

Образац 3.

Факултет

Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У
БЕОГРАДУ

560/5

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

01.06.2023. године

(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:

КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Термомеханика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1 Име, име једног од родитеља и презиме
кандидата:
ЛАНА (СЛОБОДАН) ЈАРАМАЗ

2 Претходно образовање (назив и седиште факултета,
студијски програм):
Машински факултет Београд

3 Година завршетка
претходног нивоа 2015.
студија: _____

4 Година уписа на докторске студије: 2015.

5 Назив студијског програма
. докторских студија:

Машинско инжењерство

6 Датум подношења пријаве
теме докторске дисертације

03.04.2023.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Милош Бањак

Звање: Редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Banjac, M.:** Achieving sustainable work of the heat pump with the support of an underground water tank and solar collectors, *Energy and Buildings*, ISSN: 0378-7788, Elsevier Science Sa, Lausanne, Volume 98, Pages 19–26, DOI: [10.1016/j.enbuild.2014.11.059](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.059), IF(2014) 4,666 JCR ранг: (8/139) (M21a)
2. Alghlam, A.S.M., Stevanovic, V.D., Elgazdorib, E.A., **Banjac, M.:** Numerical simulation of natural gas pipeline transients, *Journal of Energy Resources Technology - Transactions of the ASME*, New York, ISSN: 0195-0738, Volume 141, Issue 10, pp. 1-14, Oct 2019
DOI: [10.1115/1.4043436](https://doi.org/10.1115/1.4043436), IF(2021) 3.070 JCR ранг: (85/119)) (M23)
3. Todorović, M., **Banjac, M.**, Bajc, T., Ristanović, M.: Achieving savings by implementation of efficient hybrid heating systems, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Volume 23, Issue Suppl. 5, January 2019, Pages: 1683-1693,
DOI: [10.2298/TSCI180726176T](https://doi.org/10.2298/TSCI180726176T) IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
4. Jović, M., Laković, M., **Banjac, M.:** Improving the energy efficiency of a 110 MW thermal power plant by low-cost modification of the cooling system, *Energy & Environment*, ISSN: 0958-305X, Sage Publications Ltd, London, Volume 29, Issue 2, pp. 245-259., 2018
DOI: [10.1177/0958305X17747428](https://doi.org/10.1177/0958305X17747428), IF(2021) 3.154 JCR ранг: (M23)
5. Laković, M., **Banjac, M.**, Bogdanović Jovanović, J., Jović, M., Milovanović, Z.: Risk of Thermal Pollution of The Danube Passing Through Serbia due to Thermal Power Plants, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Year 2018, Vol. 22, Suppl. 5, pp. S1323-S1336, 2018
[10.2298/TSCI18S5323L](https://doi.org/10.2298/TSCI18S5323L), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
6. **Banjac, M.**, Laković, M.: Introduction of the Energy Management System in the Industrial Sector of the Republic of Serbia - Achieved results and challenges, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Year 2018, Vol. 22, Suppl. 5, pp. S1-S12, 2018
DOI: [10.2298/TSCI18S5563B](https://doi.org/10.2298/TSCI18S5563B), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
7. Stevanović, Ž., Ilić, G., Vukić, M., Živković, P., Blagojević, B., **Banjac, M.:** CFD simulations of thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Year 2016, Vol. 20, s287-s296, 2016
DOI: [10.2298/TSCI150414171S](https://doi.org/10.2298/TSCI150414171S), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
8. Erić, M., Stakić, M., **Banjac, M.:** Fluid bed drying as upgrading technology for feasible treatment of Kolubara lignite, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Year 2016, Vol. 20, S167-S181.2016
DOI: [10.2298/TSCI150725172E](https://doi.org/10.2298/TSCI150725172E), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
9. Lazović, I., Stevanović Ž., Jovašević-Stojanović M., Živković M., **Banjac M.:** Impact of CO2 concentration on indoor air quality and correlation with relative humidity and indoor air temperature in school buildings, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Year 2016, Vol. 20, s297-s307. 2016
DOI: [10.2298/TSCI150831173L](https://doi.org/10.2298/TSCI150831173L), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
10. Todorović, R., **Banjac, M.**, Vasiljević, B.: Analytical and Experimental Determination of the Temperature Field on the Surface of the Wall Heating Panels, *Thermal Science*, ISSN 0354- 9836, University of Belgrade - Vinča Institute of Nuclear Sciences, Year 2015, Vol. 19, No. 2, pp. 497-507, 2015.
DOI: [10.2298/TSCI130211068T](https://doi.org/10.2298/TSCI130211068T), IF(2021) 1.971 JCR ранг: (44/63) (M23)
11. Todorović, R., **Banjac, M.**, Gojak, M.: Theoretical and experimental study of heat transfer in wall heating panels, *Energy and Buildings*, ISSN: 0378-7788, Elsevier Science Sa, Lausanne, Volume 98, 1, Pages 66–73, July 2015
DOI: [10.1016/j.enbuild.2014.10.065](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.10.065), IF(2014) 4,666 JCR ранг: (8/139) (M21a)

Наставно-научно веће

Обавештавамо вас да је

(назив надлежног тела факултета)

на седници 01.06.2023. размотрило предложену тему и закључило да је
одржаној године
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.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир
Поповић

- 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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 560/5
Датум: 01.06.2023. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 27/2018 – др. закон 73/2018, 67/2019, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021 – др. Закон, 67/2021), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и захтева студента **Лане Јарамаз**, маг. инж. маш., бр. 560/1 од 03.04.2023. године да јој се одобри израда докторске дисертације, извештаја Комисије у саставу: др Милош Бањац, ред. проф., др Милан Гојак, ред. проф., др Неџад Рудоња, ванр. проф., др Ружица Тодоровић, доц. и др Мирјана Лаковић, ред. проф., Универзитет у Нишу, Машински факултет, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 01.06.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **ЛАНА ЈАРАМАЗ**, маг. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ У СИСТЕМИМА ДАЉИНСКОГ ГРЕЈАЊА»**.

За ментора студенту **Лани Јарамаз**, именује се **др Милош Бањац, ред. проф.**

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Машински факултет

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидаткиње **Лане С. Јарамаз**, маг. инж. маш. за израду докторске дисертације

Одлуком број 560/3 од 04.05.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидаткиње **Лане С. Јарамаз**, маг. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Коришћење сунчеве енергије у системима даљинског грејања“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидаткиње, подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидаткињи

1.1 Биографски подаци

Лана С. Јарамаз је рођена 09.08.1991. године у Београду. Основну школу „Јосиф Панчић” завршила је у Београду са просечном оценом 5,00 у свих осам разреда. За остварене изузетне резултате у току школовања награђена је дипломом „Вук Стефановић Караџић”.

Завршила је Математичку гимназију у Београду, са одличним успехом.

Уписала је Машински факултет у Београду школске 2010/2011 године. Основне академске студије је завршила у року, 27. септембра 2013. године. Завршни (B.Sc) рад

је радила из предмета Примењена термодинамика, под називом „Соларна постројења” и добила оцену 10,00. Основне академске студије је завршила са просечном оценом 9,80 и тако стекла академски степен Инжењер машинства.

Мастер академске студије уписала је школске 2013/2014 године на Машинском факултету у Београду, смер Термотехника. На Мастер академским студијама дипломирала је у року, 30. септембра 2015. године, са просечном оценом 9,15. Мастер рад (M.Sc) је одбранила са оценом 10 на тему „Ексергијска анализа система и уређаја који користе обновљиве изворе енергије” и тако је стекла академски степен Мастер инжењер машинства.

Од децембра 2016. године запослена је у Иновационом центру Машинског факултета, а од 1. фебруара 2017. је радила на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, под називом: „Повећање енергетске и еколошке ефикасности процеса у ложишту за угљени прах и оптимизација излазне грејне површине енергетског парног котла применом сопствених софтверских алата" (ТР-33018).

Завршила је курс под називом „PROMOTION OF ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION“ који је организован од стране Japan International Cooperation Agency- JICA, који је трајао од 30. октобра до 16. децембра 2018. године, у Јапану.

Током академских студија била је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије за завршну годину Основних академских студија. Током студија, због изузетних резултата у раду, била је и стипендиста Града Београда. Добитник је Похвала Машинског факултета у Београду, за одличан успех за прву, другу и трећу годину Основних академских студија.

Успешно примењује, на решавање инжењерских проблема, следеће програмске језике и софтверске пакете: AutoCAD, LiNear, HAP (Hourly Analysis Program), Navisworks, Autodesk Revit, Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), SolidWorks, Ansys Fluent.

Говори енглески језик.

Поседује возачку дозволу Б - категорије.

Играла је кошарку у неколико спортских клубова и за кошаркашки клуб Машинског факултета у Београду (освојила је сребрне медаље у оквиру Универзитетских такмичења у Београду 2013, 2015. и 2017. године). Освојила је више златних, сребрних и бронзаних медаља у кошарци и рукомету на Машинијадама.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

На докторским студијама је положила следеће испите:

Бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар	ЕСПБ	Оцена
Обавезни предмети					
1.	Виши курс математике	проф. др Слободан Радојевић	I	5	9 (девет)
2.	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	I	5	10 (десет)
3.	ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	I	5	10 (десет)
4.	Одабрана поглавља из механике флуида	проф. др Александар Тоћић	II	5	9 (девет)
5.	Истраживање и публиковање 1	проф. др Милош Бањац	I	10	10 (десет)
6.	Истраживање и публиковање 2	проф. др Милош Бањац	II	15	10 (десет)
7.	Истраживање и публиковање 3	проф. др Мирко Коматина	III	20	10 (десет)
8.	Истраживање и публиковање 4	проф. др Мирко Коматина	IV	8	10 (десет)
9.	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Милош Бањац	IV	22	10 (десет)
Изборни предмети					
10.	Одабрана поглавља из термодинамике	проф. др Милан Гојак	I	5	10 (десет)
11.	Аналогије физичких појава	проф. др Александар Тоћић	II	5	10 (десет)
12.	Виши курс из преношења топлоте и супстанције	проф. др Мирко Коматина	II	5	10 (десет)
13.	Термодинамичка анализа процеса и уређаја	проф. др Милан Гојак	III	5	10 (десет)
14.	Преношење топлоте и супстанције - нумерички приступ	проф. др Милош Бањац	III	5	10 (десет)

Током Докторских студија кандидаткиња је објавила 1 рад у истакнутом међународном часопису (SCI рад - M23), 2 рада на међународном скупу штампана у целости (M33): и 1 рад на међународном скупу штампан у изводу (M34).

Рад у истакнутом међународном часопису (M23):

1. Marković, M., Elek P., Jaramaz, D., Jevtić, D., Đurović, R., Jaramaz, L., Micković, D.: Analysis of Parameters Influencing the Pressure and Temperature Distribution in the Gun Bore Evacuator, Thermal Science, 27 (2023),18, pp. 727-738, 2023

Рад на међународном скупу штампан у целости (M33)

1. Jaramaz L., Banjac M.: Exergy Efficiency of Solar Components and Systems, Proceedings of the 18th Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia, Sokobanja, pp. 291 – 299, October 17 - 20, 2017

2. Jevtić D., Micković D., Elek P., Marković M., Jaramaz L.: Analysis of the Influence Parameters on the Pressure Field in the Hydraulic Brake, invited lecture, 9 th International Scientific Conference on Defensive Technologies - OTEH 2020, Belgrade, Serbia, pp. 139 – 144, October 15-16, 2020.

Рад на међународном скупу штампан у изводу (M34):

1. Jevtić D., Micković D., Elek P., Marković M., Jaramaz L.: Numerical Simulation of Gas Flow Field in a Muzzle Brake, International Conference on Applied Sciences, Hunedoara, Romania, pp. 25, May 20-22, 2020

1.3 Оцена подобности кандидаткиње за рад на предложеној теми

Лана Јарамаз, маг. инж. маш. је положила све испите предвиђене Програмом усавршавања на Докторским студијама. Објављени радови и одбрањени Пројекат идеје докторске дисертације указују да кандидаткиња има изузетан смисао за научно-истраживачки рад. Узимајући у обзир и студиозност, озбиљност и амбициозност кандидаткиње, Комисија сматра да је кандидаткиња способан за даљи успешан самосталан рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Од укупне енергије коју користе домаћинствима у Европи готово две трећине употреби се да би се задовољиле потребе за грејањем [1]. Знатан део тих потреба остварује се преко системима даљинског грејања. До пре пар деценија ови системи су готово искључиво користили фосилна горива [2]. То се односи и на Србију, где су се до пре две деценије као горива у системима даљинског грејања користили искључиво угаљ, мазут и природан гас [3]. Тек у последњих двадесет година, у оквиру свеопште светске борбе против климатских промена и смањења коришћења фосилних горива и емисије CO₂ почиње се са употребом обновљивих извора енергије и то пре свега биомасе. У Србији, биомаса се у системима даљинског грејања користила у виду брикета и пелета и то у занемарљивом проценту, а тек од недавно почиње да се користи и у облику дрвне сечке [4].

Коришћење сунчевог зрачења, као врсте бесплатног и CO₂ неутралног обновљивог извора енергије у системима даљинског грејања, дуго је било у другом плану пре свега због временски одложеног периода експлоатације током зиме у односу на период максималне доступности ове енергије током лета. Међутим, у последње време, увођењем великих водених резервоара у ове системе, тзв. сезонских резервоара

сунчеве (термичке) енергије, покушава да се превазиђе овај проблем [5]. Интеграција соларних система у системе даљинског грејања је све чешћа пракса у неким земљама западне Европе, што сведочи о могућности ове технологије и потенцијалном простору за даљи напредак [5,6].

Због релативно доброг положаја, односно дугог периода и повољне јачине сунчевог зрачења у односу на земље западне Европе, Србија има значајно бољи потенцијал у погледу примене ових система. Истовремено, са својих 60 система даљинских грејања и укупно инсталисаном снагом од преко 6000 MW, сада углавном на природни гас, Србија има велики потенцијал да интеграцијом ових система значајно смањи своју енергетску зависност, повећа сигурност снабдевања, смањи емисије CO₂ и повећа удео коришћења обновљивих извора енергије [7].

Са намером да се ова област детаљније истражи, дефинисан је предмет истраживања ове дисертације, а то је испицавање могућности интеграције соларних система у већ постојеће системе даљинског грејања.

За ту сврху биће формиран математички модел динамичког понашања једног реалног система даљинског грејања са интегрисаним соларним подсистемом, кога чине пријемници сунчеве енергије и водени резервоар, као сезонско складишта термичке енергије. Овај модел ће обухватати токове енергије, тј. процесе преношења топлоте између различитих елемената система и између елемената система и њихове околине, као и утицај спољашњих фактора као што су промене температуре спољашњег ваздуха и земље и дневне промене инсолације (дозрачене енергије сунчевог зрачења).

Овај модел, уз одговарајуће услове и ограничења, биће преведен у програмско решење, које би требало да послужи као алат у пројектовању, односно одређивању оптималних димензија елемента соларног подсистема.

У оквиру модела посебна пажња биће посвећена одређивању промене температуре воде у сезонском резервоару термичке енергије, које би поред утицаја конструктивних параметара резервоара обухватала и утицај промене спољашњих фактора и то промене инсолације (дозрачене енергије сунчевог зрачења), промене температуре спољашњег ваздуха и земље.

Ради анализе ефеката различитих режима рада соларних система на режим рада системе даљинског грејања у симулациони програм, биће урађени и прорачуни техничких, економских и еколошких параметара који указују на успешност појединих решења.

Циљ истраживања ове докторске дисертације је формирање програмског решења, које ће омогућити оцену техничке, економске и еколошке успешности интеграција соларних система са сезонским резервоаром термичке енергије у постојеће системе даљинског грејања. Један од циљева дисертације је и прикупљање и обрада података који се баве утицајем различитих фактора на температуру воде у сезонском резервоару термичке енергије. То би омогућило одређивање оптималног режима рада интегрисаног соларног система у току године, тј. одређивању оптималних димензија елемента соларног подсистема.

Литература

- [1] Background Report on EU-27 District Heating and Cooling Potentials, Barriers, Best Practice and Measures of Promotion, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, ISBN 978-92-79-23882-6, doi: 10.2790/47209, European Union, 2012
- [2] An EU Strategy on Heating and Cooling, Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the regions, Document 52016DC005, Brussels, 16. 2. 2016
- [3] Бањац, М., Рамић, Б., Кијевчанин, М., Поповић, И., Шербановић, С., Радовић, И., Калуђеровић, Т., Живковић, Е.: Енергија у Србији 2010, ISSN: 2217-8120, Министарство за инфраструктуру и енергетику Републике Србије, 2011.
- [4] Winterscheid, C, Dalenbäck J.O., Holler, S: Integration of solar thermal systems in existing district heating systems, Energy, Volume 137, 15 October 2017, Pages 579-585
- [5] Fisch M., Guigas M., Dalenback J-O.: A review of large-scale solar heating systems in Europe, Sol Energy 1998;63:355-66, Solar Energy, Volume 63, Issue 6, 1 December 1998, Pages 355-366
- [6] Mapping and analyses of the current and future (2020 - 2030) heating/cooling fuel deployment (fossil/renewables), European Commission Directorate-General for Energy, Directorate C. 2 – New energy technologies, Innovation and clean coal, Final report, September 2016
- [7] Бањац, М., Рамић, Б., Лилић, Д., Пантић, А.: Енергија у Србији 2013, Министарство рударства и енергетике, ИССН 2217-8120, стр. 92, Београд, 2015.
- [8] Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2025. године са пројекцијама до 2030. године („Службени гласник РС“, број 101/2015)

Преглед литературе релевантне за предложену тему дисертације

У наставку се наводи литература релевантна за предмет истраживања:

- [1] Kalogirou, S.: Solar energy engineering: processes and systems, Academic Press, Burlington, USA, 2009
- [2] Gojak, M., Rudonja, N.: Solarni termički sistemi, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, 2020
- [3] Banjac, M.: Achieving sustainable work of the heat pump with the support of underground water tank and solar collectors, Energy and Buildings, 98 (2015), 19-26
- [4] Pinamonti, M, Beausoleil-Morrison, I., Prada, A., Baggio, P.: Water-to-water heat pump integration in a solar seasonal storage system for space heating and domestic hot water production of a single-family house in a cold climate, Solar Energy, 213 (2021), 300-311
- [5] Lund, P. D.: Computational simulation of district solar heating systems with seasonal thermal energy storage, Solar Energy, Vol.36(1986), 397-408
- [6] Dahash, A., Ochs, F., Tosatto, A.: Techno-economic and exergy analysis of tank and pit thermal energy storage for renewables district heating systems, Renewable Energy, 180(2021), 1358-1379
- [7] Ochs, F., Dahash, A., Tosatto, A., Janetti, M. B.: Techno-economic planning and construction of cost-effective large-scale hot water thermal energy storage for renewable district heating systems, Renewable Energy, 150(2020), 1165-1177
- [8] Hirvonen, J., Rehman, H., Siren, H.: Techno-economic optimization and analysis of a high latitude solar district heating system with seasonal storage, considering different community sizes, Solar Energy, 162(2018), 472-488
- [9] Xie, Z., Xiang, Y., Wang, D., Kusyy, O., Kong, W., Furbo, S., Fan, J.: Numerical investigations of long-term thermal performance of a large water pit heat storage, Solar Energy, 224 (2021), 808-822

У референцама [1,2] представљене су физичке основе функционисања свих основних елемената соларних термичких система. За системе различитих намена су разматране њихове особености, карактеристике, начини пројектовања и димензионисања. Посебно место у [1,2] заузимају методе термодинамичког моделирања соларних термичких система. У првом реду то се односи на моделирање соларних термичких система помоћу методе f дијаграма (*f-chart method*), где f означава удео соларне енергије у укупно потребној топлотној енергији на месечном нивоу. Метод моделирања помоћу f

дијаграма развијен је довођењем у корелацију већег броја геометријских и термо-физичких параметара различитих соларних грејних система. Корелације су успостављене на основу симулација спроведених помоћу програма TRNSYS, у којима су се услови симулација мењали у границама практично изведених пројеката. Као коначан резултат, представљене у виду монограма, добијене су вредности месечних удела соларне енергије у укупно потребној топлотној енергији f у функцији два бездимензиона параметра – X односа топлотних губитака пријемника сунчеве енергије и укупно потребне топлотне енергије и Y – односа апсорбоване соларне енергије и укупно потребне топлотне енергије. Метода f дијаграма може се користити за одређивање вредности удела соларне енергије на месечном нивоу за системе који се користе само за грејање простора, затим за системе који се користе за грејање простора и припрему топле воде, као и за системе који се користе само за припрему топле воде, а који као радни флуид користе течност или гас и код којих је минимална температура на којој се предаје топлота око 20°C . У референци [1] представљена је и тзв. Φ метода употребљивости и комбинована $\Phi - f$ метода моделирања соларних термичких система. Ове две методе користе се за моделирање система када је минимална температура на којој се предаје топлота нижа од 20°C . Метода Φ употребљивости заснива се на концепту да је корисно само зрачење које је изнад критичног или граничног интензитета, а сам параметар Φ представља део инсолације која доспе до површине колектора, а која је изнад задатог прага или задате критичне вредности. Комбиновани $\bar{\Phi} - f$ дијаграм метод је комбинација Φ методе употребљивости и методе f дијаграма. Овај комбиновани метод се примењује на моделирање система где се топлота предаје топлотном потрошачу на температури изнад минималне корисне и где температура предаје нема утицаја на перформансе топлотног потрошача док год је она већа од минималне температуре. У референцама [1,2], такође, су приказани комерцијални рачунарски програми TRNSYS (највише коришћен), WATSUN, Polysun и T*SOL који се користе за детаљније пројектовање соларних система на основу симулације њиховог рада. Симулације су засноване на часовним вредностима утицајних фактора на рад система и омогућавају одговарајућу оптимизацију система.

У референци [3] је дата методологија димензионисања одрживог система за грејање и хлађење, који се састоји од топлотне пумпе, термичких соларних колектора и подземног сферичног резервоара са водом, који служи као резервоар термичке енергије. Методологија је заснована на узастопном и међусобно повезаном уравнотежавању енергије свих елемената система у временском интервалу од једног

часа, а за време од једне репрезентативне календарске године. Излазни резултат нумеричких прорачуна је величина потребне површине термичких соларних колектора, која ће обезбедити одрживост система, тј. обезбедити да ће се овај систем после једне године рада вратити на почетне услове, без угрожавања природног окружења у коме је употребљен.

Истраживање интеграције топлотне пумпе у соларни систем са сезонским резервоаром термичке енергије за једну породичну кућу дато је у референци [4]. Топлотна пумпа употребљава воду сезонског резервоара термичке енергије као извор топлоте, користећи преосталу количину топлоте у резервоару на крају грејне сезоне. Перформансе система су одређене према уделу соларне енергије у односу на топлотно оптерећење зграде. Анализа система је обављена за различите величине резервоара и површине колектора помоћу симулација са TRNSYS-ом.

Модел прорачунске симулације за одређивање термичких перформанси система даљинског грејања са сезонским резервоаром термичке енергије приказан је у референци [5]. Посебна пажња је посвећена математичком моделу резервоара, који је у овом случају био смештен у стену. Модел је верификован кроз поређење са експерименталним резултатима на прототипској инсталацији.

Сезонски резервоари термичке енергије представљају кључни елемент који омогућава интеграцију великих удела соларне енергије у даљинске системе грејања. У референци [6] дат је оквир за техно-економску анализу узимајући у обзир кључне индикаторе перформанси (на пример, енергијска или ексергијска ефикасност). Пошто су резервоари термичке енергије интегрисани у даљинске системе грејања велике запремине и температурно стратификовани, резервоар термичке енергије се разматра користећи стратификациони број и ефикасност. Економска изводљивост појединих варијанти резервоара термичке енергије је оцењивана на основу специфичних трошкова инвестиција. У раду се предлаже нивелисана цена ускладиштене енергије (однос укупне годишњих цена према укупној количини предате топлоте у разматраној години) као практична мера техно-економске изводљивости резервоара термичке енергије. Користећи ове индикаторе утврђене су предности и мане цилиндричног резервоара и плитког укопа као могућих решења за резервоаре термичке енергије и предложена је нова хибридна геометрија као комбинација ове две геометрије.

Референца [7] се бави планирањем и пројектовањем резервоара термичке енергије уз прихватљиве трошкове. Разматрају се цилиндрични резервоар и укуп, који су моделирани помоћу методе коначних елемената. Одређен је утицај конструкције

резервоара, његове геометрије, запремине и карактеристика даљинског система грејања на перформансе термичког резервоара енергије. Такође, дата је методологија за формирање техно-економске анализе таквих технологија.

Систем моделиран у референци [8] помоћу програма TRNSYS садржи соларне термичке колекторе и соларне електричне панеле, два централизована мања цилиндрична резервоара, сезонски резервоар термичке енергије у виду бушотина у земљи и топлотну пумпу за генерисање додатне енергије. Истраживање је обављено за услове који владају у Финској. Да би се установио утицај величине система даљинског грејања оптимизација је урађена за четири случаја: са 50, 100, 200 и 500 кућа. Показало се да већи број корисника система даљинског грејања знатно повећава ценовну ефикасност. Такође, установљено је да већи сезонски резервоари термичке енергије омогућавају смањење потребе за радом топлотне пумпе, а уједно и редукцију захтева за коришћењем електричне енергије.

У референци [9] приказана су експериментална и теоријска истраживања сезонског у земљу укопаног воденог резервоара облика обрнуте зарубљене четворостране пирамиде, запремине $60\,000\text{ m}^3$ смештеног у Дронинглунду (Dronninglund) Данска. Теоријски симулациони модел у земљу укопаног воденог резервоара за складиштење термичке енергије је развијен помоћу програма TRNSYS. Верификација модела је обављена кроз поређење са експерименталним мерењима. Модел је затим употребљен за одређивање утицаја карактеристика тла на термичке перформансе резервоара.

3. Полазне хипотезе

У изради докторске дисертације полази се од основне хипотезе да теоријски модел, заснован на току и одржању енергије између елемената соларног система интегрисаног у постојећи систем даљинског грејања, омогућава довољно тачно сагледавање техно-економско-еколошких параметара разматраних решења. На тај начин програмско решење базирано на развијеном теоријском моделу, пружаће могућност избора оптималног решења интеграције у раној фази пројектовања.

4. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања предложене теме користиће се следеће научне методе:

- метода математичког моделирања,

- аналитичке и нумеричке методе – метод коначних запремина, метода Рунге-Кута (Runge-Kutta) и Ојлерова (Euler) метода,
- експерименталне методе за мерење температура флуида и мерење запреминских протока флуида,
- методе верификације, тј. поређања резултата добијених нумеричким и експерименталним методама
- метода оптимизације.

5. Очекивани научни допринос

Током рада на предложеној докторској дисертацији очекује се да ће кандидаткиња дати следеће научне доприносе:

- развој програмског решења (симулационог модела), верификованог кроз експериментална испитивања, који би послужио као алат за оцену оптималних решења за интеграцију соларних система у постојеће системе даљинског грејања,
- одређивање оптималног радног режима интегрисаног соларног система у току године, тј. периода у коме је за потребе грејања исплативо и оправдано користити сезонски резервоар термичке енергије.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме ће се одвијати кроз следеће фазе:

- преглед постојеће литературе и остварених резултата,
- избор конфигурације интегрисаног соларног система у постојеће системе даљинског грејања,
- развој математичког модела соларног система,
- развој математичког модела система даљинског грејања са интегрисаним соларним подсистемом и водени резервоаром као сезонским складиштем термичке енергије
- формирање програмског решења,
- верификација развијеног програмског решења кроз поређење са расположивим експерименталним резултатима,
- разматрање програмских резултата у зависности од промене појединих утицајних параметара,
- одређивање оптималног периода рада интегрисаног соларног система у току године.

Предвиђено је да докторска дисертација рад има следећу структуру:

1. Уводна разматрања
2. Преглед доступне литературе и досадашњих релевантних истраживања
3. Избор конфигурације интегрисаног соларног система у постојеће системе даљинског грејања
4. Математички модел система даљинског грејања са интегрисаним соларним подсистемом и воденим резервоаром као сезонским складиштем термичке енергије
5. Формирање програмског решења развијеног модела
6. Верификација резултата програмског решења кроз поређење са расположивим експерименталним подацима
7. Разматрање програмских резултата у зависности од промене појединих утицајних параметара и њихов утицај на техно-економске-еколошке параметре система
8. Одређивање оптимални радног режима интегрисаног соларног система у току године
9. Закључци и предлози за даљи рад

7. Закључак и предлог

На основу анализе пријаве теме кандидаткиње Лане. С. Јарамаз, маг. инж. маш., Комисија за оцену подобности теме и кандидаткиње закључује да је кандидаткиња положила све испите предвиђене планом усавршавања на Докторским студијама и објавила научне радове чиме је стекла услов за одобравање теме за израду докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобра за израду докторске дисертације, као и да кандидаткиња испуњава све Законом и Статутом Машинског факултета предвиђене услове и има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидаткињи

Лани С. Јарамаз, маг. инж. маш.

студенткињи Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду одобри израду докторске дисертације под називом:

„Коришћење сунчеве енергије у системима даљинског грејања“,

која припада области техничких наука, **машинство**, ужој научној области **термомеханика**, за коју је матичан Универзитет у Београду Машински факултет.

За **Ментора** током израде докторске дисертације предлаже се **проф. др Милош Бањац**, редовни професор на Катедри за Термомеханику Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 12.04.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Милош Бањац, редовни професор,
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Милан Гојак, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Нецад Рудоња, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Ружица Тодоровић, доцент
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Мирјана Лаковић, редовни професор
Универзитет у Нишу, Машински факултет