологије

Одлуком бр. 2025-35/510 од 25. децембра 2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Зоране Радибратовић, дипл. инж. техн, под насловом Утицај термодинамичких параметара и хемијских реагенаса на ефикасност флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода.

На основу материјала приложеног уз пријаву теме кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Зорана З. Радибратовић рођена је 31. јануара 1979. године у Београду, где је завршила основну и средњу школу, XIII Београдску гимназију. Основне академске студије хемијског инжењерства завршила је 2004. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Хемијско инжењерство, одбравивши рад „Експериментално одређивање волуметријских особина тернерног система етанол + хлороформ + бензен у температурном интервалу 288.15 – 313.15 K“ под менторством проф. др Мирјана Кијевчанин.

Кандидаткиња је након дипломирања, од 2005. до 2008. године је била запослена у компанији ИК Консалтинг и инжењеринг као пројектант-сарадник на развоју технолошких решења и пројеката у области припреме воде и третмана отпадних вода. Од 2008. године запослена је у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“, у оквиру Завода за водоснабдевање, канализацију и заштиту вода, где је радила на позицијама самосталног истраживача (од 2008. године), водећег истраживача (од 2012. године), шефа Сектора за водоснабдевање (од 2017. година) и шефа сектора за машинство, технологију и архитектуру (од 2022. године). Као одговорни пројектант и водећи инжењер учествовала је у вођењу и изради више од педесет студија, идејних, главних и пројеката за извођење у области припреме воде за пиће и пречишћавања отпадних вода, а врло често је и у улози пројектантског надзора током извођења и пуштања у ради постројења. Током каријере учествовала је у изради научних и стручних решења из области хемијског инжењерства, технологије воде, третмана подземних и површинских вода, оптимизације технолошких процеса итд.

Кандидаткиња је активан члан Инжењерске коморе Србије. Поред тога, ангажована је као ментор у комисији за полагање стручног испита за област пројектовања и извођења радова, где учествује у припреми и евалуацији кандидата за стицање стручних лиценци и издавање лиценци 371 и 475 у Инжењерској комори. Такође је члан две комисије у Институту за стандардизацију Србије у областима: квалитет воде (КС Х147) и управљање заштитом животне средине (КС А207).

Професионално усавршавање обухвата и реализовану међународну стручну праксу у рафинерији „Hellenic Petroleum“ у Атини (Грчка, 2002).

Поседује више стручних лиценци: лиценцу одговорног пројектанта, бр. 371 G673 08 (2008), Србија, лиценцу одговорног извођача радова, бр. 475 H319 13 (2008), Србија, лиценцу одговорног пројектанта за израду техничке документације бр. ФЛ-10950/24 (2024), РС/БиХ и Лиценцу за ревизију техничке документације бр. ФЛ-10951/24 (2024), РС – БиХ.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

У оквиру докторских студија кандидаткиња је положила све испите предвиђене наставним планом и програмом докторских академских студија, са просечном оценом 9,83, и успешно одбранила завршни испит са оценом 10.

Списак положених испита приказан је у табели:

Редни број	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1	Анализа феномена преноса	9 (девет)	5
2	Хемијска кинетика	9 (девет)	5
3	Одбрана поглавља математичке анализе	10 (десет)	5
4	Виши курс термодинамике	10 (десет)	5
5	Пренос топлоте и енергетска интеграција	10 (десет)	5
6	Управљање чврстим и опасним отпадом	10 (десет)	5
7	Виши курс припреме воде за пиће	10 (десет)	4
8	Специјална поглавља преноса топлоте	10 (десет)	4
9	Принципи биопроцесног инжењерства у пречишћавању отпадних вода	10 (десет)	6
10	Специјална поглавља преноса масе	10 (десет)	4
11	Пречишћавање отпадних вода	10 (десет)	5
12	Завршни испит	10 (десет)	30

У Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ где је запослена, научни и истраживачки интереси обухватају области хемијског инжењерства, технологије воде, третмана подземних и површинских вода, оптимизације технолошких процеса, примене коагулације и флокулације, напредних оксидационих поступака, као и примене флотације раствором ваздухом (DAF) у третману вода. Аутор је и коаутор 19 научних и стручних радова, међу којима се налазе радови категорија M21, M23, M33 и M63.

Списак објављених научних и стручних радова

Категорија M21

1. Radibratović Z., Cakić B., Kijevčanin M., Radović I., Mitrović D. (2025) Application possibilities and Expected Effects of Dissolved Air Flotation in Groundwater Treatment for Removing TOC, Color and As, Applied Sciences, 15(20), 11255. (IF=2,5) (ISSN: 2076-3417) (<https://doi.org/10.3390/app152011255>)

Категорија M23

2. Radibratović Z., Cakić B., Vilotijević M., Radović I.R., Kijevčanin M.L. (2025) Implementation of emergency measures to improve the efficiency of nickel removal from water at the existing water treatment plant. Hem Ind, 79 (1), 9. (IF=0,5) (ISSN: 0367-598X) (<https://doi.org/10.2298/HEMIND240425024R>)

3. Mitrinović D., Perović M., Kovačević S., Popović M., Radibratović Z. (2024) Modelling of sanitary wastewater composition and operation of a small membrane bioreactor wastewater treatment plant with denitrification and nitrification. *Hem Ind*, 78(4), 337. (IF=0,5) (ISSN: 0367-598X) (<https://doi.org/10.2298/HEMIND240423025M>)

Категорија M33

4. Radibratović Z., Milenković N., Cakić B., Obušković B., Đurić D. (2022) Water treatment technology upgrade resulting from water quality changes in reservoirs. In *Proceedings/International Scientific Conference in the Honour of 75 Years of the Jaroslav Černi Water Institute „Contemporary Water Management: Challenges and Research Directions“*, Belgrade, October 19-20 (pp. 415-429). (ISBN 978-86-82565-55-0)

5. Ljuboja M., Radibratović Z., Cakić B., Dimkić Lj., Argakijev S. (2016) Dugoročno rešavanje tretmana vode rekonstrukcijom i dogradnjom fabrike vode na „Cerovića brdu“ u Užicu, kapaciteta 400 l/s, 16. U *Zborniku/Međunarodna konferencija „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“*, Jahorina, Pale, Bosna i Hercegovina 25.-27. maj. (str. 99-105). Izdavač: Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd. (ISBN 978-86-82931-78-2)

6. Radibratović Z., Ljuboja M. (2016) Projekat unapređenja procesa tehnološke linije na PPV „Jezero“ na Makišu, kapaciteta 1000 l/s, 16. U *Zborniku/Međunarodna konferencija „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“*, Jahorina, Pale, Bosna i Hercegovina 25-27. maj. (str. 61-66). Izdavač: Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd (ISBN 978-86-82931-78-2)

7. Ljuboja M., Radibratović Z., Cakić B., Dimkić Lj. (2011) Rekonstrukcija i dogradnja PPV Majdevo – Kruševac za vodosnabdevanje Rasinskog okruga u fazi realizacije. U *Zborniku/Stručni skup „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“*, Jahorina, Bosna i Hercegovina 25-27. maj. (str. 41-49) (ISBN 978-86-82931-41-6)

8. Ljuboja M., Cakić B., Radibratović Z., Dimkić Lj. (2011) Analiza na projektu poboljšanja kvaliteta vode za piće na PPV za potrebe turističkog centra Kopaonik, U *Zborniku/Stručni skup „Vodovodni i kanalizacioni sistemi“*, Jahorina, Bosna i Hercegovina 25.-27. maj (str. 140-146) (ISBN 978-86-82931-41-6)

Категорија M63

9. Radibratović Z., Cakić B., Obušković B. (2021) Predlog tehničkog rešenja za unapređenje tehnologije prerade na PPV „Bežanija“ u Beogradu, 42. *Međunarodna konferencija „Vodovod i kanalizacija '21“*, 12–15.oktobar, Vrnjačka Banja, (str. 312-318), Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije (ISBN 978-86-80067-47-6)

10. Radibratović Z., Ljuboja M., Cakić B., Vilotijević M. (2017) Predlog mera za konačno rešenje problema kvaliteta vode (Ni) na PPV Zlatibor, 17. *Međunarodna konferencija "Vodovodni i kanalizacioni sistemi"*, 24-26. maj, Jahorina, Pale, Bosna i Hercegovina (str. 136-141) Izdavač: Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd (ISBN 978-86-82931-81-2)

11. Radibratović Z., Ljuboja M., Milenković N. (2017) Savremeni načini dezinfekcije vode za piće kroz iskustvo iz projektovanja i primene u Srbiji, 17. *Međunarodna konferencija "Vodovodni i kanalizacioni sistemi"*, 24-26. maj, Jahorina, Pale, Bosna i Hercegovina (str. 69-76), Izdavač: Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, Beograd (ISBN 978-86-82931-81-2)

12. Milenković N., Cakić B., Dimkić Lj., Obradović V., Bajić A., Argakijev S., Radibratović Z., Đukić A. (2017) Unapređenje procesa prečišćavanja na postrojenju za pripremu vode za piće „Kraljevica“ – Zaječar, 47. konferencija o aktuelnim temama korišćenja i zaštite voda “VODA 2017“, 06-08. jun, Vršac (str. 357-364), Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, Beograd (ISBN 978-86-916753-4-9)
13. Radibratović Z., Cakić B., Ljuboja M. (2017) Unapređenje tehnologije prerade vode uslovljene značajnim pogoršanjem kvaliteta voda na primeru PPV u Užicu, 38. Međunarodni stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija '17“, Kragujevac, 10-13. oktobar, (str. 389-397), Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije, (ISBN 978-86-80067-36-0)
14. Radibratović Z., Vilotijević M., Ljuboja M. (2016) Rešavanje problema povećane koncentracije nikla (NI) u vodi za piće na PPV Zlatibor, 37. Međunarodni stručno-naučni skup „Vodovod i kanalizacija '16“, Vrdnik 11-14. oktobar (str. 155-162) Izdavač: Savez inženjera i tehničara Srbije (ISBN 978-86-80067-34-6)
15. Vasiljević M., Radibratović Z., Cakić B., Dimkić Lj., Dimkić D. (2012) Kvalitet vode Goleme reke i tehnologija prečišćavanja za potrebe vodosnabdevanja Stare planine, 41. konferencija o aktuelnim problemima korišćenja i zaštite voda “VODA 2012“, 5-7. jun, Divčibare, (str. 391-396) Izdavač: Srpsko društvo za zaštitu voda, (ISBN 978-86-904241-9-1)
16. Ljuboja M., Radibratović Z., Cakić B., Dimkić Lj., Stanojević A. (2012) Prezentacija glavnog projekta PPV „Ostrvo“ kapaciteta 100 l/s, 33. Stručno-naučni skup sa međunarodnim učešćem „Vodovod i kanalizacija '12“, Vršac, 09-12. oktobar (str. 40-45) (ISBN 978-86-82565-43-7)
17. Cakić B., Ljuboja M., Radibratović Z., Dimkić Lj. (2012) Idejna rešenja rekonstrukcije i dogradnje PPV „Hadžet“ u Novom Pazaru do kapaciteta 800 l/s, 33. Stručno-naučni skup sa međunarodnim učešćem „Vodovod i kanalizacija '12“, Vršac 09-12. oktobar (str. 30-39) (ISBN 978-86-82565-43-7)
18. Spasić J., Radibratović Z., Obušković B. (2011) Postrojenje za prečišćavanje otpadnih voda Mladenovca, Stručni skup Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Niška Banja 05-08. april, (str. 143-147) (ISBN 978-86-82931-38-6)
19. Spasić J., Obušković B., Radibratović Z., Radić N., Milenković N. (2009) Rešenje sakupljanja, odvođenja i prečišćavanja otpadnih voda naselja Krnjevo i Trnovče, 30. Stručno-naučni skup sa međunarodnim učešćem „Vodovod i kanalizacija '09“, Drvengrad 07-10. oktobar (str. 165-172) (ISBN: 978-83-7934-477-2)

1.3. Оцена оспособљености кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија, комисија оцењује да је Зорана Радибратовић у потпуности оспособљена за самосталан рад на предложеној теми докторске дисертације. У току експерименталног рада, показала је велику одговорност, педантност и самосталност у реализацији истраживања, као и обради добијених резултата. У области истраживања предложене теме, резултати се огледају кроз више објављених радова и саопштења међународног и националног карактера (M21, M23, M33, M63). Комисија из свега наведеног сматра да Зорана Радибратовић испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет овог докторског истраживања је свеобухватно испитивање термодинамичких параметара, утицаја хемијских реагенса и процесних услова на одређивање ефикасности примене флотације раствореним ваздухом (DAF) у третману подземних вода специфичног и комплексног хемијског састава. Током истраживања, посебно ће се обратити пажња на уклањање укупног органског угљеника (ТОС), боје и арсена. Истраживање је усмерено на подземне воде, а тестирање хипотеза ће бити извршено на подземним водама намењеним водоснабдевању града Зрењанина, које представљају изузетно захтеван систем због присуства више типова загађујућих супстанци у различитим хемијским облицима [1-4].

Посебна вредност и научна оригиналност истраживања огледају се у чињеници да се по први пут флотација раствореним ваздухом (DAF) примењује у условима третмана подземних вода, што намеће потребу за детаљним испитивањем механизма процеса, термодинамичких аспеката и улоге хемијских реагенса у формирању флокула и њиховој интеракцији са микромехурићима ваздуха. До сада се DAF технологија углавном везивала за површинске воде и индустријске отпадне воде, док њена примена у третману подземних вода са високим садржајем органске материје, арсена и боје није била истражена [5–10].

Предмет истраживања биће лабораторијско испитивање процеса флотације раствореним ваздухом применом контролисаних JAR DAF тестова, са циљем да се квантификује утицај кључних физичко-хемијских и процесних параметара на ефикасност уклањања одабраних загађујућих материја из подземне воде. Истраживање ће бити усмерено на анализу понашања система у условима контролисаних експеримената, што ће омогућити издвајање појединачних утицаја сваког параметра и њихових међусобних интеракција [1,9,11].

У оквиру овако дефинисаног експерименталног приступа анализираће се утицај термодинамичких параметара процеса (температура воде и притисак у сатуратору), као и процесних услова рада DAF система, укључујући степен рецикулације и услове уноса ваздуха. Ови параметри директно одређују растворљивост ваздуха у води, количину ослобођеног гаса након декомпресије и величину и стабилност формираних микро-мехурића, што је у литератури препознато као један од кључних механизма који контролише ефикасност флотације [11-14].

Поред тога, предмет истраживања обухватиће и испитивање утицаја врсте и дозе примењених коагуланата и флокуланата на формирање флокула и њихову погодност за флотацију. Комбиновано дејство коагулације и флотације представља основни предуслов за ефикасно уклањање арсена и органске материје, што је више пута потврђено у претходним студијама које указују на значај оптималног избора и дозирања реагенса у DAF системима [1,2,10, 15,16].

Циљ овог истраживања је да се утврде и дефинишу кључни термодинамички параметри и утицај хемијских реагенса који одређују ефикасност примене флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода специфичног састава, са посебним нагласком на уклањање арсена, укупног органског угљеника и боје. Истраживање има за циљ да постави основу за оптимизацију процеса технологије флотације, са фокусом на механизме процеса и могућности њене примењивости у реалним условима третмана подземних вода [1,9,11,17].

Посебан циљ истраживања је да се систематски испита утицај термодинамичких параметара (температура, притисак у сатуратору, степен рецикулације, итд.) на ефикасност флотације, као и утицај врсте и дозе хемијских реагенса на формирање и стабилност флокула [11-14]. На основу добијених резултата дефинисаће се оптимални услови примене технологије флотацијом

раствореним ваздухом, као и механизми који управљају процесом уклањања органске материје, боје и арсена из подземних вода [1,2,16].

Релевантни библиографски извори, повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације, који уједно представљају полазну основу за даљи ток истраживања су:

[1] Radibratović, Z.; Cakić, B.; Kijevčanin, M.; Radović, I.; Mitrinović, D. Application Possibilities and Expected Effects of Dissolved Air Flotation in Groundwater Treatment for Removing TOC, Color and As. *Applied Sciences*, 2025, 15, 11255. <https://doi.org/10.3390/app152011255>

[2] Zouboulis, A. I.; Katsoyiannis, I. A. Removal of arsenic by coagulation and flotation processes. *Water Research*, 2004, 38, 3197–3204

[3] Meng, X.; Bang, S.; Korfiatis, G. P. Effects of silicate, sulfate and carbonate on arsenic removal by ferric chloride. *Water Research*, 2000, 34, 1255–1261

[4] World Health Organization (WHO). *Guidelines for Drinking-water Quality: Arsenic*. WHO Press, Geneva, 2017

[5] Edzwald, J. K. Dissolved Air Flotation and Me. *Water Research*, 2010, 44, 2077–2106.

[6] Haarhoff, J.; Edzwald, J. K. Dissolved Air Flotation Modelling: Insights and Shortcomings. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2004, 53, 127–150

[7] Rubio, J.; Souza, M. L.; Smith, R. W. Overview of flotation as a water treatment technique. *Minerals Engineering*, 2002, 15, 139–155

[8] Momba, M. N. B.; Osode, A. N.; Sibewu, M. The impact of water recycling using dissolved air flotation sludge. *Science of the Total Environment*, 2019, 659, 1241–1249

[9] Edzwald, J. K.; Haarhoff, J. Dissolved air flotation for water clarification. *Water Science and Technology*, 2011, 43, 1–8

[10] Gao, B.; Yue, Q.; Wang, Y. Coagulation–DAF combined processes for organic matter removal. *Journal of Environmental Management*, 2018, 217, 1–10

[11] Han, M.; Kim, T.; Park, C. Thermodynamic and hydrodynamic effects on microbubble formation in DAF systems. *Water Research*, 2021, 197, 117107

[12] Sander, R. Compilation of Henry's Law constants (version 4.0). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2015, 15, 4399–4981

[13] Han, M.; Park, C. Collision efficiency between microbubbles and flocs in dissolved air flotation. *Water Science and Technology*, 2002, 46, 139–146

[14] Rehman, M. S. U.; Lee, J.; Kim, J. Influence of temperature on air solubility and dissolved air flotation efficiency. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2022, 10, 107346.

[15] Westerhoff, P.; Croué, J.-P. Characterization of natural organic matter. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 2006, 55, 449–460

[16] Matilainen, A.; Vepsäläinen, M.; Sillanpää, M. Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment. *Advances in Colloid and Interface Science*, 2010, 159, 189–197

[17] Metcalf & Eddy. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*, 5th ed. McGraw-Hill, New York, 2014.

3. Полазне хипотезе

Полазна основа истраживања заснива се на чињеници да је третман подземних вода дуготрајан и комплексни изазов, пре свега због присуства различитих загађујућих материја, на пример арсена, високе концентрације природне органске материје, изражене обојености итд. До сада познате конвенционалне методе претретмана често не показују задовољавајућу ефикасност при третману оваквих вода. Имајући то у виду, јавила се потреба за анализом и проширењем техника које се могу користити и параметара који се при томе могу оптимизовати. Једна од полазних хипотеза је била да се флотација раствореним ваздухом може успешно користити за третман подземних вода.

Полазећи од претпоставке да процесни параметри, температура и притисак утичу на термодинамичке параметре, као што су растворљивост ваздуха, формирање мехурића и стабилност флокова, може се утврдити и утицај на, нпр. ефикасност уклањања органске материје, боје и арсена.

У складу са тим, дефинисане су следеће полазне хипотезе:

- Ефикасност процеса флотације зависи од процесних услова (температуре и притиска, рецикулације итд), а њиховом оптимизацијом могуће је постићи боље резултате третмана.
- Технологија флотације може постићи високу ефикасност у уклањању арсена, укупног органског угљеника и боје из подземних вода специфичног и комплексног састава, у комбинацији са оптимално одабраним коагулантима и флокулантима.
- Резултати добијени у лабораторијским условима могу бити успешно верификовани у реалним условима, па ће се тестирање хипотеза извршити на постројењу за третман подземних вода у Зрењанину, уз очекивана одступања која ће омогућити да се формулишу корективне мере за унапређење процеса.
- Интеграција система флотације у оквиру комплексног процеса пречишћавања воде може довести до значајног растеређења мембранских и других завршних јединица третмана, смањења оперативних трошкова и продужења њиховог радног века.

4. Научне методе истраживања

Методологија истраживања биће заснована на комбинацији теоријских анализа, лабораторијских испитивања и експеримената у реалним условима рада система флотације, са циљем да се одреде термодинамички параметри и утицаји хемијских реагенса који управљају ефикасношћу процеса флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода.

Истраживање ће обухватити серију систематски планираних експеримената који ће бити спроведени на лабораторијском JAR тестеру у лабораторији Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду, као и у лабораторији Постројења за пречишћавање воде у Зрењанину на DAF JAR тестеру. Оваква експериментална поставка омогућиће директно поређење резултата добијених у строго контролисаним лабораторијским условима са резултатима оствареним у условима блиским реалном технолошком процесу, чиме ће се обезбедити већа поузданост и применљивост добијених закључака.

Током испитивања биће варирани основни термодинамички и процесни параметри DAF система, укључујући температуру воде, притисак у сатуратору и степен рецикулације засићене воде (запремина/проток рецикулата у односу на укупни проток), који ће директно одређивати количину раствореног ваздуха и количину ваздуха који се након декомпресије ослобађа у виду микро-мехурића. Термодинамичка основа растварања ваздуха у води биће разматрана на основу Хенријевог закона. Поред тога, испитиваће се и утицај врсте и дозе хемијских реагенса, као и њихових међусобних комбинација, ради процене њиховог утицаја на механизме уклањања арсена, укупног органског угљеника (ТОС) и боје, као кључних показатеља квалитета воде.

Методе које ће бити примењене укључују:

- теоријску анализу основних принципа флотације раствореним ваздухом, укључујући термодинамичке односе, растворљивост гаса и стабилност мехурића,
- експериментала испитивања спровођењем серија JAR тестова у лабораторијским условима са симулираним узорцима подземних вода,
- експериментална испитивањем спровођењем серија JAR тестова у лабораторијским условима са тест узорцима подземних вода из система водоснабдевања Зрењанина, уз варирање термодинамичких услова и дозе одабраних хемијских реагенса (коагуланти као што су FeCl_3 , PACl , полимерни флокуланти и др),
- експериментално одређивање утицаја врсте и количине дозирања реагенса на формирање флокула, њихову стабилност и ефикасност уклањања арсена, органске материје и боје,
- испитивање успостављених оптималних услова у реалним условима рада система флотације на Постројењу за пречишћавање воде у Зрењанину,
- упоредну анализу резултата добијених у лабораторијским условима и резултата добијених у реалним условима рада постројења.

5. Очекивани научни допринос

Израдом предложене докторске дисертације очекује се више значајних научних доприноса који ће представљати основу за даља истраживања у области третмана подземних вода.

Очекивани научни доприноси истраживања огледају се у следећем:

- Успостављање методологије при оптимизацији процесних параметара и избора технологије за пречишћавање подземних вода;
- Оптимизација процеса флотације раствореним ваздухом у условима третмана подземних вода, као и карактеризација примене технологије флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода комплексног и нестандартног хемијског састава, са дефинисањем механизма уклањања арсена, органске материје и боја;
- Развој нових научних сазнања о вези између процесних и термодинамичких параметара (температура, притисак, рецикулације, растворљивост гаса итд) и стабилности микро-мехурића, што ће омогућити формулисање општих принципа управљања фазним интеракцијама у процесу флотације;
- Утврђивање ефеката различитих хемијских реагенса (коагуланата, флокуланата и модификатора површине) на формирање и динамику флокула у комплексном систему арсен–природна органска материја–боја;

- Дефинисани гранични капацитети и лимити применљивости процеса флотације у третману подземних вода.

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру ове докторске дисертације биће спроведено кроз више међусобно повезаних фаза које обухватају лабораторијска експериментална испитивања, праћење рада система флотације раствореним ваздухом (DAF) у реалним условима, као и интеграцију и анализу добијених резултата у циљу формулисања научних закључака и дефинисања оптималних оперативних услова примене ове технологије у третману подземних вода.

Докторска дисертација ће бити структурисана кроз следећа поглавља: *Увод*, *Теоријски део*, *Експериментални део*, *Резултати и дискусија*, *Закључак* и *Литература*.

У поглављу *Увод* биће дефинисани предмет и циљ истраживања, дат преглед значаја примене DAF технологије у третману вода, као и приказ очекиваних научних и практичних доприноса ове докторске дисертације.

Теоријски део докторске дисертације обухватиће систематичан преглед релевантне литературе која се односи на примену флотације раствореним ваздухом у третману површинских и подземних вода, са посебним освртом на термодинамичке факторе који утичу на растворљивост гаса, формирање микро-мехурића и стабилност процеса. Такође ће бити анализирани постојећи модели коагулације, флокулације и везивања микро-мехурића за флокове, као и идентификована њихова ограничења у досадашњим истраживањима.

У *Експерименталном делу* докторске дисертације биће описани материјали, опрема и методологија истраживања. Ово поглавље обухватиће дефинисање експерименталних протокола за лабораторијске JAR тестове на DAF уређају, са варијацијама термодинамичких и процесних параметара као што су температура, притисак у сатуратору, степен рецикулације, као и различите комбинације коагуланата и флокуланата. Поред лабораторијских испитивања, биће приказано и праћење рада изграђеног и пуштеног у рад DAF система у постројењу за третман подземних вода у Зрењанину, ради верификације лабораторијских резултата у реалним условима рада.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и анализирани резултати добијени током лабораторијских и реалних испитивања. Спровешће се статистичка обрада података и компаративна анализа резултата, са циљем дефинисања оптималних оперативних режима примене DAF технологије, као и идентификације потенцијалних одступања и формулисања корективних мера за оптимизацију процеса.

У *Закључку* ће бити сумирани најзначајнији резултати истраживања, истакнути научни и практични доприноси докторске дисертације, као и дате препоруке за широку примену DAF технологије у постројењима за третман подземних вода у Републици Србији.

Поглавље *Литература* ће обухватити све референце цитиране у докторској дисертацији, као и научне радове проистекле из истраживања спроведених у оквиру ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидаткиња Зорана Радибратовић, дипломирани инжењер технологије, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, на основу наведених података, Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације Зоране Радибратовић под називом „Утицај термодинамичких параметара и хемијских реагенаса на ефикасност флотације раствореним ваздухом у третману подземних вода” научно заснована и да ће резултати овог рада представљати значајан научни допринос научној области хемијског инжењерства. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи Зорани Радибратовић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом.

Такође, Комисија предлаже да се упути захтев Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. За менторе се предлажу др Мирјана Кијевчанин, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет и др Марија Перовић, виши научни сарадник, Института за водопривреду „Јарослав Черни“ у Београду.

У Београду,
23. јануар 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Мирјана Кијевчанин, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет

Др Ивона Радовић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет

Др Маја Ђолић, доцент
Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет

Др Марија Перовић, виши научни сарадник
Института за водопривреду „Јарослав Черни“

Др Александар Јововић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет