

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

398/4

(Број захтева)

04.05.2023. године

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ДАНКЕ (МИЛУТИН) КОСТАДИНОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **ДАНКЕ (МИЛУТИН) КОСТАДИНОВИЋ**

уписана на Докторске студије 2015. год.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

УТИЦАЈ ЗЕЛЕНОГ КРОВА НА ЕНЕРГЕТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ КАО САВРЕМЕНИ ПРИСТУП У ПРОНАЛАЖЕЊУ ОДРЖИВИХ РЕШЕЊА

Универзитет је дана 28.11.2019. год. својим актом под бр. 61206-4571/2-19 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

УТИЦАЈ ЗЕЛЕНОГ КРОВА НА ЕНЕРГЕТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ КАО САВРЕМЕНИ ПРИСТУП У ПРОНАЛАЖЕЊУ ОДРЖИВИХ РЕШЕЊА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

ДАНКЕ (МИЛУТИН) КОСТАДИНОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 09.03.2023. године, одлуком факултета под бр. 398/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Маја Тодоровић	ред. проф.	Термотехника	Машински факултет Београд
2. Др Милош Бањац	ред. проф.	Термомеханика	Машински факултет Београд
3. Др Тамара Бајц	ванр. проф.	Термотехника	Машински факултет Београд
4. Др Марина Јовановић	научни саветник	Техничко-технолошке науке	ИНН Винча Београд
5. Др Вукман Бакић	научни саветник	Техничко-технолошке науке	ИНН Винча Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 04.05.2023. године.ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф. др Владимир Поповић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 398/4
Датум: 04.05.2023. 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 46. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Маја Тодоровић, ред. проф., др Милош Бањац, ред. проф., др Тамара Бајц, ванр. проф., др Марина Јовановић, научни саветник Универзитет у Београду, ИНН Винча Београд, др Вукман Бакић, научни саветник, Универзитет у Београду, ИНН Винча Београд о оцени докторске дисертације **„Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења“** студента докторских студија **Данке Костадиновић, маг. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 04.05.2023. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„УТИЦАЈ ЗЕЛЕНОГ КРОВА НА ЕНЕРГЕТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ КАО САВРЕМЕНИ ПРИСТУП У ПРОНАЛАЖЕЊУ ОДРЖИВИХ РЕШЕЊА“** студента **ДАНКЕ КОСТАДИНОВИЋ, маг. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Машински факултет

Краљице Марије 16

11120 Београд 35

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ И ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Данке М. Костадиновић**

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Машинског факултета, бр. 398/2 од 09.03.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње **Данке М. Костадиновић, мастер инжењера машинства**, под насловом

„Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења”

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња **Данка М. Костадиновић** уписала је прву годину Докторских студија на Универзитету у Београду, Машинском факултету школске 2015/16. године са бројем индекса Д04/15. Током студија положила је све испите предвиђене планом и програмом Докторских академских студија. На основу исказаних интересовања, студиозног рада и договора са потенцијалним ментором, проф. др Мајом Тодоровић, урадила је и одбранила Пројекат идеје докторске дисертације, на основу којег је дефинисана сама тема дисертације.

На основу захтева за пријаву теме докторске дисертације студента Докторских студија **Данке М. Костадиновић**, број 1446/1 од 23.08.2019. године, Катедра за термотехнику предложила је да јој се одобри пријава теме докторске дисертације и именује Комисија за писање реферата о научној заснованости теме, по одлуци број 1712/2 од 10.10.2019. године. Наставно-научно веће Универзитета у Београду, Машинског факултета донело је Одлуку бр. 1712/2 од 10.10.2019. године којом је прихваћена тема докторске дисертације под називом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења”, именован ментор проф. др Маја Тодоровић и Комисија за оцену испуњености услова кандидаткиње и научне заснованости теме докторске дисертације у саставу:

- проф. др Маја Тодоровић, ментор, редовни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- проф. др Милош Бањац, редовни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- др Тамара Бајц, ванредни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- др Марина Јовановић, научни саветник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча”-Института од националног значаја за Републику Србију,
- др Биљана Вучићевић, научни сарадник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча”- Института од националног значаја за Републику Србију.

На основу Извештаја Комисије за оцену испуњености услова кандидаткиње и научне заснованости теме докторске дисертације бр. 1712/3 од 21.10.2019. године и Одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1712/2 од 10.10.2019. године да се прихвата предлог о испуњености услова кандидаткиње и научној заснованости теме докторске дисертације, Машински факултет је поднео захтев Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да се кандидаткињи одобри израда дисертације под називом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења”.

Израда докторске дисертације под насловом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења” кандидаткиње **Данке М. Костадиновић**, под менторством проф. др Маје Тодоровић, редовног професора Универзитета у Београду, Машинског факултета, одобрена је Одлуком Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, број 61206.457112-19 од 28.11.2019. године.

На основу Обавештења проф. др Маје Тодоровић, ментора, број 398/1 од 06.03.2023. године да је кандидаткиња **Данка М. Костадиновић** завршила докторску дисертацију под називом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења” и сагласности Катедре за термотехнику, Наставно-научно веће Универзитета у Београду, Машинског факултета донело је Одлуку број 398/2 од 09.03.2023. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу:

- проф. др Маја Тодоровић, ментор, редовни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- проф. др Милош Бањац, редовни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- проф. др Тамара Бајц, ванредни професор Универзитета у Београду, Машинског факултета,
- др Марина Јовановић, научни саветник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча”-Института од националног значаја за Републику Србију,
- др Вукман Бакић, научни саветник Универзитета у Београду, Института за нуклеарне науке „Винча”- Института од националног значаја за Републику Србију.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација **Данке М. Костадиновић**, под називом „**Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења**” припада области техничких наука, ужа научна област машинство, за коју је матичан Универзитет у Београду, Машински факултет. Израдом докторске дисертације руководила је проф. др Маја Тодоровић, редовни професор на Катедри за термотехнику, Универзитета у Београду, Машинског факултета.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Данка М. Костадиновић рођена је 18. маја 1988. године у Београду, Србија. Основну школу похађала је у Београду, након чега је завршила средњу Политехничку школу у Београду, смер машински техничар за компјутерско конструисање и програмирање. Универзитет у Београду, Машински факултет уписала је школске 2007/2008. године. Основне академске судије завршила је 2012. године, а дипломске академске студије 2014. године на смеру Инжењерство биотехничких система одбраном дипломског рада под називом „Пројектовање соларне сушаре за дрво са уређајем за сагоревање биомасе” и стекла звање мастер инжењер машинства. Докторске академске студије на Универзитету у Београду, Машинском факултету уписала је школске 2015/2016. године. Од маја 2015. године запослена је у Лабораторији за термотехнику и енергетику, Института за нуклеарне науке „Винча”, где је стекла звање истраживач сарадник. Њен истраживачки рад се фокусира на потенцијал уштеде енергије у сектору зградарства, примену обновљивих извора енергије и заштиту животне средине. Поред истраживачког рада бави се моделовањем енергетски ефикасних зграда и израдом елабората енергетске ефикасности зграда и енергетских пасоша.

Објавила је 22 рада која су публикована у међународним и домаћим часописима или су презентовани на стручним скуповима у земљи и иностранству. Освојила је треће место за најбољи научни рад на међународној конференцији *South East Europe Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environment Systems*, одржаној 2022. године у Албанији. Током Докторских студија учествовала је на националном пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја: Унапређење енергетских карактеристика и квалитета унутрашњег простора у зградама образованих установа у Србији са утицајем на здравље, евидентиран под бројем III42008 (2015-2019). Кандидаткиња је стекла знања на додатним курсевима:

- PhD курс *EnergyPLAN-Advanced Analysis of Smart Energy Systems* на *Aalborg* Универзитету у Данској, Април-Мај 2021. године,
- *Locomotion Summer School*, Дубровник, Хрватска, Септембар 2022. године.

Завршила је обуке за коришћење *REVIT Architecture* и *REVIT MEP* софтверског пакета, *DesignBuilder Detailed HVAC* и *DesignBuilder Optimisation* модула. Члан је *ASHRAE* Студентског огранка при Универзитету у Београду. Учествовала је у локалном организационом одбору прве међународне конференције *International Conference on Buildings, Energy, Systems and Technology-BEST*, одржаној 2016. године у Београду. Говори енглески и шпански језик, а служи се немачким језиком.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Данке М. Костадиновић под називом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења” написана је на српском језику, садржи 115 страна формата А4, 56 слика, 17 табела, 14 једначина и списак коришћене литературе који чини 228 библиографских јединица. Дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Зелени кровови
3. Квалитет ваздуха
4. Преглед литературе
5. Предмет истраживања
6. Поставка експеримента
7. Физичко математички модел
8. Валидација модела
9. Резултати истраживања
10. Закључак

Литература

Уз основни текст приложени су и пратећи делови, који се односе на сажетак на српском и енглеском језику, садржај, списак коришћених ознака, прилог, биографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација је посвећена истраживању термичког понашања екстензивног зеленог крова, са подлогом од минералне вуне и доприноса зеленог крова као елемента пасивног дизајна енергетској ефикасности школске зграде у условима умерено континенталне климе. Поред тога испитан је утицај ове врсте зеленог крова на квалитет спољашњег ваздуха. У складу са постављеним предметом и циљевима истраживања, а ради стицања општег увида у ову проблематику, у уводном поглављу дата су уводна разматрања, стање у области енергетске ефикасности зграда у Србији са посебним освртом на школске објекте, стање квалитета ваздуха у Србији, објашњени су потенцијали и улога постојећег грађевинског фонда у области примене зелених кровова, као и основни проблеми истраживања.

У другом поглављу објашњени су основни појмови у вези са зеленим крововима, подела и структура зелених кровова, предности и ограничења примене концепта зелених кровова, као и постојеће стање везано за зелене кровове у Србији.

У трећем поглављу дат је преглед стања у вези са загађењем ваздуха у Србији, објашњени су основни појмови у вези са загађујућим супстанцама и појашњена улога вегетације и зелених зидова у смањењу загађења у градским срединама.

У четвртом поглављу дат је преглед досадашњих истраживања из области зелених кровова, њиховог утицаја на енергетску ефикасност зграда, микроклиму и квалитет ваздуха на светском нивоу и на нивоу Србије, која су послужила као полазна основа за постављање правца истраживачког рада на докторској дисертацији.

У петом поглављу објашњени су предмет и циљеви истраживања, дефинисане су хипотезе и изложене су научне методе као и научни допринос докторске дисертације. Поред тога дата је и структура докторске дисертације.

У шестом поглављу дат је опис одабране локације и одабраног репрезентативног школског објекта у градској средини на ком су вршена експериментална мерења, поставка експеримента и опис мерених величина.

У седмом поглављу дат је преглед постојећих модела зеленог крова и опис постојећег модела зеленог крова који је коришћен у дисертацији са једначинама које описују процес преноса топлоте унутар зеленог крова. Након тога, детаљно је објашњен поступак формирања БИМ (енгл. *Building Information Modeling*) и БЕМ (енгл. *Building Energy Modeling*) модела изабраног репрезентативног школског објекта у постојећем стању и модела школског објекта након санације применом зеленог крова и сви унети улазни параметри.

Поглавље осам посвећено је валидацији модела школског објекта са конвенционалним кровом и одређивању нивоа тачности резултата добијених динамичком симулацијом термичког понашања објекта. Висок степен подударности вредности добијених из модела и стварних вредности показује да је формиран модел школског објекта са конвенционалним кровом довољно прецизан.

Резултати истраживања су приказани у поглављу девет. Дата је детаљна анализа експерименталних резултата у вези са термичким понашањем зеленог кровног система и поређење са постојећим конвенционалним кровом. Сагледан је допринос абиотских слојева зеленог крова (минералне вуне, дренажно акумулационог система и хидроизолације) топлотно изолационом ефекту и ефекту хлађења зеленог крова. Поред тога приказана је анализа резултата мерења квалитета ваздуха изнад зеленог и конвенционалног крова. У овом поглављу приказани су и резултати добијени динамичким симулацијама у програму *DesignBuilder*, који се односе на енергетске потребе за грејање и хлађење одабраног школског објекта са постојећим конвенционалним кровом и након санације применом зеленог крова. Одређено је и потенцијално смањење емисије угљен-диоксида, које се може постићи у случају постављања зеленог крова на посматрани школски објекат.

Десето поглавље садржи закључна разматрања уз критички осврт на остварене резултате спроведених истраживања. Истакнути су научни и практични доприноси дисертације у погледу применљивости резултата истраживања. Поред тога, дате су смернице за даља истраживања у овој области.

Литература обухвата све библиографске јединице цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживачи у области техничко-технолошких наука треба да усмере своја истраживања ка остваривању циљева одрживог развоја, очувања животне средине и прилагођавању климатским променама. Зелени кровови су препознати као један од начина за превазилажење ових проблема са којим се бори савремено друштво.

Докторска дисертација под називом „Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења” кандидаткиње Данке М. Костадиновић, представља савремени, оригиналан и значајан допринос истраживању утицаја зелених кровова на

енергетске карактеристике зграда и квалитет ваздуха у градској средини. Лаки зелени кровови са подлогом од минеране вуне су добро решење за санацију кровова постојећег грађевинског фонда са ограниченим капацитетом носивости. Упркос томе, недостају експериментални подаци о термичким карактеристикама и изолационом ефекту ове врсте зелених кровова. Већина истраживача користи комерцијалне програме за предвиђање понашања зелених кровова, док су експериментална истраживања ретка, временски захтевна и скупа.

У овој докторској дисертацији приказани су први експериментални подаци за Републику Србију о термичком понашању лаких зелених кровова, и генерално зелених кровова, у нашим климатским условима и њиховом утицају на пренос топлоте кроз кровну конструкцију, температуру локалног спољашњег ваздуха и концентрацију PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀, CO, CO₂, O₃ и NO₂ у спољашњем ваздуху. Поред тога формиран је модел школског објекта са конвенционалним и зеленим кровом, како би се квантификовао утицај зеленог крова на енергетске потребе за грејање и хлађење школске зграде. Посебан квалитет истраживању даје могућност примене формираног модела на остале реалне објекте.

Истраживања приказана у овој докторској дисертацији су оригинална и представљају добру основу за даља истраживања и подстицај примене зелених кровова, на ширем подручју у циљу повећања енергетске ефикасности зграда, уштеде енергије и заштите животне средине. Проблематика која је обухваћена овом дисертацијом је веома значајна и актуелна у свету и представља савремени приступ у проналажењу одрживих решења за побољшање енергетске ефикасности у зградарству и смањења загађења у градским срединама.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Прегледом коришћене литературе, може се закључити да је кандидаткиња **Данка М. Костадиновић** при изради дисертације урадила објективан и критички преглед доступне литературе релевантне и актуелне за тему дисертације. Ова литература кандидаткињи је послужила за преглед и анализу тренутног стања у области зелених кровова, за формулисање питања која изискују даља истраживања, и у складу са тим дефинисање предмета и циљева истраживања дисертације, као и за поређење резултата.

У оквиру дисертације, кандидаткиња се позивала на резултате истраживања објављене у међународним часописима са SCI листе и на међународним конференцијама, у референтним докторским дисертацијама и стручним књигама. Највећи број цитираних радова чине радови објављени у последњих неколико година, што указује на актуелност теме ове докторске дисертације. С обзиром да су за потребе израде дисертације спроведена опсежна експериментална истраживања, у литератури су наведени и одређени стандарди и правилници, које је кандидаткиња користила. Списак литературе дат је у посебном поглављу, где су библиографске јединице наведене према редоследу цитирања у дисертацији. У дисертацији је наведено 228 библиографских јединица, које је кандидаткиња коректно проучила и цитирала.

3.3. Опис примењених научних метода и постављених хипотеза

Узимајући у обзир сложеност предмета истраживања и имајући у виду постављене циљеве истраживања кандидаткиња је у докторској дисертацији користила следеће научне методе:

- систематски преглед и класификација доступне литературе у области зелених кровова;
- постављање хипотеза везано за утицај зелених кровова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност зграда и концентрацију загађивача у спољашњем ваздуху;
- експерименталне методе: како би се истражио утицај зеленог крова на енергетске карактеристике школске зграде и квалитет спољашњег ваздуха у градској средини, извршена су опсежна експериментална мерења у дужем временском периоду, на постављеном зеленом крову и постојећем конвенционалном крову на згради Техничке школе „Нови Београд” током летњег и зимског периода. Мерења су урађена према усвојеној научној методологији коришћењем одговарајуће мерне опреме. Одређени резултати мерења су коришћени као улазни подаци приликом формирања модела школског објекта са конвенционалним и зеленим кровом;
- формирање модела школског објекта са конвенционалним и зеленим кровом у програму за динамичке симулације термичког понашања зграда *DesignBuilder*;
- статистичка обрада експерименталних резултата, анализа свих резултата истраживања и упоредна анализа резултата за зелени кров и конвенционални кров.

У складу са изнетим предметом истраживања у изради дисертације пошло се од следећих хипотеза:

Хипотеза 1: Примена зелених кровних система при санацији објекта омогућава да се оствари смањење топлотног флуksа кроз кровну конструкцију (топлотних добитака лети и топлотних губитака зими). Ова претпоставка се доказује квантитативном и упоредном анализом резултата добијених експерименталним мерењима на реалном објекту и симулацијом топлотног понашања тог објекта са постојећим конвенционалним кровом и након санације применом зеленог крова.

Хипотеза 2: Примена зелених кровних система омогућава да се побољшају енергетске карактеристике кровне конструкције (да се смањи коефицијент пролаза топлоте кроз кровну конструкцију). Ова претпоставка се доказује квантитативном и упоредном анализом резултата добијених експерименталним мерењима на реалном објекту.

Хипотеза 3: Примена зелених кровних система омогућава да се остваре уштеде потребне енергије за грејање и хлађење објекта. Ова претпоставка се доказује квантитативном и упоредном анализом резултата добијених динамичком симулацијом топлотног понашања репрезентативног школског објекта са постојећим конвенционалним кровом и након санације применом зеленог крова.

Хипотеза 4: Примена зелених кровних система доприноси снижењу температуре спољашњег ваздуха непосредно изнад крова. Ова претпоставка се доказује квантитативном и упоредном анализом резултата добијених експерименталним мерењима на реалном објекту.

Хипотеза 5: Примена зелених кровних система доприноси побољшању квалитета ваздуха у градској средини. Ова претпоставка се доказује квантитативном и упоредном анализом резултата добијених експерименталним мерењима на реалном објекту.

Резултати докторске дисертације су потврдили постављене хипотезе. Применом наведених научних метода добијени су резултати који су омогућили да се овом дисертацијом оствари квалитетан научни допринос у изучавању понашања зелених кровова у условима умерено континенталне климе, као и утицаја зеленог крова на енергетску ефикасност школског објекта и квалитет спољашњег ваздуха у градској средини.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати ове докторске дисертације се могу применити у научном и у практичном смислу. Чињеница да Србија има веома мали број зелених кровова и одсуство научних истраживања на ову тему, указује на потребу за локалним експерименталним истраживањима, која би омогућила квантификовање позитивних утицаја примене зелених кровова за наше климатско подручје и допринела унапређењу стандарда зелене градње. Упоредна анализа добијених резултата, указује на предности зелених кровова у односу на конвенционалне кровове у погледу повећања енергетске ефикасности зграда и смањења загађења у градским срединама. Сазнања и закључци приказани у докторској дисертацији могу служити:

- као научна основа за разумевање употребе концепта зелених кровова за санацију постојећег грађевинског фонда и пројектовање нових објеката у Србији и свету;
- за развој стратегија, законске регулативе и политика које засупају примену зелених кровова на локалном и регионалном нивоу;
- за подизање нивоа свести о улози зелених кровова у одрживом развоју урбаних средина;
- као научна аргументација за промоцију и подстицање примене зелених кровова пред грађанима и инвеститорима у Србији.

Реконструкција постојећег грађевинског фонда у Србији и свету је кључна за постизање постављених циљева декарбонизације сектора зградарства и прилагођавања климатским променама. Собзиром да је у дисертацији разматрана санација школског објекта применом зеленог крова, добијени резултати могу послужити за подстицање постављања зелених кровова на друге објекте јавне намене и других намена. Практична и конкретна примена истраживања огледа се у могућностима коришћења формираног модела приликом пројектовања нових објеката и санације постојећег грађевинског фонда у нашој земљи и шире. На основу резултата истраживања приказаних у докторској дисертацији, као и резултата који су настали из докторске дисертације, а који су потврђени кроз објављивање више научних радова, може се закључити да је остварен значајан научни допринос у истраживању примене зелених кровова у градским срединама. Кроз спроведени научноистраживачки рад на изради докторске дисертације, кандидаткиња даје одговоре на одређена питања и постављене хипотезе, али и долази до нових питања која отварају будуће правце истраживања везана за повећање енергетске ефикасности зграда и побољшања квалитета животне средине применом зелених кровова.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

Чланови Комисије сматрају да је кандидаткиња **Данка М. Костадиновић** током израде докторске дисертације показала знање и способност да самостално препозна и решава инжењерске и научне проблеме примењујући савремене истраживачке методе и да поседује способност системског приступа и коришћења литературе. Кандидаткиња је током израде докторске дисертације показала способност планирања и реализације експерименталних истраживања, као и креативност при прикупљању, обради и анализи добијених података. Поседује теоријско знање, које се може видети кроз преглед литературе приказан у дисертацији и објављене научне радове, а које јој даје основу за успешан научно-истраживачки рад. Поред тога, поседује практично знање, што је могуће видети на основу

изведеног опсежног експерименталног истраживања и израде модела репрезентативног школског објекта. Комисија сматра да су резултати докторске дисертације доказ способности кандидаткиње за квалитетан самостални истраживачки и научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Успешном реализацијом циљева истраживања у оквиру докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- на основу резултата добијених експерименталним мерењима на одабраном школском објекту, сагледано је термичко понашање лаких зелених кровова са подлогом од минералне вуне у условима умерено континенталне климе, квантификован је утицај зеленог крова на проток топлоте кроз кровну конструкцију, вертикални профил температуре и коефицијент пролаза топлоте кровне конструкције и температуру спољашњег ваздуха што је приказано у поглављу Резултати истраживања и публиковано у радовима [1] из категорије M21a и [4] из категорије M33 (одељак 4.3 Верификација научних доприноса).

Остали доприноси докторске дисертације:

- на основу резултата добијених експерименталним мерењима на школском објекту у градској средини Београда, квантификован је утицај лаког зеленог крова на квалитет спољашњег ваздуха, што је приказано у поглављу Резултати истраживања и публиковано у радовима [3], [7] и [8] из категорије M33 (одељак 4.3 Верификација научних доприноса). Рад [8] је добио награду треће место за најбољи рад на међународној конференцији *5th South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems-SDEWES*;
- на основу резултата добијених динамичком симулацијом термичког понашања школског објекта квантификован је утицај лаког зеленог крова на енергетске потребе за грејање и хлађење у условима умерено континенталне климе, што је приказано у поглављу Резултати истраживања и део публикован у раду [9] из категорије M33 (одељак 4.3 Верификација научних доприноса).

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу прегледа релевантне научне литературе и сагледавања постојећих решења из области докторске дисертације, може бити констатовано да су резултати истраживања у дисертацији значајни и да су применљиви у пракси. Истовремено, на основу увида у задате циљеве истраживања и резултате представљене у докторској дисертацији, може се закључити да су пружени одговори на сва релевантна питања и постављене хипотезе и решени проблеми са којима се кандидаткиња сусрео у току истраживања. Резултати опсежних експерименталних истраживања приказани у докторској дисертацији, доприносе унапређењу научних знања у поређењу са постојећим стањем у смислу:

- утицаја лаког зеленог крова на вертикални температурни профил и проток топлоте кроз кровну конструкцију, као и коефицијент пролаза топлоте кровне конструкције,
- потенцијала побољшања топлотно изолационог ефекта кровних конструкција применом лаког зеленог крова са подлогом од хидрофилне минералне вуне,
- ефекта хлађења лаких зелених кровова и утицај на урбана топлотна острва у нашим климатским условима,
- утицаја лаког зеленог крова на концентрацију PM1, PM2,5, PM10, CO, CO₂, O₃ и NO₂ у спољашњем ваздуху.

Формирани модел школског објекта са конвенционалним и зеленим кровом омогућио је квантификовање утицаја лаког зеленог крова на потребну енергију за грејање и хлађење школског објекта коришћењем програма *Design Builder*. Модел поседује практичну применљивост, с обзиром да може са задовољавајућом прецизношћу да одреди енергетске потребе за грејање и хлађење различитих постојећих и нових објеката са зеленим кровом како у нашој земљи тако и широм света. Резултати приказани у докторској дисертацији, показују да је оправдано разматрати примену овог типа зелених кровова у урбаним срединама у домаћој и светској пракси, јер доприносе топлотној изолацији зграде и имају ефекат пасивног хлађења током лета доприносећи смањењу негативаног утицаја урбаних топлотних острва и уједно обезбеђујући адекватан медијум за раст биљака. Упоредном анализом резултата динамичких симулација термичког понашања школског објекта са конвенционалним и зеленим кровом утврђено је смањење потрошње енергије школског објекта са зеленим кровом. Докторска дисертација указује на значај примене зелених кровова у урбаним срединама, посебно у контексту климатских промена.

Комисија сматра да резултати научно-истраживачког рада презентовани у докторској дисертацији представљају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и националним часописима као и на скуповима у земљи и иностранству. На бази спроведених истраживања, у оквиру дисертације, створена је основа за даље правце истраживања на пољу примене зелених кровова у градским срединама.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултате својих истраживања кандидаткиња **Данка М. Костадиновић** је верификовала објављивањем радова у међународним и домаћим часописима са SCI листе, као и на међународним конференцијама одржаним у земљи и иностранству. Најважнији су следећи радови:

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

- [1] **Kostadinović D.**, Jovanović M., Bakić V., Stepanić N., Todorović M., Experimental investigation of summer thermal performance of the green roof system with mineral wool substrate, *Building and Environment*, Volume 217, 1 June 2022, 109061, ISSN 1873-684X (online), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109061>, IF 7.503, Engineering, Civil 10/139

Рад у међународном часопису (M23)

- [2] **Kostadinović D.**, Dimitrijević Jovanović D., Vučićević B., Jovanović M., Konjikušić S., Smart capacitive moisture sensor calibration in mineral wool and green roof soil substrate, Thermal Science, Volume 25, Year 2021, Issue 3 Part A, Pages 1827-1836, ISSN 2334-7163 (online), <https://doi.org/10.2298/TSCI200217228K>, IF 1.827, Thermodynamics 44/63

Радови са међународног скупа штампани у целини (M33)

- [3] **Kostadinović D.**, Jovanović M., Vučićević B., Mirkov N., Turanjanin V., The Impact of School Building Green Roof on Outdoor Air Pollution, Full Papers Proceeding of 19th International Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia-SIMTERM, 22-25 October 2019, Pages 748-754, Sokobanja, Serbia, ISSN 978-6055-124-7
- [4] Vučićević B., **Kostadinović D.**, Stepanić N., Jovanović M., Turanjanin V., Investigation of Green Roof Thermal Performance in the Summer Period, Full Papers Proceeding of 19th International Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia-SIMTERM, Pages 121-125, 22-25 October 2019, Sokobanja, Serbia, ISSN 978-6055-124-7
- [5] Dimitrijević Jovanović D., **Kostadinović D.**, Živković P., Randelović D., Green living roofs as a part of green infrastructure, Full Papers Proceedings of 3rd International Conference on Urban Planning - ICUP2020, Pages 171-178, 12-13.11.2020, Niš, Serbia, ISSN 2738-0548 (има 1 цитат-Google Scholar)
- [6] **Kostadinović D.**, Dimitrijević Jovanović D., Stepanić N., Petrović E., Development of Smart Capacitive Sensor for Continuous Real Time Soil Water Content Monitoring, Full Papers Proceedings of XV International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements, Pages 177-180, 9-10.9.2021, Niš, Serbia, ISBN 978-86-6125-243-3
- [7] Stevanović Ž., **Kostadinović D.**, Jovanović M., Bakić V., Stepanić N., The impact of green-roof on urban air quality, Full Papers Proceedings of the 52nd International HVAC&R Congress and Exhibition, Pages 113-120, 1-3.12.2021, Belgrade, Serbia, ISBN 978-86-85535-11-6
- [8] **Kostadinović D.**, Jovanović M., Bakić V., Nenad Stepanić N., Stevanović Ž, Mitigation of Urban Particulate Pollution using Lightweight Green Roof System, Digital Proceeding of 5th South East European Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems-SDEWES, Pages 1-19, 22-26.5.2022, Vlore, Albania, ISSN 2706-3682
- [9] **Kostadinović D.**, Dimitrijević Jovanović D., Randelović D., Jovanović M., Bakić V., Integration of Building Information Modeling (BIM) and Building Energy Modeling (BEM): School Building Case Study, Full Papers Proceeding of 20th International Symposium on Thermal Science and Engineering of Serbia-SIMTERM, Pages 305-315, 18-21.10.2022, Niš, Serbia, ISBN 978-86-6055-163-6

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљног прегледа докторске дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је докторска дисертација под називом **„Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења”**, кандидаткиње **Данке М. Костадиновић**, студенткиње Докторских студија, урађена према свим стандардима у научно-истраживачком раду, да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и да је у складу са Статутом и Правилником о Докторским студијама Универзитета у Београду, Машинског факултета. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидаткиња успешно завршила докторску дисертацију у складу са постављеним циљевима истраживања и да докторска дисертација представља самостални и оригинални научни рад са научним доприносима у области техничких наука, ужа научна област машинско инжењерство. Кандидаткиња је дошала до оригиналних научних резултата који су успешно и верификовани.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **„Утицај зеленог крова на енергетске карактеристике и енергетску ефикасност школске зграде као савремени приступ у проналажењу одрживих решења”**, кандидаткиње **Данке М. Костадиновић**, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду 25.4.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др **Маја Тодоровић**, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

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

др **Тамара Бајиц**, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др **Марина Јовановић**, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча”-
-Институт од националног значаја за Републику Србију

др **Вукман Бакић**, научни саветник
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча”-
-Институт од националног значаја за Републику Србију

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 398/5
Датум: 04.05.2023. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Правилника о докторским студијама, члана 64. Статута Машинског факултета - пречишћен 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 46. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 04.05.2023. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„УТИЦАЈ ЗЕЛЕНОГ КРОВА НА ЕНЕРГЕТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ЕНЕРГЕТСКУ ЕФИКАСНОСТ ШКОЛСКЕ ЗГРАДЕ КАО САВРЕМЕНИ ПРИСТУП У ПРОНАЛАЖЕЊУ ОДРЖИВИХ РЕШЕЊА“** студента **ДАНКЕ КОСТАДИНОВИЋ**, магист. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-4571/2-19 од 28.11.2019. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

Рад у међународном часопису изузетних вредности (M21a)

[1] **Kostadinović D.**, Jovanović M., Bakić V., Stepanić N., Todorović M., Experimental investigation of summer thermal performance of the green roof system with mineral wool substrate, Building and Environment, Volume 217, 1 June 2022, 109061, ISSN 1873-684X (online), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109061>, IF 7.503, Engineering, Civil 10/139 11 (12)

Рад у међународном часопису (M23)

[2] **Kostadinović D.**, Dimitrijević Jovanović D., Vučićević B., Jovanović M., Konjikušić S., Smart capacitive moisture sensor calibration in mineral wool and green roof soil substrate, Thermal Science, Volume 25, Year 2021, Issue 3 Part A, Pages 1827-1836, ISSN 2334-7163 (online), <https://doi.org/10.2298/TSCI200217228K>, IF 1.827, Thermodynamics 44/63

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за термотехнику и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић