

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Душана Игњатовића

Одлуком Наставно-научног већа Факултета бр. 01-2060/2-14.5 од 16.11.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Душана Игњатовића под насловом

ОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

На основу члана 98. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен Факултета”, бр. 80/80, 84/10, 88/12 и 89/12-пречишћен текст), а у вези са чланом 28. Правилника о докторским студијама (“Сл. билтен АФ”, бр. 81/08) и Одлуком Већа докторских студија Архитектонског факултета у Београду од 16. децембра 2013. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 23. децембра 2013. године, донело одлуку број 01-1970/2-8.23 којом је образована Комисија за оцену испуњености услова кандидата Душана Игњатовића, дипл. инж. арх. и теме докторске дисертације, под насловом **“ОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА”**, у саставу:

- Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Ана Радивојевић, члан комисије
Ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Александар Рајчић, члан комисије
Доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Бранислав Живковић, члан комисије
Редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

На основу члана 30. Закона о високом образовању (“Сл. Гласник РС”, бр 76/05, 100/07 – аутентично тумачење, 97/08, 44/10, 93/12 и 89/2013), а у вези са чланом 100. Статута

Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 80/80, 84/10 и 89/12), члановима 31-34. Правилника о докторским студијама Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 81/08) и сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 10. априла 2012. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној 04. марта 2014. године, донело одлуку број 01-324/2-10.16 да се Душану Игњатовићу, дипл. инж. арх., одобрава рад на теми докторске дисертације, под насловом **“ОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА”** и да се за ментора именује проф. др Милица Јовановић Поповић.

На основу члана 92. став 4. Статута Универзитета у Београду („Сл. гласник УБ“, бр. 162/2011 и 167/12) Наставно научно веће Факултета од 03.02.2014. године, доноси одлуку бр. 01-130/2-5.22. на лични захтев о продужењу рока за завршетак започетих студија до 28.02.2015. године. На предлог ментора Наставно научно веће Факултета 23.02.2015. године, одлуком бр. 01-243/2-5.10., одобрава продужење рока одбране докторске дисертације до 28.02.2016. године.

Новембра 2015. године, завршену докторску дисертацију кандидат, уз сагласност ментора, предаје на Веће докторских студија 09.11.2015. године.

На основу члана 101. и члана 102. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 80/08, 84/10, 88/12, 89/12-пречишћен текст и 98/14), члана 37. Правилника о докторским академским студијама (“Сл. билтен АФ”, бр. 102/14) и Одлуке Већа докторских студија Факултета од 09. новембра 2015. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 16. новембра 2015. године, донело одлуку број 01-2060/2-14.5 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Душана Игњатовића, дипл. инж. арх., под насловом **“ОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА”** у саставу:

- Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Ана Радивојевић, председник комисије
Ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Александар Рајчић, члан комисије
Доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- Др Бранислав Живковић, члан комисије
Редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научном пољу *Техничко-технолошких наука*, научној области *Архитектонске технологије*, односно ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда* за коју је Факултет матичан. Ментор предметне дисертације је др Милица Јовановић Поповић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду.

Списак радова који квалификују проф др Милицу Јовановић Поповић за ментора докторске дисертације:

1. **Јовановић Поповић, М.,Игњатовић, Д.**“Видети енергију“, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2011. ISBN 978-86-7924-049-1
2. **Јовановић Поповић, М.,Игњатовић, Д, Живковић, Б.** „Inclusion of new buildings in residential building typology, steps towards NZEBs exemplified for different European countries“, Chapter 3-16 Serbia, стр 239-254, Institut wohnen und umwelt GmbH, 2014, ISBN 978-3-941140-42-4
3. **Јовановић Поповић, М., et al,** “Атлас породичних кућа Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2012. ISBN 978-86-7924-074-3
4. **Јовановић Поповић, М., et al,** “Атлас вишепородичних зграда Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, 2013. ISBN 978-86-7924-101-6
5. **Јовановић Поповић, М., et al,** “Национална типологија стамбених зграда Србије”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, ГИЗ, Београд, ISBN 978-86-7924-102-3
6. **Јовановић-Поповић, М., Ћуковић, Н., Игњатовић, Д.** 2006. „Утврђивање потенцијала за побољшање енергетских карактеристика зграда применом термографије“, Архитектура и урбанизам бр. 18/19, стр. 18-27

1.3. Биографски подаци о кандидату

Душан Игњатовић је рођен 25.11.1969. године у Београду, где је завршио основну школу а потом математичку гимназију. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписао је 1991. године и дипломирао 1996. године са оценом 10 на дипломском раду. Током студија, стипендиста је Фондације за развој научног и уметничког подмладка а 1996. Године добио је Награду Универзитета у Београду за најбољег студента генерације.

Од 1996. године, започиње са активним радом у пракси, 1996-1997. Ради као пројектант сарадник, у „Енергопројект МДД Индустрија“ а потом прелази на Архитектонски факултет Универзитета у Београду где је:

1997-2001. Асистент-приправник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1 и групи предмета Пројектовање биоклиматске архитектуре.

2001-2005. Стручни сарадник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1 и групи предмета Пројектовање биоклиматске архитектуре.

2005-2009. Самостални стручни сарадник на Катедри за материјализацију архитектонског простора Архитектонског факултета Универзитета у Београду односно касније Департману за Архитектонске технологије Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1, Студио пројекат 2

2009.-до данас Доцент на Департману за Архитектонске технологије Архитектонског факултета Универзитета у Београду, на предметима Архитектонске конструкције 1, Студио пројекат 2, Зелена Архитектура.

Након завршених обука и положених испита, добио је дипломе: 2006. године као сертифицирани стручњак за термовизију (*Certified thermografer, ITC training center Stockholm*) а 2011. као сертифицикатор за ЛЕЕД (*LEED GA*).

2008. године уписао је Докторске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

Током читаве своје професионалне каријере, бави се паралелно и научним, и стручно уметничким радом. Учествује у националним и међународним научно-истраживачким пројектима. Као коаутор и као члан ауторског тима публикује више капиталних монографских издања и објављује бројне научне радове на конференцијама у земљи и свету. Аутор је великог броја изведених објеката и награђен на великом броју архитектонских конкурса.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је изложена на укупно 243 странице, од којих су 222 нумерисане, са 76 слика и 25 табела. Рад је подељен на 6 поглавља. Садржај рада дат је у наставку.

- Резиме са кључним речима (на српском језику)

- Резиме са кључним речима (на енглеском језику)

Садржај

Списак скраћеница, ознака и симбола

Списак и порекло слика и табела

I. УВОД

I.1 Претходна анализа информација о предмету и проблему истраживања

I.1.1. Анализа постојећег грађевинског фонда

I.1.2. Анализа топлотних губитака фасадних омотача стамбених зграда, нарочито употребом термовизијског снимања

I.1.3. Оптимизација енергетских перформанси стамбених зграда

I.2 Проблем и предмет истраживања

I.2.1. Полазни ставови о проблему истраживања

I.2.2. Предмет истраживања

I.2.3. Значај предмета истраживања

I.2.4. Операционо одређење предмета истраживања

I.3 Научни циљ истраживања

I.4 Задаци истраживања

I.5 Основне хипотезе

I.6 Методе истраживања

I.7 Очекивани резултати и њихова практична примена

II. ГРАЂЕВИНСКИ ФОНД СРБИЈЕ У ПЕРИОДУ 1945-2011.

II.1 Појам и систематизација

II.1.1. Национална типологија стамбених зграда

II.2 Прописи из области термичке заштите

II.3 Примењени техничко-технолошки системи, материјализација

II.4 Структура склопова – појавни облици, карактеристике, периодизација

II.4.1. Период 1946-1970

II.4.2. Период 1970-1987

II.4.3. Период 1987-2011

II.5 Трајност, одржавање и утицај на перформансе

III. МЕТОДА ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА

III.1 Дефиниција и историјат

III.2 Основни принципи и теоретске поставке

III.2.1. Електромагнетни спектар

III.2.2. Црно тело

III.2.3. Реална тела

III.3 Детекција долазног зрачења – мерења

III.3.1. Шема мерења

III.3.2. Опрема

III.4 Термограм

III.4.1. Графички приказ термограма - палета термограма

III.4.2. Температурни опсег

III.5 Могућности примене у архитектури

III.6 Начини коришћења методе термовизијског снимања

III.7 Ограничења и грешке примене методе

IV. ДЕФИНИСАЊЕ МЕТОДА ОЦЕНЕ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА

IV.1 Енергетска ефикасност и термичке перформансе омотача – принципи прорачуна

IV.1.1. Прорачун површинских трансмисионих губитака омотача

IV.1.2. Топлотни мостови

IV.1.3. Процена утицаја топлотних мостова на перформансе омотача

IV.2 Одређивање параметара енергетских перформанси омотача применом симулационих софтвера

IV.3 Одређивање параметара енергетских перформанси омотача применом термовизијског снимања

IV.3.1. Параметри од утицаја за примену методе термовизијског снимања

IV.3.2. Обрада термограма

IV.3.3. Могућности квантификације перформанси омотача применом термовизијског снимања

IV.4 Метод утврђивања перформанси компаративном анализом моделованих и измерених температурних вредности

IV.4.1. Симулација одабраног склопа

IV.4.2. Термовизијско снимање одабраног склопа

IV.4.3. Усаглашавање измерених и симулираних резултата

IV.4.4. Компарација измерених и симулираних вредности

IV.4.5. Тумачење одступања перформанси

IV.4.6. Квантификација уочених одступања

V. КАРАКТЕРИСТИЧНИ СКЛОПОВИ ФАСАДНИХ ОМОТАЧА И ЊИХОВЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ПЕРФОРМАНСЕ

V.1 Идентификација карактеристичних склопова

V.1.1. Период 1946-1970

V.1.2. Период 1970-1987

V.1.3. Период 1987-2011

V.2 Прорачунске вредности параметара енергетских перформанси

V.3 Симулационе вредности параметара енергетских перформанси

V.4 Измерене вредности параметара енергетских перформанси

V.5 Компаративна анализа моделираних и дијагностикованих вредности

VI. ЗАКЉУЧАК

Литература
Биографија аутора

2.2. Генерална структура докторске дисертације, кратак приказ појединачних поглавља

Материја истажена током рада на докторској дисертацији излаже се у три основна дела: Увод, Научно истраживање и Закључак а структуру рада чине 6 поглавља: Увод, Грађевински фонд Србије у периоду 1945-2011., Метода термовизијског снимања, Дефинисање метода оцене перформанси омотача стамбених зграда, Карактеристични склопови фасадних омотача и њихове енергетске перформансе и Закључна разматрања

У **уводном делу** се разматрају проблем и предмет истраживања, дефинишу и описују научне методе истраживања, износи сврха истраживања, наводе очекивани резултати, утврђује њихова практична примена и даје критички осврт на досадашња истраживања из релевантне научне области.

Средишњим делом је представљена **експликација научног истраживања** и он се састоји из четири поглавља:

Прво поглавље под називом „*Грађевински фонд Србије у периоду 1945-2011.*“ се, у ствари, бави детаљнијим дефинисањем предмета истраживања. Овде се анализира структура грађевинског фонда, његове генералне техничко технолошке карактеристике, примењени системи изградње и начини материјализације. У овом поглављу се такође даје и процена стања зграда у смислу степена одржаности, односно евенуталних унапређења перформанси.

Метод термовизисјког снимања, теоретске поставке на којима се базира и основни принципи су садржај другог поглавља. Овде се анализира и обухват коришћења методе у архитектури, поља примене и, нарочито, примена у циљу испитивања енергетских перформанси.

Дефинисање метода оцене перформанси омотача стамбених зграда је наслов следећег поглавља које представља суштину истраживачког процеса. Овде се дефинишу теоретске основе и практичне поставке на основу којих је формиран нови метод оцене перформанси базиран на комбинацији принципа термовизијског снимања омотача стамбених зграда и симулирања перфоманси применом 2Д нумеричког модела. Даје се преглед најзначајнијих утицајних фактора, њихових релација, детаљно објашњење метода, начин и основни алгоритам примене, са предлогом валоризације резултата.

Карактеристични склопови фасадних омотача и њихове енергетске перформансе је наслов поглавља у коме се прво идентификују карактеристични склопови фасадних омотача да би се њихове карактеристике проверавале класичним прорачуном (према Правилнику о енергетској ефикасности, односно одговарајућим СРПС стандардима), методом 2Д симулација (коришћењем одговарајућег софтвера *TStudio*) и непосредним истраживањем на терену применом методе термовизијског снимања. Потом се приказује процес анализе добијених термограма у складу са развијеним методом постављеним поставкама анализе.

Илуструје се процес студије случаја и даје преглед анализираних склопова са компаративном анализом прорачунских, моделираних и дијагностикованих вредности.

У закључном делу се доносе закључци проистекли из научног истраживања, своде резултати и доказује могућност практичне примене. Такође се указује на потенцијалне нерешене проблеме како на теоретском тако и на практичном плану и идентификују правци даљег истраживања.

На крају рада библиографски подаци (примарни и секундарни извори и општа литература).

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У тренутку када је цео свет суочен са чињеницом да је деловање људи кроз потрошњу необновљивих извора енергије и огромна загађења која из тога произлазе, узроковао климатске промене са несагледивим последицама по планету, неопходно је усмерити активности ка квалитету грађевинског фонда који је највећи потрошач укупно произведене енергије код нас. Мада најновији подаци говоре да је потрошња енергије у зградама у Европској Унији пала испод 40%, услед економске кризе која је резултовала смањењем рада индустрије и смањењем транспортних активности, у Србији тај проценат се креће око 60%.

Како обезбеђење комфора корисника представља услов од кога се не може одступити, то је познавање структуре и квалитета грађевинског фонда основ за процену могућности деловања и побољшања квалитета становања, уз истовремено постизање смањења потрошње енергије и смањење емисије угљен диоксида. Ова дисертација се бави формирањем методологије и модела оцене квалитета грађевинског фонда стамбених зграда применом нових техника као што је термовизија. Од појаве термовизијске камере до данас, њена примена је проширена и на грађевинарство без истовременог ширења теоријске подлоге, нарочито на елементе и индикаторе који утичу на сигурност добијених резултата, тако да често добијени резултати могу да буду погрешно протумачени.

Као посебну вредност ове тезе треба истаћи да се код нас, до сада, нико није бавио теоријском проценом вредности резултата добијених термовизиским снимањем зграда а треба истаћи да су и у свету малобројни теоријски радови на ову тему. Одатле вредност ове дисертације представља пионирски рад из ове области и омогућиће даља бројна истраживања, али и правилна вредновања и процене квалитета грађевинског фонда у пракси.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидат је у оквиру докторске дисертације користио изузетно обимну литературу и разне примарне и секундарне изворе, стандарде и прописе као и изворе доступне на интернету. Истраживање кандидата је засновано на теоријској литератури која се односи на карактеристике и развој грађевинског фонда, формирање типологије стамбених зграда али у великој мери и на теоријске поставке и развој методе термовизије на основу кога се, кроз поређења са математским симулацијама, формира методологија оцене квалитета зграда која је и предмет тезе. Избор библиографских јединица указује на то да је кандидат упознат са кључним публикованим истраживањима и резултатима, као и са ретким, актуелним изворима

у области коју истражује, и да на одговарајући начин користи изворе за аргументацију својих ставова у области коју истражује.

Као најзначајнији извори коришћени у истраживању издвајају се:

- Albatici, R. Tonelli, A. Chiogna, M. (2015) A comprehensive experimental approach for the validation of quantitative infrared thermography in the evaluation of building thermal transmittance, *Applied Energy* no. 141, pp. 218–228
- Asdrubali, F. Baldinelli, G. Bianchi, F. (2012) A quantitative methodology to evaluate thermal bridges in buildings, *Applied Energy*, no. 97, pp.365–373
- Assessing thermal bridging and insulation continuity (UK example) – Technical note, UK Thermography Association, Northampton: British Institute of Nondestructive Testing –BINDT
- Balaras, C. Argitiou, A. (2002) Infrared thermography for building diagnostics *Energy and Buildings*, no 34, pp. 171-183
- Van De Vijver, S. Steeman, M. Van Den Bossche, N. Carbonez, K. Janssens, A. (2014) The influence of environmental parameters on the thermographic analysis of the building envelope, paper presented at 12th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography (QIRT 2014), downloaded from: <https://biblio.ugent.be/publication/5672069/file/5672070>
- Vavilov, P. V. (2010) A Pessimistic View of the Energy Auditing of Building Structures with the Use of Infrared Thermography, *Russian Journal of Nondestructive Testing*, Vol. 46, No. 12, pp. 906–910.
- Viliems, V., Shield, K., & Dinter, S., (2006). *Грађевинска физика*, Београд: Грађевинска књига
- Vollmer, M. Moellmann, K. P, (2010) *Infrared Thermal Imaging – Fundamentals, Research and Application*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co,
- Wagner, H. (2011) *Thermographie*, Koln: Rudolf Müller GmbH & Co. KG,
- Grinzato, E., Vavilov, V. Kauppinen, T. (1998) Quantitative infrared thermography in buildings, *Energy and Buildings*, no. 29, pp. 1-9
- Ђукановић, Љ. (2015) *Типологија и валоризација грађевинске структуре стамбених зграда Београда са становишта комфора становања*, Докторска дисертација одбрањена на Архитектонском факултету Универзитета у Београду, 2015.
- Erhorn, H. et al. (2010) An effective Handling of Thermal Bridges in the EPBD context, Final report of the IEE ASIEPI Work on Thermal Bridges, ASIEPI, Интернет публикација, доступно на сајту www.asiepi.eu, приступљено 24.8.2015.
- Ibarra Castanedo, C. (2005) *Quantitative subsurface defect evaluation by pulsed phase thermography: depth retrieval with the phase*, Докторска дисертација одбрањена на Универзитету Лавал, Квебек, Канада, 2005, (<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/23016/23016.html>, приступљено 1.8.2015.)
- Јовановић Поповић М. Игњатовић Д. (ур), (2013а). *Национална типологија стамбених зграда Србије - Националне брошуре*, Београд: GIZ
- Јовановић Поповић, М. Игњатовић Д. (ур), (2013б). *Национална типологија стамбених зграда Србије/National Typology of Residential Buildings in Serbia*, Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)
- Јовановић-Поповић, М. (ур), (2003). *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, Београд: Архитектонски факултет
- Јовановић-Поповић, М. Игњатовић, Д. (2003). Концепт методологије структурирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације, у Јовановић-Поповић, М. (ур.), *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, (стр. 1-24). Београд: Архитектонски факултет
- Lehmann, B. Ghayi Wakili, K. Frank, Th. Vera collado B, Tanner Ch. (2013) Effects of individual climatic parameters on the infrared thermography of buildings, *Applied Energy*, no. 110, pp. 29-43

- Maldague, X. (2001) Theory and Practice of Infrared Technology for Nondestructive Testing, Wiley-Interscience, London
- Novicki, A. (2004) Infrared thermography volume two – Applications, Northampton: Bindt – British institute of Non-Destructive Testing
- Ohlsson, K.E.A. Olofsson, B. (2014) Quantitative infrared thermography imaging of the density of heat flow rate through a building element surface, Applied Energy no.134, pp. 499-505
- Palyvos, J.A. (2008) A survey of wind convection coefficient correlations for building envelope energy systems' modeling, Applied Thermal Engineering no.28, pp. 801–808
- Радивојевић, А. (2003) Искусства и правци развоја стандарда из области термичке заштите код нас и у свету, у Јовановић-Поповић, М. (ур.), *Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*, (стр. 1-24). Београд: Архитектонски факултет
- Рајчић, А. (2011). *Методe пројектовања и симулације термичких мостова у архитектонским објектима*, Докторска дисертација, Одбрањена на Архитектонском факултету универзитета у Београду 2011.
- Rogalski, A. Chrzanowski, K. (2002) *Infrared devices and techniques*, Opto-Electronics Review no.10 issue no.2, pp. 111-136. Berlin: DeGruyter
- Schoch, T. (2012) Neuer Warmebrückenatlas, Beispiele und Erläuterungen nach DIN 4108 Beiblatt 2, Berlin: Beuth Verlag GmbH
- TABULA - Typology Approach for Building Stock Energy Assessment– Use of Building Typologies for Energy Performance Assessment of National Building Stocks. Existent Experiences in European Countries and Common Approach , IWU – Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt, web publication, <http://www.building-typology.eu>
- Tanner, C. Lehmann, B. Frank, T. (2011) Energetische Beurteilung von Gebäuden mit Thermografie und der Methode Quali Thermo, Erdgenossisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation: Bundesamt für Energie
- Taylor, T. Counsell, J. Gill S. (2014) Combining thermography and computer simulation to identify and assess insulation defects in the construction of building facades, Energy and Buildings, no.76. pp.130-142
- Медвед С. (2011) Грађевинска физика, Нови Пазар: Државни универзитет у Новом Пазару
- FLIR (2004), Flir ThermaCAM B20 operators manual, Publication No. 1 557 948 Rev. a 62, Danderyd: FLIR Systems AB
- FLIR (2006), Flir Buildng module, user manual, Publication No. 1560205 Danderyd: FLIR Systems AB
- FLIR (2009), Flir Quick Reporter ver. 1.2, user manual, Publication No. 1558629 Rev. a 362, Danderyd: FLIR Systems AB
- FLIR (2012), Flir Reporter pro Ver 9, user manual, Publ. No. 1558567, rev. 3020, Danderyd: FLIR Systems AB
- Fokaides, P. Soteris, K. (2011) Application of infrared thermography for the determination of the overall heat transfer coefficient (U-Value) in building envelopes, Applied energy, no 88, pp. 4358–4365
- Fouad, N.. Richter, T. (2012) Leitfaden Thermografie im Bauwesen, Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag
- Fox, M. Coley, D. Goodhew, S. De Wilde, P. (2014) Thermography methodologies for detecting energy related building defects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, no.40, pp. 296–310

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У првом делу рада, на основу спроведене анализе садржаја научно-стручне литературе, направљена је класификација стамбеног фонда Србије. Као полазиште коришћена је Типологија стамбених зграда Србије, чији је један од аутора и кандидат, да би се затим, на основу индикатора релевантних за анализе термографије, типологија прилагодила потребама овог истраживања и дефинисала информациону основу о типским случајевима материјализације стамбених објеката и њиховом развоју. У овом делу истраживања примењен је поступак критичке анализе, селекције и систематизације одабраних система материјализације на основу метода класификације према утврђеним параметрима.

На основу спроведене анализе грађевинског фонда и индентификације типичних случајева, карактеристичних у нашој свакодневној пракси а код којих се могу очекивати промене у топлотном флуксу, дефинисани су типични, репрезентативни узорци . Утврђени су такође, критеријуми на основу којих ће се вршити валоризација добијених резултата моделског испитивања.

Извршено је дефинисање новог аналитичко-истажног модела базираног на примени термовизијског снимања и нумеричке симулације. Нови модел је тестиран репрезентативним карактеристичним склоповима фасадних омотача а према раније формулисаним временским класама. За сваки од случајева су израчунате карактеристике на основу важећих прописа, принципа нумеричке симулације перфоманси и принципа термовизијског снимања. Добијени резултати су квантификовани преко одговарајућих температурних профила који су касније испитивани новодефинисаним методом.

У завршној фази истраживања, на основу резултата појединачних истраживања, односно спроведених прорачуна дефинисаних модела, валоризовани су добијени резултати применом критеријумске анализе и дефинисани параметри који обезбеђују валидне услове за оцену квалитета фасадних система применом термографије.

Методом синтезе су изведени закључци који дају одговоре на све постављене хипотезе. Закључцима су такође, дефинисане смернице и отворена поља за будућа истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Примена резултата остварених у овој докторској тези је изузетно широка. Поља примене су оцена квалитета грађевинског фонда стамбених зграда, што је и дефинисано обимом истраживања кроз дефинисање типских случајева. Али, будући да се овакав облик конструкције среће и код других намена зграда, може се рећи да је применљивост истраживања изузетно широка и превазилази постављене оквире. Одатле, примена резултата добијених у оквиру рада на овој тези може да се екстрапољује на све масивне зграде и то без географских ограничења.

Осим коришћења у виду упутства и препорука за даљу примену термовизије у зградасрству, резултати могу да усмере даља истраживања ка промени свакодневне грађевинске праксе како би се градиле зграде, квалитетније са спекта комфора али и по нивоу њихове енергетске ефикасности.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Предметна докторска дисертација показује да кандидат поседује изузетну способност за самосталан научно-истраживачки рад, што се огледа у консултовању релевантне литературе и повезивању знања из области архитектуре, са фундаменталним и примењеним законима физике, што представља јединствен спој, све неопходнији у свакодневној пракси са процесом усложњавања конструкција, увођењем нових материјала и све оштријим захтевима на које омотач зграде мора да одговори.

Кандидат влада вештинама употребе разних научних метода истраживања у поменутих областима, почев од критичке теоријске анализе, анализе садржаја разних извора, метода прикупљања и обраде података, термовизијског снимања, математског моделирања, компаративне анализе и синтезе и интерпретације резултата истраживања. Кандидат је кроз формирану методологију и концептуални оквир истраживања показао изузетну способност дефинисања и обраде специфичне теме.

Значајан показатељ способности кандидата за самосталан научни рад произилази и из бројних радова из шире области дисертације публикованих у врхунским међународним часописима са SCI листе, коауторство на већем броју књига, чланака и радова на конференцијама код нас и у свету.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси предметног истраживања су:

- дефинисање историјског развоја колективног становања у периоду после Другог светског рата и систематизација типова стамбених зграда са аспекта релевантног за предмет истраживања, првенствено са аспекта типолошких одредница које се базирају на урбанистичким, структурним и материјално технолошким карактеристикама.
- развој новог модела за утврђивање квалитета стамбених зграда насталих у различитим периодима и изграђених различитим техникама грађења уз примену различитих материјала, базираног на комбиновању симулационих математских модела и применени термовизије
- дефинисање критеријума који омогућавају валидирање резултата добијених термовизијским снимањем, дефинисања опсега њихове релевантности код вредновања и класификације добијених резултата
- закључци који, као резултат компаративне анализе добијених резултата применом термографије и математског моделирања, указују на степен релевантности добијених резултата употребом термовизијских снимака и формулишу принципе, ограничења и начине даљег развоја њихове примене у зградарству код оцене квалитета стамбених зграда.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Научни доприноси који су остварени у дисертацији представљају унапређење научних знања, с обзиром да се први пут код нас сагледава оцена квалитета термичког омотача применом методе термовизије

Идентификацијом основних одлика типичних конструктивних система и склопова у анализираним периодима развоја стамбеног фонда Србије, на основу којих су дефинисани модели типичних конструкција стамбених зграда колективног становања, омогућена је

систематизована компаративна анализа добијених резултата математским моделирањем, као комплементарног система за оцену вредности добијених системом термовизијског система. Ово је омогућило да се дефинишу ограничења, односно да се дефинишу услови под којима термовизија даје валидне резултате за оцену квалитета грађевинског фонда стамбених зграда.

Даљим дефинисањем критеријума за вредновање и класификацију добијених резултата, омогућено је оцењивање добијених резултата појединачних репрезентних модела. Квалитет и квантитет овако добијених резултата омогућава утврђивање закључака о квалитативним карактеристикама стамбеног фонда. Ипак, као главни допринос ове тезе треба истаћи развој новог метода који омогућава верификацију примене методе термовизије код оцене квалитета фасада стамбених зграда, дефинисање услова њене валидности као и принципа и ограничења у њеној примени чиме дисертација даје нови, оригинални допринос методологији вредновања стамбених зграда уопште.

4.3. Верификација научних доприноса

Монографске публикације међународног значаја

M14

- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Stanković B. (2015) Chapter 3.7 <RS> Serbia, in Stein B., Loga T., Diefenbach N. (Eds.) *Scenario Analyses Concerning Energy Efficiency and Climate Protection in Local Residential Building Stocks: Examples from Eight European Countries, EPISCOPE Synthesis Report No.2 (Deliverable D3.4)*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH/Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany, pp. 59-66.
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Stanković B. (2015) Chapter 2.15 <RS> Serbia, in Stein B., Loga T., Diefenbach N. (Eds.) *Tracking of Energy Performance Indicators in Residential Building Stocks: Different Approaches and Common Results, EPISCOPE Synthesis Report No.4 (Deliverable D4.4)*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH/Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany, pp. 71-76.
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Živković B. (2014) Chapter 3.16 <RS> Serbia, in Stein B., Loga T., Diefenbach N. (Eds.) *Inclusion of New Buildings in Residential Building Typologies: Steps Towards NZEBs Exemplified for Different European Countries*. Institut Wohnen und Umwelt GmbH/Institute for Housing and Environment, Darmstadt, Germany, pp. 239-254.
- Mijić M., Radivojević A., Šumarac pavlović D., Mašović D., Jovanović Popović M., Ignjatović D., Rajčić A. (2014) Chapter 22: Serbia, in Rasmussen B., Machimbarrena, M. (Eds.) *Building acoustics throughout Europe Volume 2: Housing and construction types country by country*. COST Action TU0901. pp.374-387.

Монографске публикације националног значаја

M48

- Јовановић Поповић М., Игњатовић Д. (ур.) (2013). *Национална типологија стамбених зграда Србије/National Typology of Residential Buildings in Serbia*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)
- Јовановић Поповић М., Игњатовић Д. (ур.) (2013). *Атлас вишепородичних зграда Србије/Atlas of Family housing in Serbia*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)

- Јовановић Поповић М., Игњатовић Д. (ур.) (2012). *Атлас породичних кућа Србије/Atlas of Family housing in Serbia*. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду и GIZ (двојезично издање)

М41

- Јовановић-Поповић М., Игњатовић Д. (2011) *SEEING ENERGY - Видети енергију*. Београд: Архитектонски факултет

М44

- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N., Stanković B. (2012) Thermography and Energy Performance of Belgrade Building Stock, in *Mako, V. (ed.), Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations*. Belgrade: Faculty of Architecture University of Belgrade. (pp. 219-241)
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. (2011) Green Building Certification Systems in Serbian Housing Practice - the Scope of Application in Design Processes and Refurbishment, in *Mako, V. (ed.), Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations*. Belgrade: Faculty of Architecture University of Belgrade. (pp. 212-229)
- Rajčić A., Ignjatović D. (2011) Housing in Serbia and regulations on energy efficiency – Serbia on the way to the European Union, in *Mako, V. (ed.), Housing Development in Serbia in the Context of Globalization and Integrations*. Belgrade: Faculty of Architecture University of Belgrade. (pp. 194- 211)
- Ћуковић Игњатовић Н., Игњатовић Д. (2005) Могућност доградње у подужном и попречном правцу, у *Јовановић-Поповић, М. (ур.), Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 2*. Београд: Архитектонски факултет. (стр. 115-132)
- Јовановић Поповић М., Радивојевић А., Игњатовић Д. (2005) Анализа ограничења у контексту могућих нивоа енергетске оптимизације, у *Јовановић-Поповић, М. (ур.), Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 2*. Београд: Архитектонски факултет. (стр. 3-23)
- Јовановић-Поповић М., Игњатовић Д. (2005) Формирање алгоритма енергетске оптимизације, у *Јовановић-Поповић М. (ур.), Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 2*. Београд: Архитектонски факултет. (стр. 167-180)
- Јовановић-Поповић М., Игњатовић Д. (2003) Концепт методологије структурирања грађевинског фонда са аспекта енергетске оптимизације, у *Јовановић-Поповић, М. (ур.), Енергетска оптимизација зграда у контексту одрживе архитектуре - део 1*. Београд: Архитектонски факултет. (стр. 1-24)
- Јовановић-Поповић М., Игњатовић Д. (1999) Принципи деловања у контексту одрживе архитектуре и урбанизма", у *Ружица Богдановић (ур.) Стратегије и методе за унапређење квалитета окуржења у компакт градовима*. Београд: Друштво урбаниста Београда, Урбанистички завод. (стр.147-160)

М49

- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (ур) (2014) *Use-Re-Use: New Belgrade*, publication for the Venice Biennale Workshop on Adaptive Re-Use of The Modernist Projects in the City, June 7. University of Belgrade – Faculty of Architecture.
- Јовановић М., Игњатовић Д. (ур) (2013) Национална типологија стамбених зграда Србије - Националне брошуре, Београд: GIZ.

- Игњатовић Д., Ђуковић Игњатовић Н. (2012) Атлас енергетских карактеристика омотача грађевинских објеката у Београду. Београд: Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја

M21

- Ignjatović D., Jovanović Popović M., Kavran J. (2015) Application of sunspaces in fostering energy efficiency and economical viability of residential buildings in Serbia. *Energy and Buildings*, Vol.98, pp.3-9. [doi:10.1016/j.enbuild.2015.02.049](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.02.049)
- Ђуковић Игњатовић Н., Игњатовић Д., Станковић В. (2015) Possibilities for energy rehabilitation of typical single family house in Belgrade—Case study. *Energy and Buildings* (In Press), pp.1-9. [doi:10.1016/j.enbuild.2015.08.010](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.010)

M22

- Ђуковић-Игњатовић Н., Игњатовић Д. (2006) Possibilities for Upgrading the Existing Building Stock in Belgrade. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Emerald, Vol. 17 No. 5, pp. 527-537.

M24

- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Ђуковић Игњатовић Н., Radivojević A. (2007) Rehabilitation Project of an Apartment Building in Belgrade, Serbia. *Spatium* No. 15-16, pp. 60-65
- Jovanović Popović M., Radivojević A., Ignjatović D., Elezović M. (2006) Attic Extension and thermal renovation of the residential building (Case study). *Spatium* No.13-14, pp. 41-46.

Радови објављени у научним часописима националног значаја

M51

- Јовановић-Поповић М., Ђуковић Н., Игњатовић Д. (2006) Утврђивање потенцијала за побољшање енергетских карактеристика зграда применом термографије. *Архитектура и урбанизам бр. 18/19*, стр. 18-27.

Радови објављени у зборницима скупова националног значаја

M63

- Игњатовић Д., Ђуковић Игњатовић Н., (2013). Примена термовизијског снимања у процени енергетске ефикасности зграда, у оквиру *Мурављов М., Стевановић Б. (ур), Савремени поступци санације грађевинских објеката*, (стр. 63-81) Београд: Удружење Изградња и Грађевински факултет (рад изложен усмено у целини).
- Поповић-Јовановић, М., Игњатовић, Д., (2005). Карактеристике грађевинског ресурса у контексту енергетске оптимизације, у *Проф. др Д. Шумарац (ур.), Енергетска ефикасност зграда*, (стр. 59-67). Београд: Грађевински факултет (рад изложен усмено у целини)
- Поповић-Јовановић, М., Игњатовић, Д., (2005). Карактеристике грађевинског фонда Београда, у оквиру *Проф. др Д. Шумарац (ур.) Енергетска ефикасност зграда*, (стр. 67-77.), Београд: Грађевински факултет (рад изложен усмено у целини)

Радови објављени у зборницима међународних научних скупова

М31

- Jarczynski, L. Ignjatović, D. (2013) *Building Typology and Data Management System in Serbia*. Instruments for Calculating, Measuring and Reporting Emissions in 14th Climate Technology Initiative (CTI) Workshop, CTI on behalf of Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU), invited speakers.
- Ignjatović, D. (2013) *TABULA project in Serbia*. Policies and Financing Schemes for Energy Efficiency in Buildings, European Commission – Workshop, invited speaker.

М33

- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Stanković B. (2015) Dometi primene nacionalne tipologije stambenih zgrada na lokalnom nivou. XI Međunarodni naučno stručni skup Savremena teorija i praksa u graditeljstvu; Banja Luka 14.-15.maj 2015. pp. 417-427.
- Vasović D., Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2015). Municipality policy as key factor for the role of architecture and technology in public health, in *Places and Technologies 2015, Keeping up with technologies to make healthy places*, Nova Gorica, Slovenia, 18.-19.06. 2015 Book of Conference Proceedings. Ljubljana: Faculty of Architecture. pp.248-254.
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Stanković B. (2014) LEED in academic architecture courses, u *Proceedings / Simposium Instalacije & Arhitektura*. December 4, Belgrade, Faculty of Architecture, pp. 92-96. (rad izložen usmeno u celini)
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Stanković B. (2014) Refurbishment for energy efficiency of housing building stock built before 1919 in Serbia, in *Proceedings of the 12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment, June 29 – July 3, 2014, Skiathos island, Greece*. Stevens Institute of Technology, USA, Department of Civil Engineering, University of Thessaly, Greece, Department of Planning and Regional Development, University of Thessaly, Greece. pp. 1157-1166. (rad izložen usmeno u celini)
- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N., Stanković B. (2014). Energy performance of Belgrade residential buildings – Investigation, quantification and improvement potential. *SGEM Scientific Papers DataBase - 14th GeoConference on NANO, BIO AND GREEN – TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE – Conference proceedings - Volume 2 - Green building technologies and materials, Green design and sustainable architecture*, Albena, Bulgaria, June 17-26 2014. (pp. 121-128) (рад изложен усмено у целини) DOI: 10.5593/SGEM2014/B62/S26.016
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Nedić M. (2014). Sustainability aspects and energy optimization potential of multifamily socialist - period housing in Serbia. *SGEM Scientific Papers DataBase - 14th GeoConference on NANO, BIO AND GREEN – TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE – Conference proceedings - Volume 2 - Green building technologies and materials, Green design and sustainable architecture*, Albena, Bulgaria, June 17-26 2014. (pp. 637-644) (рад изложен усмено у целини) DOI: 10.5593/SGEM2014/B62/S27.082
- Nedić M., Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2014). Reusing and recycling potential of Serbian housing stock. *SGEM Scientific Papers DataBase - 14th GeoConference on NANO, BIO AND GREEN – TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE – Conference proceedings - Volume 2 - Green building technologies and materials, Green design and sustainable architecture*, Albena, Bulgaria, June 17-26 2014. (pp. 267-274) (рад изложен усмено у целини) DOI: 10.5593/SGEM2014/B62/S26.035

- Ignjatović D., Rajčić A., Ćuković Ignjatović N. (2014). Estimation of thermal performance of typical building envelopes in Serbia using infrared thermography. SGEM Scientific Papers DataBase - 14th GeoConference on NANO, BIO AND GREEN – TECHNOLOGIES FOR A SUSTAINABLE FUTURE – Conference proceedings - Volume 2 - Green building technologies and materials, Green design and sustainable architecture, Albena, Bulgaria, June 17-26 2014. (pp. 137-144) (rad izložen usmeno u celini) DOI: 10.5593/SGEM2014/B62/S26.018
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. (2013) Some Aspects of Energy Improvements of Housing Stock Built through Directive Housing Strategy, u *Ćosic, G. (Ed.) Instalacije & Arhitektura*, Beograd (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku).
- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N., Jovanović Popović M. (2013) National Building Typology as a Source for the Adequate Rehabilitation Policy, u *Đurović, M. (ur.) Zbornik radova sa konferencije Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Podgorica (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku).
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2013) TABULA based methodology for estimation of energy savings potential on local level, u *Đurović, M. (ur.) Zbornik radova sa konferencije Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Podgorica (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku).
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2013) Residential Buildings Typology in Serbia and Strategic Aspects of Sustainable Development, u *Vujošević, M. Miljić, S., (ed.) International scientific conference regional development, spatial planning and strategic governance - RESPAG 2013*. (pp. 962-975.) (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku).
- Jovanović Popović M., Ignjatović D. (2012) Serbia – Results Today/Tomorrow, in *Jovanović Popović, M. Stanković, M. (ed.) International Conference on Building Typology Approach for Building Stock Energy Efficiency Assessment and Improvement in Serbia*. (pp.68-79), Belgrade: Faculty of Architecture – GIZ, (rad izložen usmeno u celini).
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Stanković B. (2012). LEED certification system and Serbian building and design practice, in *Amoêda, R., Mateus, R. Bragança, L., Pinheiro, C. (Ed.) BSA 2012 Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*, (pp. 231-240) Porto: Green Lines Institute, (rad izložen usmeno u celini).
- Stanković B., Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. (2012) Influence of LEED certification on the development of Serbian building market in the state of crisis and transition, in *Amoêda, R., Mateus, R. Bragança, L., Pinheiro, C. (Ed.) BSA 2012 Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment*, (pp. 357-364) Green Porto: Lines Institute, (rad izložen usmeno u celini).
- Ćuković Ignjatović N., Jovanović Popović M., Ignjatović D. (2011) Dometi primene sretifikacionih sistema “zelenih zgrada” u svakodnevnoj praksi izgradnje zgrada u Srbiji, u *Đurović, M. (ur.) Zbornik radova sa konferencije Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Budva, pp. 233-243 (rad izložen usmeno u celini).
- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N., Jovanović Popović M. (2011) Primene termovizije kao metoda ocene kvaliteta stambenih zgrada, u *Đurović, M. (ur.) Zbornik radova sa konferencije Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Budva, pp. 251-266 (rad izložen usmeno u celini).
- Jovanović Popović M., Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2011) Strategija formiranja nacionalne tipologije izgrađenih stambenih zgrada u Srbiji, u *Đurović, M. (ur.) Zbornik*

radova sa konferencije *Obnovljivi izvori energije i energetska efikasnost*, Budva, pp. 245-250 (rad izložen usmeno u celini).

- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Stanković B. (2011) Tools and methods for energy efficiency evaluation in process of architectural design, u *Ćosić, G. (Ed.) Instalacije & Arhitektura, zbornik radova*. Beograd, pp. 221-226 (rad izložen usmeno u celini).
- Stanković B., Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. (2011) Development of sustainable building practices - some aspects of LEED implementantion in Serbia, in *Ćosić, G. (Ed.) Instalacije & Arhitektura, zbornik radova*. Beograd, pp. 51-56 (rad izložen usmeno u celini).
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D. (2007) Possibilities for Upgrading Prefabricated Concrete Building Envelopes, in *CISBAT 2007 International Scientific Conference Proceedings*, Lausanne pp. 61-66 (rad izložen usmeno u celini).
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., (2006) Some Possibilities of Extensions in Building Renovation, in *Compagnon, R., Haefeli, P., Weber, W. (Ed.), Clever Design, Affordable Comfort - a Challenge for Low Energy Architecture and Urban Planning*, PLEA 2006 conferenece proceedings, Geneva, pp. II-729-734 (rad izložen usmeno u celini)
- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović, D. (2005) Possibilities for Upgrading the Existing Building Stock in Belgrade, in *Proceedings of SD-Med 2005 International Conference, Athens*. (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku)
- Ignjatović, D., Ćuković-Ignjatović, N. (2005) Methodology for Sustainable Refurbishment of Housing in Belgrade Region, in *Proceedings of SD-Med 2005 International Conference, Athens*. (rad izložen usmeno u celini, zbornik radova štampan u elektronskom obliku)
- Ćuković-Ignjatović N., Ignjatović D. (2004) Facade Refurbishment – Improving the Energy Performance of the Existing Building Stock in Belgrade, in *de Wit, M.H. (Ed.) Built Environments and Environmental Buildings, PLEA 2004 Conference Proceedings, Eindhoven*. pp. II 1025-1030 (rad izložen usmeno u celini)
- Ignjatović D., Ćuković Ignjatović N. (2004) Relation between Energy and Durability in the Context of Sustainability, in *de Wit, M.H. (Ed.) Built Environments and Environmental Buildings, PLEA 2004 Conference Proceedings, Eindhoven*. pp. II 1073-1078 (rad izložen usmeno u celini)

M34

- Ćuković Ignjatović N., Ignjatović D., Jovanović Popović M. (2013) National Residential Building Typology and Energy Efficiency Strategies, in *Ivanyi. P (ed) Architectural, Engineering and Information Sciences 9th International PhD and DLA Symposium Abstracts Book*. Pecs: University of Pecs – Pollack Mihaly Facutly of Engineering and Information Technology. p.35. (rad izložen usmeno u celini)
- Ignjatović D., Jovanović Popović M., Ćukovic Ignjatovic N. (2013) (2013) National Residential Building Typology and Energy Efficiency Strategies, in *Ivanyi. P (ed) Architectural, Engineering and Information Sciences 9th International PhD and DLA Symposium Abstracts Book*. Pecs: University of Pecs – Pollack Mihaly Facutly of Engineering and Information Technology. p.66. (rad izložen usmeno u celini)
- Vasović D., Ignjatović D., Božović R., Ćuković Ignjatović N., Popović V. (2008) *Pilot project of passive house settlement in Serbia*. Passive House Symposium, Brusseles (poster).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу анализе дисертације кандидата Душана Игњатовића, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са одобреном темом. Дисертација задовољава научне критеријуме и пружа научни допринос ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда*, као и развоју нових методологија и примени резултата истраживања у пракси. Примена оригиналних резултата се првенствено односи на дефинисање услова и критеријума као и ограничења за процену валидности добијених резултата код оцена квалитета фасада стамбених зграда.

Кандидат је показао способност за научно-истраживачки рад кроз рад на самој дисертацији, учествовањем на међународним пројектима ТАБУЛА и ЕПИСКОП, већем броју националних научно-истраживачких пројеката и објављеним научним и стручним радовима у међународним и домаћим периодичним публикацијама и зборницима радова са међународних и домаћих конференција.

На основу напред наведеног, Комисија предлаже Научно-наставном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **“ПРОЦЕНА ЕНЕРГЕТСКИХ ПЕРФОРМАНСИ ОМОТАЧА СТАМБЕНИХ ЗГРАДА МЕТОДОМ ТЕРМОВИЗИЈСКОГ СНИМАЊА”** кандидата Душана Игњатовића, дипл.инж.арх. прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 18.12.2015. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Милица Јовановић Поповић, ментор
Редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Др Ана Радивојевић,
Ванредни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Др Александар Рајчић
Доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду

Др Бранислав Живковић,
Редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду