

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

Бр. 01112149

21.06 2016 год.  
КРАГУЈЕВАЦ

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену писаног дела и јавну одбрану докторске дисертације кандидата **Андреје М. Стефановића**, дипл. маш. инж.

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-433/19 од 15.06.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж. под насловом:

**„ОПТИМИЗАЦИЈА ПОТРОШЊЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ГРЕЈАЊЕ ВИШЕПОРОДИЧНОГ  
СТАМБЕНОГ ГРАЂЕВИНСКОГ ФОНДА ГРАДА КОРИШЋЕЊЕМ  
ЕНЕРГЕТСКОГ МОДЕЛА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, бр. 01-1/885-14 од 20.03.2014. године под менторством проф. др Душана Гордића, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж., под насловом **„Оптимизација потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града коришћењем енергетског модела“**, представља резултат мулти-дисциплинарног научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области примене симулација енергетског понашања зграда у моделирању потрошње и уштеде енергије у грађевинском фонду.

Кандидат је извршио детаљну анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата досадашњег истраживања у области истраживање ове докторске дисертације, који су објављени у водећим међународним часописима.

Суштински допринос овог доктората је нова инжењерска *bottom-up* метода која помоћу програма за симулацију енергетског понашања зграда може да процени потрошњу енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града и оптимизује потрошњу енергије за грејање симулацијом мера енергетске ефикасности. Резултати

добијени применом ове методе могу представљати значајан алат у енергетској политици и одрживом урбаном развоју града.

Резултати добијени током истраживања у оквиру израде дисертације пружају релевантне податке и вредне информације о потрошњи и могућој уштеди енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града.

Због свега неведеног, Комисија сматра да спроведена анализа и развијена нова инжењерска *bottom-up* метода имају велики потенцијал и могу допринети већој и значајнијој практичној примени у решавању реалних проблема потрошње енергије у вишепородичном стамбеном грађевинском фонду града.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж., под насловом „**Оптимизација потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града коришћењем енергетског модела**“, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области моделирања потрошње и уштеде енергије у вишепородичном стамбеном грађевинском фонду града. Кандидат је стекао велико искуство у области моделирања и симулације енергетског понашања зграда. Извршена је свеобухватна и критичка анализа бројних научних радова публикованих у врхунским међународним часописима, а односе се на проблем разматран у овој дисертацији.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, и у следећим елементима:

- Развијена је нова инжењерска *bottom-up* метода која помоћу програма за симулацију енергетског понашања зграда може да процени потрошњу енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града и оптимизује потрошњу енергије за грејање симулацијом мера енергетске ефикасности;
- Метода представљена у дисертацији, од већ постојећих метода разликује се по својој детаљности и новинама које су примењене у одређивању критеријумима на основу којих је описан вишепородични стамбени грађевински фонд града и прорачуну потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града;
- При одређивању критеријума на основу којих је описан вишепородични стамбени грађевински фонд града, архитектонско-урбанистички критеријум је допуњен оригиналним типовима зграда, и у односу на најчешће коришћене критеријуме у литератури, формиран су нови, и то: контактни услови на доњој хоризонталној конструкцији грејаног стамбеног простора зграде и горња хоризонтална конструкција грејаног стамбеног простора зграде;
- При прорачуну потрошње енергије за грејање вишепородичних стамбених зграда уведени су оригинални концепти коефицијената модификације и оријентације, и извршена је калибрација модела коришћењем циљане потрошње симулираних модела зграда узорка.

## **3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области**

Андреја Стефановић рођен је 22. фебруара 1976. године у Крагујевцу, Србија. Основну школу „Светозар Марковић“ завршио је са одличним успехом, као носилац дипломе „Вук Караџић“, док је средњошколско образовање стекао у Првој крагујевачкој гимназији, као ђак генерације. Машински факултет у Крагујевцу завршио је 2003. године са просечном оценом 8,83. Дипломски рад под насловом „Наваривање машинских делова изложених хабању“ одбрао је на Машинском факултету у Крагујевцу.

Школске 2009/2010. године уписао је докторске студије на Машинском факултету у Крагујевцу, на смеру за енергетику и процесну технику.

Запослен је у ЈП „Дирекција за урбанизам – Крагујевац“, у Крагујевцу, на месту одговорног урбанисте и просторног планера. Поседује лиценце Ижењерске коморе Србије: одговорни пројектант термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике (лиценца број 330 0187 08), одговорни извођач радова термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике (430 С757 08), одговорни урбаниста за руковођење изградом урбанистичких планова инфраструктуре (203 1165 09), одговорни планер (100 0136 09) и одговорни инжењер за енергетску ефикасност зграда(381 0060 12).

Андреја М. Стефановић, као аутор и коаутор, објавио је 8 радова и саопштења у научним часописима са рецензијом, као и у зборницима радова са домаћих и међународних научно-стручних скупова. Три рада објављена су у часописима са SCI листе, сва три рада М21 категорије.

Од значајних научних радова наводе се следећи:

#### **М21 (Рад у врхунском међународном часопису)**

1. **Stefanović A.**, Gordić D., Modeling methodology of the heating energy consumption and the potential reductions due to thermal improvements of staggered block buildings, Energy and Buildings, Vol. 125, pp. 244-253, ISSN 0378-7788, 2016.
2. **Stefanović A.**, Bojić M., Gordić D., Achieving net zero energy cost house from old thermally non-insulated house using photovoltaic panels, Energy and Buildings, Vol. 76, pp. 57–63, ISSN 0378-7788, 2014.
3. Bojić M., Djordjević S., **Stefanović A.**, Miletić M., Cvetković D., Decreasing energy consumption in thermally non-insulated old house via refurbishment, Energy and Buildings, Vol. 54, pp. 503–510, ISSN 0378-7788, 2012.

#### **4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

Докторска дисертација кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж., под насловом „**Оптимизација потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града коришћењем енергетског модела**“ усклађена је по обиму и садржају теми одобреној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 209 страна. Дисертација садржи 58 слика, 55 табеле и цитирано је 62 библиографска податка. Рад чини осам тематских целина, односно поглавља, тако

разврстаних да буду међусобно повезана, да представљају једну конзистентну целину. Сходно томе, наведена поглавља су сложена према следећем распореду:

1. Уводна разматрања;
2. Енергетски модел стамбеног грађевинског фонда зграда;
3. Методологија инжењерског *bottom-up* моделирања потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града;
4. Оптимизација потрошње енергије за грејање побољшавањем термичких омотача вишепородичних стамбених зграда;
5. Резултати енергетског мапирања;
6. Закључак;
7. Литература;
8. Прилог.

Прво поглавље садржи уводна разматрања о проблему потрошње укупне енергије и енергије за грејање у грађевинском фонду зграда, значај, циљеве и организациону структуру дисертације.

У другом поглављу приказане су дефиниције и поделе енергетских модела грађевинског сектора, извршен је преглед досадашњих релевантних научних истраживања и избор прорачунског метода и програма за симулацију енергетског понашања зграда.

У трећем поглављу презентована је нова методологија инжењерског *bottom-up* моделирања потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног фонда града. Ова методологија се састоји од: одређивања критеријума на основу којих су дефинисани типови зграда и описан вишепородични стамбени грађевински фонд града, креирања гео-базе података о вишепородичним стамбеним зградама града Крагујевца, избора узорка реалних зграда као репрезентативних представника вишепородичних стамбених зграда, моделирања зграда узорка у програмима *Google SketchUp* и *EnergyPlus*, симулације енергетског понашања модела зграда узорка у програму *EnergyPlus*, рачунања потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града и уноса израчунатих података у гео-базу.

Четврто поглавље описује оптимизације потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града Крагујевца са циљом уштеде енергије за грејање. Спроведене мере енергетске ефикасности се односе на побољшање термичких омотача зграда.

У петом поглављу извршено је енергетско мапирање града Крагујевца на основу добијених резултата, који су представљени графички у ГИС (Географски информациони систем) програму.

Шесто поглавље садржи закључна разматрања која се односе на резултате добијене коришћењем методологије инжењерског *bottom-up* моделирања потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног фонда града, валидацију и ограничења методологије и предлоге за будућа истраживања.

У седмом поглављу дат је приказ библиографских података коришћених у дисертацији.

У прилогу, као осмом поглављу, приказани су рачунарски програми коришћени у дисертацији, поступци обраде података, описи група, класа и објеката у програму *EnergyPlus*, табеле састава конструкција архитектонско-урбанистичких типова зграда у периодима изградње и *Excel* табела са израчунатим потрошњама енергије за грејање вишепородичних стамбених зграда града Крагујевца.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Андреја М. Стефановић, дипл. инж. маш., је у оквиру ове докторске дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области моделирања потрошње и уштеде енергије у зградама. У току израде предметне дисертације, кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- Развијена је нова инжењерска *bottom-up* метода која користи репрезентативне типове зграда за описивање вишепородичних стамбених зграда у граду и помоћу програма за симулацију енергетског понашања зграда може да процени потрошњу енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града и оптимизује потрошњу енергије за грејање симулацијом мера енергетске ефикасности;
- Формирана је гео-база података као формат за складиштење података о енергетском понашању вишепородичних стамбених зграда грађевинског фонда која омогућава енергетско мапирање и која може бити значајан алат у енергетској политици и одрживом урбаном развоју града;
- Методологија развијена у дисертацији, уз одређене модификације, може да се примени и на остале градове у који припадају истом грађевинском наслеђу (експанзија вишепородичног стамбеног грађевинског фонда после Другог светског рата).

## **6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Резултати докторске дисертације кандидата Андреја М. Стефановић, дипл. инж. маш. под насловом „**Оптимизација потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града коришћењем енергетског модела**“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

У развијеној методологији симулације енергетског понашања зграда користе се за процену и оптимизацију потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града. Потрошња и смањења потрошње могу да се процењују на свим нивоима града, од целог града, селекција зграда по одређеном критеријуму, до појединачних зграда.

Систематизацијом процењене уштеде потрошње енергије за грејање архитектонско-урбанистичких типова зграда у сваком од периода изградње може се детаљно одредити расподела уштеде потрошње. На овај начин могуће је тачно идентификовати зграде код којих је могуће остварити највећу уштеду у потрошњи енергије за грејање, за свако од побољшања термичких омотача.

Креиране енергетске мапе, у којима су вишепородичне стамбене зграде представљене својим енергетским разредом, су значајне и због законске обавезе да енергетски разред постојеће зграде после извођења радова на реконструкцији, доградњи, обнови, адаптацији, санацији и енергетској санацији, мора бити побољшан најмање за један разред.

Методологија се може користити и за рачунање економске исплативости мера енергетске ефикасности.

Енергетски модел вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града је могуће модификовати тако да може да представља основу за будући енергетски модел породичног стамбеног грађевинског фонда града.

## **7. Начин презентирања резултата научној јавности**

Део научних резултата већ је верификован објављивањем радова у врхунском међународном научном часопису.

Комисија сматра да истраживања и резултати ове докторске дисертације представљају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

### **ЗАКЉУЧАК**

Докторска дисертација кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж. (под менторством др Душана Гордића, редовног професора), у потпуности, како по обиму тако и квалитету, одговара теми пријављене дисертације, одобрене одлуком бр. 01-1/885-14 од 20.03.2014. године, од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је током истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

Докторска дисертација је резултат самосталног рада кандидата, а добијени резултати представљају значајан допринос у домену моделирања потрошње и уштеде енергије у грађевинском фонду града.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и да поседује способност системског прикупљања и критичке анализе публикација из релевантне области. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

На основу свега изнетог, Комисија за преглед и оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Андреје М. Стефановића, дипл. маш. инж. једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом:



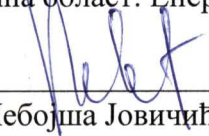
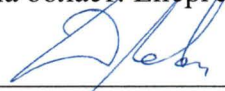

#### **„Оптимизација потрошње енергије за грејање вишепородичног стамбеног грађевинског фонда града коришћењем енергетског модела“**

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу, да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.

У Крагујевцу,  
20.06.2016. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1.   
Др Небојша Лукић, ред. проф., председник комисије,  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у  
Крагујевцу  
Научна област: Термодинамика и термотехника
2.   
Др Добрица Миловановић, ред. проф., Факултет  
инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Научна област: Енергетика и процесна техника
3.   
Др Небојша Јовичић, ред. проф., Факултет  
инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Научна област: Енергетика и процесна техника
4.   
Др Дарко Реба, ванр. проф., Факултет техничких  
наука, Универзитет у Новом Саду,  
Научна област: Архитектонско-урбанистичко  
планирање, пројектовање и теорија
5.   
Др Горан Бошковић, доцент, Факултет инжењерских  
наука, Универзитет у Крагујевцу  
Научна област: Енергетика и процесна техника