

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Будимира Судимца,  
дипл. инж. арх.

Одлуком Наставно-научног већа Архитектонског факултета Универзитета у Београду бр. 01-808/2-8.1. од 13.07.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Будимира Судимца под насловом

### **ТЕРМИЧКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ И ОБЛИКОВНИ ПОТЕНЦИЈАЛИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА У БЕОГРАДСКИМ КЛИМАТСКИМ УСЛОВИМА**

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

Кандидат је стекао звање магистра техничких наука након завршеног последипломског магистарског курса „Архитектонско - урбанистичко пројектовање“ на Архитектонском факултету Универзитета у Београду. Магистарску тезу под насловом „Обликовне перформансе и материјализација степеница јавних архитектонских објеката“, кандидат је одбранио 16.јула 2010. године, под менторством проф. др Александре Кстић–Фурунџић.

На основу члана 32 (с2) Закона о високом образовању („Службени гласник РС”, бр. 76/05, 100/07-аутентично тумачење, 97/08, 44/10 и 93/12) а у вези са чланом 98. Статута Архитектонског факултета у Београду („Сл. билтен Факултета“, бр. 80/80, 84/10, 88/12 и 89/12-пречишћен текст), а у складу са Одлуком Већа докторских студија Архитектонског факултета у Београду од 16.06.2014. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 23.06.2014. године, донело одлуку број 01-872/2-7.18. којом је образована Комисија за оцену испуњености услова кандидата мр Будимира Судимца, дипл. инж. арх. и теме докторске дисертације, под насловом „**Термичке карактеристике и обликовни потенцијали вегетационих зидова у београдским климатским условима**“, у саставу:

- Проф. др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет,
- Проф. др Владан Ђокић, редовни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет,
- Проф. мр Бранко Павић, редовни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет, и
- Проф. др Михаило Грбић, редовни професор, Универзитет у Београду, Шумарски факултет.

На основу члана 32(с2) Закона о изменама и допунама Закона о високом образовању („Сл. гласник РС“, бр. 44/10), а у вези са чланом 162. Статута Архитектонског факултета у Београду („Сл. билтен АФ“, бр. 80/80, 84/10 и 89/12- пречишћен текст и 98/14), и сагласности Већа научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду од 30.09.2014. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној 13.10.2014. године, донело одлуку број 01-1979/2-12.6. да се мр Будимиру Судимцу, дипл. инж. арх. одобрава рад на теми докторске дисертације, под насловом „**Термичке карактеристике и обликовни потенцијали вегетационих зидова у београдским климатским условима**“, и да се за ментора именује проф. др Александра Крстић-Фурунџић.

Завршену докторску дисертацију кандидат предаје на Веће докторских студија у јуну 2016. 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 11.07.2016. године, Наставно-научно веће Факултета је на седници одржаној дана 13.07.2016. године, донело одлуку број 01-808/2-8.1 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Будимира Судимца, дипл. инж. арх., под насловом „**Термичке карактеристике и обликовни потенцијали вегетационих зидова у београдским климатским условима**“, у саставу:

- др Александра Крстић-Фурунџић, ментор, редовни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет,
- др Владан Ђокић, редовни професор, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет,
- др Александар Рајчић, доцент, Универзитет у Београду, Архитектонски факултет, и
- др Александар Анђелковић, доцент, Департман за енергетику и процесну технику, Факултет Техничких наука, Универзитет у Новом Саду.

## 1.2. Научна област дисертације

Дисертација која је предмет овог реферата припада научном пољу Техничко-технолошких наука, научној области *Архитектура и урбанизам*, за коју је матичан Архитектонски факултет Универзитета у Београду.

Ментор проф. др Александра Крстић-Фурунџић током свог професионалног ангажмана континуирано се бави истраживачким радом у следећим научним областима: архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, енергетска ефикасност зграда, савремени концепти материјализације фасада и кровова, индустријализована и префабрикована градња, итд., и поседује значајан број радова објављених у међународним и националним монографијама, часописима и зборницима радова, као и већи број одобрених менторства на докторским дисертацијама које третирају неку од наведених проблематика.

Списак радова који квалификују проф. др Александру Крстић-Фурунџић за ментора докторске дисертације:

1. **M21 - Krstić-Furundžić, A.**, Kosić, T., "Assessment of energy and environmental performance of office building models: A case study", - *International Journal Energy and Buildings Special issue, Places and Technologies*, 115 (2016), Elsevier, pp. 11-22 (ISSN 0378-7788 , <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.050> )
2. **M23 - Kostic, A.**, Stankovic, B., **Krstić-Furundžić, A.**, "Light pollution and energy savings", - *International Journal of Lighting Engineering (Ingenieria Illuminatului)*, Volume 14, Number 2, 2012, pp. 27-32 (ISSN 1454-5837)
3. **M24 - Stojković, M.**, Pucar, M., **Krstić-Furundžić, A.**, "Daylight Performance of Adapted Industrial Buildings", - *Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering*, No. 1, 2016 (ISSN 0354-4605)

4. **M22 - Krstic-Furundzic, A.**, Kosoric, V., Golic, K., "Potential for reduction of CO<sub>2</sub> emissions by integration of solar water heating systems on student dormitories through building refurbishment", - *Sustainable Cities and Society*, Editor: Prof. Saffa Riffat, Volume 2, Issue 1, February 2012, Elsevier, pp. 50-62 (ISSN 2210-6707).
5. **M21 - Golic, K.**, Kosoric, V., **Krstic-Furundzic, A.**, "General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment-Potential energy savings and environmental impact", - *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Volume 15, Issue 3, April 2011, Elsevier, pp. 1533-1544 (ISSN 1364/0321).
6. **M24 - Krstić-Furundžić, A.**, Kosorić, V., "Improvement of energy performances of existing buildings by application of solar thermal systems", - *Spatium International Review*, No. 20, IAUS, 2009, pp. 19-22 (ISSN: 1450-569X, eISSN: 2217-8066).
7. **M23 - Krstić-Furundžić, A.**, "PV Integration in Design of New and Refurbishment of Existing Buildings: Educational Aspect", - *JAAUBAS-Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences*, Volume 4 (Supplement), 2007, pp. 135-146 (ISSN 1815-3852).
8. **M24 - Krstić-Furundžić, A.**, "Design and construction possibilities for photovoltaic integration in envelopes of new and existing buildings", - *Spatium International Review*, No. 15-16, IAUS, 2007, pp. 37-43 (ISSN: 1450-569X, eISSN: 2217-8066).
9. **M14 - Krstic-Furundzic, A.**, Djukic, A., "Chapter: Serbia", - In: Phil Jones, Werner Lang, Jo Patterson, Philipp Geyer (eds.), *COST Action TU1104 - Smart Energy Regions*, The Welsh School of Architecture, Cardiff University, Wales, UK, pp. 225-240 (ISBN: 978-1-899895-14-4).
10. **M33 - Gajić, D.**, **Krstić-Furundžić, A.**, "Energy Optimization of the Building Envelope of the Representative Sample of the Existing Residential Building in Banja Luka", in *Proceedings of the 1st International Academic Conference on Places and Technologies, "Places and Technologies 2014"*, editors: Vaništa Lazarević, E., Krstić-Furundžić, A., Djukić, A., Vukmirović, M., Faculty of Architecture, University of Belgrade, Belgrade, 2014, pp. 629-636 (ISBN 978-86-7924-114-6, COBISS.SR-ID 206380812).

### 1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Будимир Судимац, дипл. инж. арх, рођена је у Бечеју 06.03.1969. године; живи и ради у Београду. Архитектонски факултет Универзитета у Београду уписао 1990. године. Дипломирао је на Архитектонском факултету у Београду са оценом 10 (десет) и стекао звање дипломирани инжењер архитектуре 1997. год. Последипломске магистарске студије на Архитектонском факултету Универзитета у Београду из области Архитектонско урбанистичко пројектовање уписао је 2001. Одбранио магистарски рад на Архитектонском факултету Универзитета у Београду 2010. године.

Кандидат је од 02. децембра 2002. године запослен на Универзитету у Београду - Архитектонски факултет у следећим звањима: 2002.-2010. године асистент-приправник на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, (до септембра 2006. Катедра за архитектонске конструкције, технологију грађења и еколошки инжењеринг.), од 2010. године асистент на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда, од 2011. године доцент на Департману за Архитектонске технологије за ужу научну, односно уметничку област: Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда. Током свог стручног и уметничког усавршавања остварио је 2007. године студијски боравак на Universität Stuttgart, Fakultät 1 Architektur und Stadtplanung, Institut für Baukonstruktion, у студију проф. Stefan Behling; У оквиру међународне размене студената 1996. године боравио је на Architecture Faculty-UFRGS (Federal University of Rio Grande do Sul – Brazil) at PROPARG (Architectural

Research Post-Graduation Program), у групи студената код prof. dr Lucia Mascaro; 1992. године. учествује у размени студената у оквиру сарадње Архитектонског факултета у Београду са Архитектонским факултетом “La Défense” у Паризу.

Кандидат учествује у међународним научноистраживачким пројектима: "COST Action TU1403 - Adaptive Facades Network, 2014.-2018. и "COST Action TU0701 - Improving the Quality of Suburban Bulding Stocks", 2008. – 2012., у оквиру European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research, финансиран од стране Европске комисије (Euoripian Science Foundation). Такође учествује у међународном пројекту OIKONET: A Global Multidisciplinary Network for Housing Research and Learning, 2013.-2016., – пројекат из програма Erasmus Lifelong Learning, који финансира Европска комисија. Као члан научно истраживачког тима учествује у националним научноистраживачким пројектима: - РАЗВОЈ И ДЕМОНСТРАЦИЈА ХИБРИДНОГ ПАСИВНОГ И АКТИВНОГ СИСТЕМА КОРИШЋЕЊА СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ ЗА ГРЕЈАЊЕ, ПРИРОДНУ ВЕНТИЛАЦИЈУ, ХЛАЂЕЊЕ, ВЕШТАЧКО ОСВЕТЉЕЊЕ И ДРУГЕ ПОТРЕБЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ, под руководством проф. др Александре Крстић-Фурунџић, у оквиру националног програма енергетске ефикасности, 2006.-2009., и - ПРОСТОРНИ, ЕКОЛОШКИ, ЕНЕРГЕТСКИ И ДРУШТВЕНИ АСПЕКТИ РАЗВОЈА НАСЕЉА И КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ – МЕЂУСОБНИ УТИЦАЈИ, под руководством др Миле Пуцар, научног саветника у ИАУС-у, у оквиру националног научног пројекта из програма истраживања у области технолошког развоја, 2011.-2014.

Кроз истраживања реализована на научноистраживачким пројектима мр Будимир Судимац третира проблематику енергетске ефикасности архитектонских објеката, што је и тема докторске дисертације.

У области пројектантске праксе освајао награде на 14 архитектонско урбанистичких конкурса. Од тог броја реализовано је 10 пројеката. Излагао је на једној међународној и на 12 домаћих изложби. Добитник је награде на Салону архитектуре у Београду за најбољи пројекат у 1997. години, Пословни центар Екватор у Бања Луци - идејни пројекат.

Резултат истраживачког рада и стручно уметничких остварења кандидата је и поглавље у међународној монографији CONTEMPORARY GREEN ARCHITECTURE IN CHINA AND SERBIA, Design media publishing limited - 20/f Manulife Tower 169 Electric Rd, North Point Hong Kong., 2015., pp. 188-193 (ISBN 978-988-14123-4-8). Кандидат је добитник награде Привредне коморе града Београда за најбоље проналаске, дизајнерска решења и техничка унапређења – Моја прва башта – едукативно дидактички комплет остварен у 2013.-2014. год. „МОЈА ПРВА БАШТА – едукативно дидактички комплет“ представља скуп склопивих елемената за састављање мобилне баште по принципу „уради сам“. Развијен је као резултат истраживања у оквиру два студијска предмета Архитектонског факултета у Београду: Ликовне форме и Урбана оаза који пружају могућност садејства уметничких и научних дисциплина. Резултат истраживања је реализовани прототип који користи познате, поједностављене технологије за израду вертикалних башти, а иновативност се огледа у њиховој комбинацији са ликовним уметностима и њиховој примени.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Будимира Судимца, дипл. инж. арх., под насловом „Термичке карактеристике и обликовни потенцијали вегетационих зидова у београдским климатским условима“ написана је на укупно 275 странице. На почетку дисертације, пре основног текста, на укупно 20 страна налазе се: насловне стране дисертације на српском и

енглеском језику, подаци о ментору и члановима комисије, резиме на српском и енглеском језику, садржај рада, списак скраћеница, ознака и симбола коришћених у дисертацији, као и попис слика, табела, дијаграма и прилога. Рад садржи 145 слика, 38 табела и 21 дијаграма, чији је списак дат на 12 страна. На крају рада дати су: списак литературе са 164 цитираних библиографских јединица, наведених на 9 страна, 3 прилога на 31 страни, биографија аутора са одабраним научним радовима на 3 стране, након чега следе изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу. Дисертација садржи девет поглавља: Увод, Класификација, развој и карактеристике вегетационих зидова, Биоелементи вегетационих зидова, Пројектантски захтеви за вегетационе зидове, Климатске карактеристике Београда значајне за реализацију вегетационих зидова, Модели склопова вегетационих зидова омотача објеката у Београду, Критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела, Дискусија резултата, Закључак. Садржај дисертације је следећи:

Апстракт са кључним речима (на српском језику)

Апстракт са кључним речима (на енглеском језику)

Садржај

Симболи, скраћенице, ознаке

Списак и извори слика, табела и дијаграма

## 1 УВОД

### 1.1 Предмет и проблеми истраживања

### 1.2 Претходна анализа информација о предмету истраживања

### 1.3 Циљеви и задаци истраживања

#### 1.3.1 Циљеви истраживања

#### 1.3.2 Задаци истраживања

### 1.4 Полазне поставке и радне хипотезе

### 1.5 Научне методе истраживања

### 1.6 Научна оправданост и очекивани резултати

### 1.7 Преглед садржаја дисертације

## 2 КЛАСИФИКАЦИЈА, РАЗВОЈ И КАРАКТЕРИСТИКЕ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА

### 2.1 Вегетациони зидови – дефиниција, задатак, тема

### 2.2 Историјски преглед развоја вегетационих зидова

### 2.3 Архитектура и технологија у реализацији вегетационих зидова

### 2.4 Интеграција вегетационих зидова у омотач објекта

### 2.5 Класификација склопова вегетационих зидова

#### 2.5.1 Хидропонски систем гајења

#### 2.5.2 Садња и узгајање биљака у земљаном субстрату

### 2.6 Карактеристике вертикалних система озелењавања

#### 2.6.1 Предности примене вегетационих зидова

#### 2.6.2 Недостаци примене вегетационих зидова

### 2.7 Одржавање система вегетационих зидова

### 2.8 Архитектонска трансформација урбаних простора

#### 2.8.1 Визуелни идентитет објекта

## 3 БИОЕЛЕМЕНТИ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА

### 3.1 Биљни расад

### 3.2 Животни век вегетационих зидова

## 4 ПРОЈЕКТАНТСКИ ЗАХТЕВИ ЗА ВЕГЕТАЦИОНЕ ЗИДОВЕ

### 4.1 Просторно организациони аспект

### 4.2 Обликовни аспект

### 4.3 Функционални аспект

#### **4.4 Технолошки аспект**

#### **4.5 Економски аспект**

#### **4.6 Енергетски аспект**

### **5 КЛИМАТСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ БЕОГРАДА ЗНАЧАЈНЕ ЗА РЕАЛИЗАЦИЈУ ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА**

#### **5.1 Анализа климатских карактеристика београда**

##### 5.1.1 Сунчево зрачење

##### 5.1.2 Ваздушни притисак, влажност ваздуха

##### 5.1.3 Струјање ваздуха

##### 5.1.4 Температура ваздуха

##### 5.1.5 Количина падавина

#### **5.2 Анализа појаве топлотних острва у урбаној средини**

#### **5.3 Климатске промене и њен утицај на промену климе у Београду**

### **6 МОДЕЛИ СКЛОПОВА ВЕГЕТАЦИОНИХ ЗИДОВА ОМОТАЧА ОБЈЕКТА У БЕОГРАДУ**

#### **6.1 Дефинисање модела**

##### 6.1.1 Хипотетички модели

##### 6.1.2 Прктични модели

#### **6.2 Упоредне карактеристике изабраних практичног модела**

#### **6.3 Конструктивне карактеристике практичног модела**

##### 6.3.1 Тежина потконструкције

##### 6.3.2 Прорачун везе - анекровања за качење на нивоу међуспратне конструкције

##### 6.3.3 Анализа оптерећења – ветар

##### 6.3.4 Веза за АБ конструкцију на нивоу међуспратне конструкције

##### **6.3.5 Поређење са тежинама накнадно постављених других фасадних облога**

### **7 КРИТЕРИЈУМИ ЗА ЕВАЛУАЦИЈУ ТЕРМИЧКИХ КАРАКТЕРИСТИКА МОДЕЛА**

#### **7.1 Евалуација термичких карактеристика модела**

##### 7.1.1 Евалуација хипотетичких модела

##### 7.1.2 Евалуација практичних модела

#### **7.2 Упоредна анализа резултата евалуације модела**

#### **7.3 Обликовни потенцијали модела**

#### **7.4 Закључак и препоруке за примену вегетационих зидова у реализацији објеката у Београду**

### **8 ДИСКУСИЈА РЕЗУЛТАТА**

#### **8.1 Теоријски резултати**

#### **8.2 Практични резултати**

### **9 ЗАКЉУЧАК**

#### **9.1 Закључна разматрања**

#### **9.2 Препоруке за пројектовање вегетационих зидова у климатским условима Београда**

#### **9.3 Правци даљих истраживања**

### **ЛИТЕРАТУРА**

### **ПРИЛОЗИ**

### **БИОГРАФИЈА АУТОРА**

#### **Изјава о ауторству**

#### **Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада**

#### **Изјава о коришћењу**

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Рад се састоји од девет поглавља: *Увод, Класификација, развој и карактеристике вегетационих зидова, Биоелементи вегетационих зидова, Пројектантски захтеви за вегетационе зидове, Климатске карактеристике Београда значајне за реализацију вегетационих зидова, Модели склопова вегетационих зидова омотача објеката у Београду, Критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела, Дискусија резултата и Закључак.*

У *Уводу* се образлаже тема, предмет и проблем истраживања, даје увид у стање досадашњих истраживања, разматрају циљеви и задаци истраживања, хипотезе, научни методи истраживања, врши процена научне оправданости и резултата истраживања и даје преглед структуре докторске дисертације.

Друго поглавље – *Класификација, развој и карактеристике вегетационих зидова* - даје преглед дефиниција, задатака и основне теме реализације вегетационих зидова у савременој архитектури, историјски преглед развоја вегетационих зидова и однос архитектуре и технологије у реализацији оваквих склопова. У овом поглављу се даје преглед могућих начина интеграција вегетационих зидова у омотач зграде, даје се класификација склопова вегетационих зидова, њихове карактеристике, предности и недостаци, начин одржавања и сагледавају утицаји на архитектонску трансформацију урбаних простора применом вегетационих зидова као завршног елемента фасадног омотача.

У трећем поглављу – *Биоелементи вегетационих зидова* - разматра се одабир биљних врста и анализира се животни век вегетационих зидова за случај њихове реализације у београдским климатским условима.

Четврто поглавље – *Пројектантски захтеви за вегетационе зидове* - даје преглед анализе различитих аспеката реализације вегетационих зидова.

Пето поглавље – *Климатске карактеристике Београда значајне за реализацију вегетационих зидова* – дат је приказ климатских карактеристика за Београд, анализирана је појава топлотних острва у урбаним срединама и утицај климатских промена на промену климе у Београду.

У шестом поглављу – *Модели склопова вегетационих зидова омотача објеката у Београду* - дат је приказ референтних модела, хипотетичких и практичних за реализацију вегетационих зидова, преглед спроведених енергетских симулација евалуације модела. Анализирају се резултати различитих нивоа енергетске оптимизације.

У седмом поглављу – *Критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела* – У циљу практичног разумевања и утврђивања одређених перформанси изабраних модела, утврђују се критеријуми за евалуацију термичких карактеристика модела са циљем постизања оптималних вредности енергетских и облоковних карактеристика модела. Код дефинисања критеријума узети су у обзир фактори који у највећој мери утичу на енергетске перформансе самог елемента, а који у даљој анализи могу утицати на технолошке карактеристике и пројектантска унапређења модела. Евалуација се пре свега односи на смањење потребне количине енергије за хлађење.

У осмом поглављу – *Дискусија резултата* – дате су упоредне анализе хипотетичког и практичних модела са аспекта утицаја вегетације на термичке перформансе омотача у нашим климатским условима.

У деветом поглављу – *Закључку* се даје приказ резултата истраживања, потврђују постављене хипотезе, образлаже применљивост постигнутих резултата и указује на правце даљих истраживања и дају препоруке за пројектовање.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Коришћење елемената вегетационих зидова у архитектури отворило је нове пројектантске могућности и створило изазове за пројектанте са циљем повећања енергетске ефикасности објеката. У раду се анализирају архитектонски фасадни елементи који доприносе остварењу адекватног комфора боравка људи у објектима у нашим климатским условима уз представљање техничких, обликовних и пројектантских потенцијала вегетационих зидова. Вегетациони зидови се анализирају као елементи заштите архитектонских објеката од прегревања, дају се основни принципи пројектовања, могућности и начини интегрисања вегетационих зидова у фасадну структуру. Они се представљају као део процеса укупне енергетске оптимизације архитектонског објекта.

Појава вегетационих зидова је нов концепт у реализацији фасадних омотача и може понудити јединствена обликовна решења. Интеграција вегетације може да буде одржив приступ за фасаде нових и постојећих објеката. Вегетациони зидови су један од иновативних и најбрже развијаних концепата зелених технологија. Ова чињеница се заснива на оригиналним изведеним објектима са вегетационим зидовима који доприносе побољшању укупних амбијенталних карактеристика и постају значајан фактор у савременом приступу пројектовању. Вертикално озелењени зидови истовремено доприносе и побољшању енергетских карактеристика објеката, биодиверзитета, естетских вредности и у великој мери омогућавају смањење ваздушног загађења од fine прашине и угљендиоксида.

Истраживање сагледава адаптабилне могућности употребе вертикалних озелењених система у пројектовању на основу динамичне равнотеже између потреба корисника и технолошких захтева. Кроз истраживања просторних и програмских параметара успостављен је нов однос архитектуре и биоелемената кроз имплементацију нових технолошких решења у омотач објекта.

Оригиналност дисертације огледа се у анализи енергетске и обликовне оправданости употребе вегетационих зидова у фасадним омотачима објеката у београдским климатским условима на примеру референтних модела. Савременост се исказује кроз методе пројектовања и технике реализације вегетационих зидова на архитектонским објектима, чиме се доприноси очувању животне средине и смањењу њеног загађења.

#### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом рада на докторској дисертацији коришћена је обимна литература и разни примарни и секундарни извори. Првих пет поглавља у дисертацији заснована су на теоријском истраживању тема и појмова релевантних за реализацију вегетационих зидова и имплементацију у фасадне омотаче.

Избор библиографских јединица указује на то да је кандидат упознат са кључним теоријским разматрањима и примерима из области коју истражује.

Као најзначајнији извори коришћени у истраживању издвајају се:

Арнхајм, Р.: *Динамика архитектонске форме*, Универзитет уметности у Београду, 1990.

Alexandri, E., P. Jones, Temperature decrease in a urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates, *Building and Environment* 43 (2008) 480–493.

ASHRAE: *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*, ANSI/



- Attia, S., et al. "Architect Friendly" : a comparison of ten different building performance simulation tools. in *IBPSA Conference*. 2009. Glasgow, Scotland: International Building Performance Simulation Association.
- Bartfelder, F., M. Köhler, Experimentelle untersuchungen zur function von fassadenbegrünungen, Dissertation TU Berlin 612S, 1987.
- Blom, L. Itard, A. Meijer, LCA-based environmental assessment of the use and maintenance of heating and ventilation systems in Dutch dwellings, *Building and Environment* 45 (2010) 2362–2372.
- Dunnet, N. Kingsbury, *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Oregon, 2004.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings – EPBD, Official Journal of the European Union, 153, 2010, pp. 13-35.
- Eumorfopoulou, E.A, K.J. Kontoleon, Experimental approach to the contribution of plant covered walls to the thermal behaviour of building envelopes, *Building and Environment* 44 (2009) 1024–1038
- Köhler, M. 2008. Green Facades a view back and some visions. *Urban Ecosystems* 11(4): 423-436.
- Krstić, A.: Multifunkcionalne krovne strukture energetski efikasnih zgrada, - *Архитектура и урбанизам*, 2006, 18(19), 34-47.
- Krstic, A. & Rajcic, A.: *Improvement of thermal performances of external walls aimed to produce energy rational buildings*. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference for Teachers of Architecture, School of Architecture, Oxford Brookes University, Oxford: Oxford Brookes University, 2000.
- Крстић, А.: *Разноврсност материјализације архитектонских структура*, Архитектонски факултет, Београд, 2003.
- Kumar R., Kaushik S.C. (2004): Performance evaluation of green roof and shading for thermal protection of buildings. *Building and Environment*, Volume 40, Issue 11, November 2005, Pages 1505 – 1511.
- Lam HY. Thermal performance of deciduous climbing plants on glazed building facades, PhD thesis. In: School of the environment. Brighton: University of Brighton; 2007
- Lam M, Ip K, Miller A. Experimental modelling of deciduous climbing plants as shading devices. In: Sustainable buildings 2002 – third international conference on sustainable buildings. Oslo, Norway: EcoBuild; 2002.
- Papadakis, G., Tsamis, P. & Kyritsis, S. 2001, An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. *Energy and Buildings*, 33, pp. 831-836.
- Правилник о енергетској ефикасности зграда*, Службени гласник Републике Србије, бр. 2011/61.
- Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда*, Службени гласник Републике Србије, бр. 2011/61.
- Salisbury FB, Ross CW. *Plant physiology*. 4th ed. Wadsworth Publishing Company; 1992
- Todd JJ. Urban air quality. *Environmental Design Guide by the Royal Australian Institute of Architects*. Gen 2000;34:1–8.
- Fjeld, T., Bonnevie, C., *The effect of plants and artificial day-light on the well-being and health of office workers, school children, and health care personnel*, in *International Horticultural Exhibition Floriade 2002*. 2002.

Софтвери:

Autodesk REVIT energy Analysis

Autodesk simulation

Flir Research

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживачки процес се одвијао кроз примену неколико научних метода истраживања. Теоријско разматрање енергетских и обликовних потенцијала вегетационих зидова заснива се на анализи претходних научних истраживања из доступне литературе и

формирању информационе базе коришћењем методе прикупљања података и анализе претходних истраживања, примарних и секундарних извора. Следећи правац истраживања огледа се у критичкој анализи и систематизацији доступне литературе уз упоредну анализу проучаваних примера и систематско посматрање на терену спонтано озелењених фасада као и експерименталних модела. Методом мерења сагледане су енергетске перформансе експерименталних модела, анализирани резултати и приказани кроз дијаграме и графиконе. Такође, нумеричким симулацијама уз помоћ Програма за прорачун добитака топлоте HANDOBGUB v.5.0 и Autodesk REVIT energy Analysis 2016. добијени су квантитативни показатељи енергетских перформанси одабраних модела вегетационих зидова. На основу упоредне анализе резултата нумеричких симулација и резултата мерења експерименталних модела и синтезе свих претходно прикупљених података и резултата, као и успостављањем корелације са полазним чињеницама, дате су препоруке за пројектовање вегетационих зидова у београдским климатским условима.

У практичном делу рада, експерименталном методом, методом моделовања и применом нумеричких симулација у софтверским пакетима, врше се квантитативне анализе енергетских својстава референтних модела.

Након упоредне анализе претходно прикупљених података и добијених резултата анализа, установљени су основни принципи пројектовања вегетационих зидова и методом синтезе изведени закључци који дају одговоре на све постављене хипотезе.

Комисија закључује да се валидност методологије овог истраживања потврђује кроз избор одговарајућих метода истраживања и истиче адекватност општег методолошког приступа у односу на постављени проблем и предмет рада и постављене хипотезе.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати овог истраживања могу наћи директну примену у поступцима пројектовања и обликовања фасадних омотача у београдским климатским условима. Они имају практичну примену јер су истражене адекватне мере унапређења фасада у циљу енергетске оптимизације.

Добијени резултати могу бити применљиви за стручну и ширу јавност. Могућ је подстицај примене вегетативних зидова у нашим климатским условима, као и развој индустријског сектора у овој области.

Практична примена истраживања огледа се у могућностима примене предложених принципа, препорука и техничких решења вегетационих зидова у пројектовању нових објеката и при реконструкцији постојећег грађевинског фонда у Београду. Ово истраживање даје основ за даља истраживања и едукацију кадрова у овој области.

Посебан допринос ове дисертације је приказ методолошког поступка у реализацији вегетационих зидова са акцентом на енергетском аспекту. Приказане смернице могу се користити у функцији стварања стратегија и концепата реализације фасада архитектонских објеката применом вегетационих зидова, како у Београду тако и подручјима са сличним климатским условима.

#### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Докторска дисертација показује да кандидат поседује способност за самосталан научноистраживачки рад, што се огледа у консултовању широког дијапазона релевантне литературе и повезивању знања из различитих области, биоклиматског пројектовања, грађевинске физике и динамичких симулација понашања зграда. Кандидат мр Будимир Судимац влада вештинама употребе разноврсних научних метода истраживања које су специфичне за наведене области, почев од теоријске анализе извора, компјутерске

симулације енергетских перформанси објеката, обраде добијених резултата и њихове компаративне анализе, као и синтезе и интерпретације резултата истраживања.

На основу детаљног увида у дисертацију, Комисија констатује да кандидат поседује потребна знања и вештине за успешно бављење научним радом у области савремене архитектуре и архитектонског пројектовања и на тај начин доприноси развоју савремене архитектонске теорије и праксе.

Способност кандидата за самосталан научни рад огледа се и у објављеним научним радовима у зборницима међународних и националних научних конференција, у монографији међународног значаја, а као један од најзначајнијих истиче се рад објављен у научном часопису међународног значаја.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни доприноси овог истраживања су:

- Идентификација потенцијала за примену вегетационих зидова у архитектонском пројектовању са циљем остваривања и побољшања енергетских перформанси фасадних омотача;
- Дефинисање принципа и препорука за пројектовање вегетационих зидова са техничког, обликовног и енергетског аспекта
- Систематизација знања и успостављање типологије вегетативних зидова са препорукама за примену у београдским климатским условима;
- Успостављање система евалуације решења вегетационих зидова у процесу њиховог пројектовања;
- Идентификација и објашњење основних чинилаца који дефинишу релевантне параметре за пројектовање вегетационих зидова.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У докторској дисертацији први пут је обављено испитивање енергетских и обликовних потенцијала вегетационих зидова у београдским климатским условима. Унапређење научног знања у односу на постојеће стање огледа се пре свега у формирању методологије за оцену обликовних и енергетских потенцијала вегетационих зидова. Допринос овог истраживања архитектонској пракси огледа се и у приказу конкретних резултата мерења и симулације енергетских перформанси модела вегетационих зидова у београдским климатским условима. Истраживање даје конкретне препоруке за енергетску оптимизацију објеката применом вегетационих зидова.

Рад осликава методолошки приступ комбиновања специфичних проблематика различитих научних области, како би се постигло што боље архитектонско решење у циљу побољшања енергетске ефикасности архитектонских објеката. Редифинише се архитектонска типологија фасадних омотача кроз имплементацију нових технолошких решења.

### 4.3. Верификација научних доприноса

Списак радова који су резултат истраживања у оквиру докторске дисертације:

Рад у међународном часопису (M24):

- **Судимац, Б., Дубљевић, А. (2016)** "The use of renewable energy sources in urban areas under protection", SAJ – Serbian Architectural Journal 2016 issue "VERNACULAR

ARCHITECTURE – From Tradition to the Future”, Архитектонски факултет у Београду, (ISBN1821-3952) (потврда у прилогу).

Рад у монографији међународног значаја (M14):

- **Судимац, Б., Вујовић, М.** (2015) ”CONTEMPORARY GREEN ARCHITECTURE IN CHINA AND SERBIA”, Design media publishing limited - 20/f Manulife Tower 169 Electric Rd, North Point Hong Kong., 2015., pp.188-193 (ISBN 978-988-14123-4-8).

Рад у зборнику радова са међународног научног скупа објављен у целини (M33):

- **Судимац, Б., Дубљевић А.,** (2015) ”SOLAR ENERGY - DESIGN ELEMENT”, International Conference EDUCATION, RESEARCH & DEVELOPMENT Science and Education Foundation, Bulgaria, 04. – 08. September 2015., Elenite Holiday Village, Bulgaria. Публиковано у: Materials, Methods & Technologies - Journal of International Scientific Publications, Volume 9, 2015, pp. 626-634 (ISSN 1314-7269).
- **Судимац, Б., Дубљевић А.,** (2015) ”Solar energy as an element of design”, The 2<sup>nd</sup> International Conference with Exhibition S.ARCH, 19-20 May 2015, Budva, MONTENEGRO, ENVIRONMENT AND ARCHITECTURE Conference Proceedings June 2015, pp. 407-409., (ISBN 978-3-9816624-5-0)
- **Крстић-Фурунџић, А., Судимац, Б., Дубљевић А.,** (2014) ”Energy And Environmental Aspects Of Improvement Of Office Building By Application Of PV Modules”, у Зборнику Петог Међународног научно – стручног Симпозијума Инсталације & Архитектура, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, Београд, Србија, стр. 12-22 (ISBN 978-86-7924-133-7, COBISS.SR-ID 212389900).
- **Судимац, Б.,** (2013) Effects of vegetation walls on thermal comfort of architectural structures, 44th INTERNATIONAL CONGRESS & EXHIBITION ON HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING, Belgrade, Sava Center, 4–6. XII 2013. KGH.

Рад у зборнику радова са националног научног скупа објављен у целини (M63):

- **Судимац, Б., Живковић, М.,**(2007) ”Одрживи развој објеката искоришћавањем топлоте отпадног ваздуха”, у Зборнику Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља, Едитор: Проф.др Р. Фолић, Савез грађевинских инжењера Србије, Београд, мај 2009.год., стр. 485-490 (ISBN 987-86-904089-3-1).

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата мр Будимира Судимца представља свеобухватно проучавање енергетских и обликовних потенцијала вегетационих зидова у београдским климатским условима. Након теоријског дела у коме се разматра и даје преглед могућих начина интеграција вегетационих зидова у омотач зграде са класификацијом склопова вегетационих зидова, њихових карактеристика, предности и недостатака, и сагледавају се њихови утицаји на архитектонску трансформацију урбаних простора, постављају се пројектантски захтеви за вегетационе зидове. Омотач зграде представља интерактиван елемент са директним утицајем на енергетски биланс објекта при чему примена вегетационих зидова у материјализацији омотача зграде унапређује енергетски потенцијал омотача објекта. У експерименталном делу рада кроз нумеричке симулације спроведено је истраживање утицаја вегетационих зидова на енергетске перформансе омотача објекта у београдским климатским условима. Дисертација представља оригинални научни допринос кандидата у области енергетске оптимизације и обезбеђује изузетну основу за даља истраживања у овој области.

На основу детаљне анализе дисертације кандидата мр Будимира Судимца, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са одобреном темом и пријавом на коју је Универзитет у Београду дао сагласност. Дисертација задовољава научне критеријуме и пружа научни допринос научној области *Архитектура и урбанизам* и ужој научној области *Архитектонске конструкције, материјали и физика зграда* за коју је матичан Архитектонски факултет, као и научни допринос који се односи на развој методологија и примену резултата истраживања у пракси. Кандидат мр Будимир Судимац је показао способност за научноистраживачки рад кроз рад на самој дисертацији, учествовање на научноистраживачким пројектима и објављене научне радове у зборницима радова са међународних конференција (М33), у монографији међународног значаја (М14) у зборницима радова са националних конференција (М63), и међународном часопису (М24).

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „ **Термичке карактеристике и обликовни потенцијали вегетационих зидова у београдским климатским условима** “, кандидата мр Будимира С. Судимца, дипл. инж. арх. прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, јул 2016. године

#### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Александра Крстић-Фурунџић, редовни професор,  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

Проф. др Владан Токић, редовни професор,  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

др Александар Рајчић, доцент,  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

др Александар Анђелковић, доцент,  
Депарتمان за енергетику и процесну технику,  
Факултета Техничких наука, Универзитета у Новом Саду