

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**

**Архитектонски факултет**

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Миодрага Р. Грбића

Одлуком Наставно-научног већа Факултета бр. 01-428/2-6.12 од 18.04.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Миодрага Грбића под насловом

**ФОРМИРАЊЕ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА АРХИТЕКТОНСКИХ  
ОБЈЕКТА УПОТРЕБОМ ПОЛИМЕРА ОЈАЧАНИХ РЕЦИКЛИРАНИМ  
ВЛАКНИМА**

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

Школске 2009/2010. године кандидат је уписао докторске академске студије архитектуре научног карактера (основна област истраживања *архитектура и урбанизам*; ужа научна област истраживања *архитектонско конструктерство*) на Архитектонском факултету Универзитета у Београду.

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. 06. 2014. године, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 23.06.2014. године, донело одлуку број 01-872/2-7.26. којом је образована Комисија за оцену испуњености услова кандидата Миодрага Грбића, дипл. инж. арх. и теме докторске дисертације, под насловом **„Формирање конструктивних елемената архитектонских објеката употребом полимера ојачаних рециклираним влакнима“**, у саставу:

- др Милан Глишић, ментор  
редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- др Ружа Окрајнов Бајић, члан комисије  
доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- др Драгослав Шумарац, члан комисије  
редовни професор Грађевинског факултета Универзитета у Београду
- др Радослав Алексић, члан комисије  
редовни професор Технолошко-металуршког 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, 89/2013 и 99/14), а у вези са чланом 100. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 80/80, 84/10, 89/12- пречишћен текст и 98/14), 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 30. 09. 2014. године, одлука бр. 61206-4234/2-14, Наставно научно веће Факултета је, на седници одржаној 13. 10. 2014. године, донело одлуку број 01-1979/2-12.11. да се Миодрагу Грбићу, дипл. инж. арх., одобрава рад на теми докторске дисертације, под насловом **„Формирање конструктивних елемената архитектонских објеката употребом полимера ојачаних рециклираним влакнима“** и да се за ментора именује проф. др Милан Глишић, редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду.

13.07.2015. године Наставно научно веће Архитектонског факултета Универзитета Београду, донело је одлуку број 01-954/2-10.33, да се кандидату Миодрагу Грбићу уз сагласност ментора, због обимности истраживања одобри продужетак рока за израду рада на докторској дисертацији, до 30. 09. 2016. године.

Завршену докторску дисертацију кандидат, уз сагласност ментора, предаје на Веће докторских студија 11. 04. 2016. године.

На основу члана 101. и члана 102. Статута Архитектонског факултета у Београду (“Сл. билтен АФ”, бр. 105/15-пречишћен текст), члана 37. Правилника о докторским академским студијама (“Сл. билтен АФ”, бр. 102/14) и Одлуке Већа докторских студија Факултета од 11. 04. 2016. године, Наставно-научно веће Факултета је, на седници одржаној дана 18. 04. 2016. године, донело одлуку број 01-428/2-6.12 да се образује Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Миодрага Грбића под насловом **„Формирање конструктивних елемената архитектонских објеката употребом полимера ојачаних рециклираним влакнима“** у саставу:

- др Милан Глишић, ментор  
редовни професор Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- др Ружа Окрајнов Бајић, члан комисије  
доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- др Радојко Обрадовић, члан комисије  
доцент Архитектонског факултета Универзитета у Београду
- др Весна Радојевић, члан комисије  
редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду

## 1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области *Архитектура и урбанизам* и ужој научној области *Архитектонско конструктерство*, за које је Факултет матичан.

Списак радова који квалификују проф. др Милана Глишића за ментора докторске дисертације су:

1. Glišić M.: Use of thin wall reinforced concrete profiles while forming structural systems. International Science Meeting INDIS03, Novi Sad, 2003.
2. Nikšić M., I. Hadžić I., Glišić M.: Is Phallus impudicus a mycological giant? "Mycologist", Vol.18, Part 1, Cambridge University Press, 2004.
3. Glišić M.: Sanation of hotel structure in Belgrade using coupling steel with existing damaged reinforced concrete. International Science Meeting INDIS'07, Novi Sad, 2007.
4. Glišić M.: The Lightweight prefabricated concrete formwork elements. Science Meeting INDIS'01, Novi Sad, 2001
5. Glišić M., Lazić M.: Application of Mathematical Methods While Discovering and Defining Optimal Solutions for Architectural Projects and Construction Subsystems. Congress C.I.B., Washington, USA, 1986.

## 1.3. Биографски подаци о кандидату

Миодраг Грбић рођен је 21. октобра 1981. године у Београду. У периоду од 1988. до 1996. похађао је ОШ "Васа Живковић" у Панчеву. Године 1996. уписао је ЕТШ "Никола Тесла" у Панчеву, где је матурирао 2000. године.

Основне студије на Архитектонском факултету уписује 2003. године и завршава их у року са просечном оценом 8,43. Мастер студије наставља на истом факултету – усмерење архитектонске технологије и завршава у року, са просечном оценом 9,85. Дипломски рад/Мастер на тезу "Цивилни аеродром Батајница" одбранио је оценом 10 (десет).

Од 2006. до 2008. године учествује у извођењу наставе на Архитектонском факултету Универзитета у Београду као демонстатор волонтер.

Од 2006. до 2008. године био је члан Студентског Парламента Архитектонског факултета, Универзитета у Београду. У периоду од 2006. до 2007. био је и уредник дела сајта Архитектонског факултета.

Од 2006. до 2007. године био је члан Савета Архитектонског факултета, Универзитета у Београду.

Школске 2007/2008 године добитник стипендије “Најбољих 50 студената града Панчева” коју додељује Скупштина града Панчева.

Након регулисања војне обавезе редовно одслужењем војног рока, 2009. године уписује докторске студије на Архитектонском факултету у Београду.

Одлуком Научно-наставног већа Архитектонског факултета бр. 01-2305/2-8.14. од 07.10.2009. године ангажован је школске 2009/2010 године, у јесењем семестру, као сарадник у извођењу наставе на предмету: Мастер студио М6, на Департману за архитектонске технологије.

Одлуком Научно-наставног већа Архитектонског факултета бр. 01-355/2-8.18. од 24.02.2010. године ангажован је школске 2009/2010 године, у пролетњем семестру, као сарадник на предмету: Конструктивне карактеристике примењених материјала, на Департману за архитектонске технологије.

Одлуком Научно-наставног већа Архитектонског факултета бр. 01-2626/2-4.4. од 8.11.2010. године ангажован је школске 2010/2011 године, у јесењем семестру, као сарадник у извођењу наставе на предмету: Мастер студио М6, на Департману за архитектонске технологије

Од 2011. Године запослен је на Архитектонском факултету Универзитета у Београду на Катедри за Статику конструкција и Департману за архитектонске технологије. Учествовао је у настави на више предмета на катедри и департману. Кандидат поседује вишегодишње искуство рада у настави на Архитектонском факултету у Београду. Од 2006. до 2008. године радио је као демонстратор и стручни сарадник, а од 20011. године запослен је на Архитектонском факултету Универзитета у Београду на Департману за архитектонске технологије, у звању асистента за ужу научну, односно уметничку област Архитектонско конструктерство. У настави је учествовао на предметима:

- Механика и отпорност материјала (права година основних студија)
- Принципи конструисања архитектонских објеката (права година основних студија)
- Конструктивне карактеристике промењених материјала (друга година основних академских студија)
- Студио пројекат АК (друга година основних академских студија)
- Изборни предмет 1 \_ Огледи из конструкција (трећа година основних академских студија)
- Семинар 5 \_ Технологија и реализација \_ Пројектовање конструкција објеката применом рачунарских програма (права година мастер академских студија)
- Семинар 5 \_ Технологија и реализација \_ Израда арматурних детаља применом рачунарских програма (права година мастер академских студија)
- Пројекат 1 \_ Студио (права година мастер академских студија, први семестар)
- Семинар АТ (права година мастер студија први семестар)
- Пројекат 2 \_ Усмерење АТ (Архитектонске технологије) - Студио (прва година мастер академских студија, други семестар)
- Семинар АТ (друга година мастер академских студија, други семестар)
- Пројекат 3 – Усмерење АТ. (Архитектонске технологије) - Студио (друга година мастер академских студија, трећи семестар)
- Семинар АТ (друга година мастер академских студија, трећи семестар)
- Изборни предмет 3 (друга година мастер академских студија)

-Мастер пројекат М9

Стручни испит прописан за дипломираног инжењера архитектуре је положио 2010. године. Као члан пројектанског тима пројектовао је и вршио надзор над већим бројем објеката високоградње, у земљи и иностранству.

Објавио је неколико писаних радова на конгресима у земљи и иностранству. Течно говори и пише енглески језик, а служи се и немачким. Бави се облашћу Технологије бетона, Високовредним бетонима, Конструкцијама објеката високоградње, Применом нових метода и материјала у конструкцијама, Пројектовањем архитектонских објеката.

Такође, кандидат је ангажован у раду више комисија, организационих одбора, и у координацији и апликацији за научно-истраживачке пројекте на Архитектонском факултету. Од 2013. године члан је Комисије за припрему акредитације студијског програма Архитектонског факултета према *RIBA* стандардима. Од 2012. године члан је Комисије за спровођење пријемног испита а од 2013. године члан је Комисије припрему пријемног испита на Архитектонском факултету.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Миодрага Грбића изложена је на 168 страница. У делу који претходи нумерисаном делу рада дати су: насловне стране на српском и енглеском језику, резиме на српском и енглеском језику, захвалница, преглед коришћених ознака, садржај. Основни текст дисертације, са 76 илустрација и 20 табела, дат је на 131 страници. Иза основног текста следи списак коришћене литературе и извора, списак илустрација (76 илустрација), списак табела (20 табела), биографија кандидата и изјаве. Докторска дисертација има четири дела: Увод, Композити – преглед и анализа, Формирање конструктивних елемената, и на крају Закључне напомене и правци даљег истраживања, са укупно 6 глава и 17 поглавља, прегледно систематизованих у следећем садржају:

### **САДРЖАЈ:**

#### **УВОД: ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ И ТЕОРИЈСКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА**

##### **1.1. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ ИСТРАЖИВАЊА И ПОСТАВКА ПОЧЕТНИХ ХИПОТЕЗА**

1.1.1. Уводне напомене о предмету истраживања

1.1.3. Циљ истраживања

1.1.4. Задаци истраживања

1.1.5. Полазне хипотезе истраживања

## 1.2. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ МЕТОДОЛОШКОГ ПРИСТУПА ТЕМИ ИСТРАЖИВАЊА

1.2.1. Научне методе истраживања

1.2.2. Генерална структура докторске дисертације

1.2.3. Научна оправданост и очекивани резултати истраживања

I – КОМПОЗИТИ – преглед и анализа

## 2. КОМПОЗИТИ И ЊИХОВА ПРИМЕНА

2.1. Шта су композити и историјски преглед развоја

2.2. Врсте композита-преглед

2.3. Влакнима ојачана полимер матрица (Fiber reinforced polymer – FRP)

2.3.1. Влакна

2.3.1.1. Стаклена влакна

2.3.1.2. Карбонска влакна

2.3.1.3. Армидна влакна

2.3.2. Матрица

2.3.2.1. Епоксид

2.3.2.2. Винилестер

2.3.2.3. Полиестер

2.4. Примена композита са нарочитим освртом на влакнима ојачану полимер матрицу (Fiber reinforced polymer – FRP)

## 3. УПОТРЕБА РЕЦИКЛИРАНИХ МАТЕРИЈАЛА У ПРОИЗВОДЊИ КОМПОЗИТА

3.1. Анализа података о материјалима, количинама и начинима рециклаже

3.1.1. Стакло

3.1.2. Карбон

3.1.3. Армид

3.1.4. ПЕТ (Polyethylene Terephthalate)

3.2. Разлози због којих је материјал из рециклаже погодан за производњу влакана и матрице код композитних материјала

3.3. Позитивне и негативне стране употребе рециклираних материјала

## II – ФОРМИРАЊЕ КОНТРУКТИВИХ ЕЛЕМЕНАТА

### 4. ФОРМИРАЊЕ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА АРХИТЕКТОНСКИХ ОБЈЕКТА УПОТРЕБОМ КОМПОЗИТА КОЈИ САДРЖЕ РЕЦИКЛИРАНЕ МАТЕРИЈАЛЕ

4.1. Преглед постојеће регулативе која регулише примену композитних материјала (полимер матрице ојачане влакнима)

4.1.2. Легислатива према правилницима у иностранству (преглед)

4.1.3. Легислатива према правилнику Републике Србије

4.2. Критеријуми које композитна арматура начињена од рециклираних материјала треба да испуни

4.2.1. Топлотни коефицијент дилатације

4.2.2. Утицај екстремних температура

4.2.3. Пријањање - дужина сидрења

4.2.4. Прслине

4.2.5. Угиби

4.2.6. Коефицијенти сигурности

4.2.7. Напомене

### 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО УТВРЂИВАЊЕ КАРАКТЕРИСТИКА КОМПОЗИТА САЧИЊЕНОГ ОД ДЕЛОМ РЕЦИКЛИРАНИХ МАТЕРИЈАЛА

5.1. Истраживачки приступ

5.2. Експериментално утврђивање карактеристика композитне арматуре намењеног даљој уградњи у конструктивне елементе архитектонских објеката

5.3. Експериментално утврђивање карактеристика конструктивног елемента армираног композитом

### 6. ЕВАЛУАЦИЈА РЕЗУЛТАТА И ПРЕДЛОЗИ ЗА ДАЉУ УПОТРЕБУ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРИЈАЛА ОД ПОЛИМЕРА ОЈАЧАНИХ РЕЦИКЛИРАНИМ ВЛАКНИМА

6.1. Анализа резултата експеримената према критеријумима постављеним кроз анализу литературе

6.1.1. Затезна чврстоћа

6.1.2. Прслине и угиби

6.1.3. Провера стварног напона у арматури

6.1.4. Дужина сидрења

6.1.5. Цена

6.1.6. Отпорност на корозију

6.2. Предлози за даљу употребу композитних материјала од полимера ојачаних рециклираним влакнима као и композитног материјала испитаног експериментом

6.2.1. формирање конструктивних елемената носиве (примарне) конструкције употребом композитне арматуре од полимера ојачане рециклираним пет стакло влакнима

6.2.2. Кровни елементи

6.2.3. Изгубљене оплате и корубе

6.2.4. Надвратне и надпрозорне греде

6.2.5. Фасадни елементи архитектонских објеката

6.2.6. Урбани мобилијар, огарде и елементи партерног уређења

6.2.7. Остали елементи

6.2.8. Опште напомене

6.3. Остварење постављених циљева и реализација задатака истраживања

**ЗАКЉУЧЦИ, ПРЕПОРУКЕ И ПРАВЦИ ДАЉИХ ИСТРАЖИВАЊА**

**БИБЛИОГРАФИЈА (ИЗВОРИ И ЛИТЕРАТУРА)**

**ЛИТЕРАТУРА (СПИСАК ЦИТИРАНЕ И ПОЗИВНЕ ЛИТЕРАТУРЕ)**

*ОПШТА ЛИТЕРАТУРА*

**ПРИЛОГ**

**Изјава о ауторству**

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

**Изјава о коришћењу**



## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Структуру рада чине следеће основне целине: (1) Увод: образложење теме и теоријски оквир истраживања, (2) Композити – преглед и анализа (3) Формирање конструктивних елемената (4) Закључци и препоруке. На крају рада приказани су библиографски подаци (извори и општа литература), попис слика(илустрација), попис табела и прилози.

Уводни део рада (Увод: образложење теме и теоријски оквир истраживања) садржи два поглавља. У првом поглављу уводног дела (Образложење теме истраживања и поставка почетних хипотеза) дефинишу се основне поставке истраживања у дисертацији: образлаже се проблем и предмет истраживања, постављају се полазишта у виду хипотеза истраживања, даје се формулација истраживачких циљева и задатака. У другом поглављу (Образложење методолошког приступа теми истраживања) образлаже основна теоријска позиција и методе спровођења истраживања, даје се, у најкраћим цртама, структура дисертације и образлаже се научна оправданост и очекивани резултати.

Други део рада (Композити – преглед и анализа) подељен је на две целине.

У првој глави дисертације (Композити и њихова примена) у њеном првом поглављу (Шта су композити и историјски преглед развоја) говори се о томе шта заправо значи реч композит, шта су главне карактеристике елемента који је означен појмом композит и историјски развој композита од првих примена на основу интуиције. У другом поглављу (Врсте композита-преглед) даје се преглед класификација композита и ово поглавље уствари представља кратак увод у даљу анализу. Треће поглавље (Влакнима ојачана полимер матрица) одређује даље анализе у смеру који разматра карактеристичну групу композита и садржи два подпоглавља која се баве сагледавањем компоненти која чине овакав композит, а то су влакна и матрице као и материјали који се користе за израду ових елемената. У четвртном поглављу (Примена композита са нарочитим освртом на влакнима ојачану матрицу) даје се преглед примене композита направљених од наведених материјала из примарне производње који се користе у пракси и додатно скреће пажњу на примену оних композита који имају примењена влакна као елемент ојачања матрице.

Друга глава дисертације (Употреба рециклираних материјала као замене за материјала добијене примарном производњом) садржи увод о разлозима за рециклажу а затим у првом поглављу (Анализа података о количинама и начинима рециклаже) сагледавају се доступне информације а везано за начине реализовања процеса рециклаже, посебно по материјалима који се користе у производњи композита начињених од полимерне матрице и влакана, као и анализа података о количинама које су доступне за рециклажу и које се реално рециклирају уз повлачење паралеле са Р.Србијом и подацима који су доступни за територију Р.Србије. У другом поглављу (Разлози погодности материјала из рециклаже за производњу влакана и матрице код композитних материјала) говори се о разлозима који омогућавају употребу материјала из рециклаже за производњу композита; Треће поглавље (Позитивне и негативне стране употребе рециклираних материјала) сагледава карактеристике материјала из првог поглавља треће главе тј. њихове добре и лоше особине везано за наведену употребу у композитима.

Други део рада (Формирање конструктивних елемената) обухвата три главе у којима се анализирају потребни улазни подаци за оцену формирања конструктивних елемената, врши се експериментално утврђивање карактеристика одабраног композитног материјала као пробног модела као и евалуација резултата истраживања.

У трећој глави дисертације, а првој глави друге целине, (Формирање конструктивних елемената архитектонских објеката употребом композита који садрже рециклиране материјале) у првом поглављу (Преглед постојеће регулативе која регулише примену композитних материјала) даје се преглед постојеће регулативе у иностранству, а везано за употребу композита у виду влакнима ојачане полимер матрице, са освртом на постојећу регулативу Р.Србије која не познаје ову област и сагледава се потреба за променом постојеће регулативе и могућност промене; у другом поглављу (Критеријуми које композитна арматура начињена од рециклираних материјала треба да испуни) се на основу анализе литературе и регулативе која важи у иностранству и Републици Србији дају критеријуми и дефинишу смернице које треба да задовољи композит при употреби у елементима конструкције архитектонских објеката. Уз то, сагледава се потребан математички тј. аналитички апарат за аналитичку анализу механичких карактеристика конструктивних елемената архитектонских објеката формираних употребом ојачања у виду композита и то као полимер матрице ојачане влакнима од рециклираних материјала.

Четврта глава дисертације (Експериментално утврђивање карактеристика композита сачињеног од делом рециклираних материјала) у првом поглављу (Истраживачки приступ) сажето описује експериментални приступ тј. фазе експеримента у истраживању; у другом поглављу (Експериментално утврђивање карактеристика композитне арматуре намењене даљој уградњи у конструктивне елементе архитектонских објеката) дат је опис и приказ тока експеримента којим су утврђене неке од карактеристика композита намењеног армирању конструктивних елемената; треће поглавље (Експериментално утврђивање карактеристика конструктивног елемента армираног композитом) дат је опис и приказ експеримента којим су утврђене карактеристике бетонских конструктивних елемената армираних композитом и карактеристике бетонских конструктивних елемената армираних челиком како би се касније могла извршити међусобна компаративна анализа ових елемената али и евалуација аналитички добијених резултата. .

Пета глава (Евалуација резултата и предлози за даљу употребу композитних материјала од полимера ојачаних рециклираним влакнима) у свом првом поглављу (Анализа резултата експеримената према критеријумима постављеним кроз анализу литературе) анализира резултате експеримента, даје се евалуација карактеристика које су оптина тела показала и приступа се међусобној компаративној анализи резултата експеримената са подацима из литературе; у другом поглављу (Предлози за даљу употребу композитних материјала од полимера ојачаних рециклираним влакнима као и конкретног композитног материјала испитаног експериментом) дају се предлози употребе композита од полимера ојачаних рециклираним влакнима а везано за област којом се бави архитектонско конструктство. Четврто поглавље (Остварење постављених циљева и реализација задатка истраживања) се осврће на испуњење постављених циљева и задатака истраживања у целини.

Четврти део рада (Закључци и препоруке) износи сажето закључке спроведеног истраживања и поставља нова истраживачка питања која из њих проистичу.

На самом крају дисертације налазе се неопходни делови рада, који допуњавају научни апарат истраживања, а то су: Библиографија (извори и литература) и додаци и прилози.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Савременост теме препознаје се у неопходности да се рециклирани материјали опсежније укључе у употребу у изградњи архитектонских објеката а ово истраживање се односи на проблематику развоја еколошки прихварљивих решења конструктивних елемената архитектонских објеката што је складу са актуелним енвајронменталним, еколошком и климатским питањима. Ово се може видети и у Закону о планирању и изградњи Р. Србије („Сл. Гласник РС“, бр. 72/2009, 81/2009 – испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 2012/2012, 42/2013 и 50/2013) проистеклом из Националне стратегије одрживог развоја и предвиђа се „уређење и коришћење простора засновано на начелима одрживог развоја“ и „обезбеђење одрживе градње применом техничких мера, стандарда и услова планирања, пројектовања, изградње и употребе објеката“.

Оригиналност дисертације се огледа у чињеници да се досадашња научна истраживања у Србији нису, на овај, начин бавила рециклираним материјалима, композитима од рециклираних материјала, нити формирањем конструктивних елемената архитектонских објеката употребом композита од рециклираних материјала а нарочито полимера ојачаних рециклираним влакнима. Такође, дисертација по први пут ставља у фокус недостатак регулативе која би у Републици Србији омогућила примену композита од рециклираних материјала и конструктивних елемената архитектонских објеката формираних употребом композита од рециклираних материјала.

Коначно, овакав приступ истраживању је у складу са актуелним препорукама стратегијама за подизање нивоа одрживости изградње, представљеним у „Агенди за одрживу изградњу у Европи“ из 2001. године. коју је припремила радна група за одрживо грађење уз консултације у учествовање чланова Европске комисије, представника чланица земаља ЕУ и представника индустрије и привреде.

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

Кандидат је у оквиру докторске дисертације користио обимну литературу и изворе из области архитектонског конструктерства, архитектуре, композитних материјала, екологије, легислативе за примену композитних материјала у архитектонском конструктерству. Избор, обим и квалитет библиографских јединица указује на то да је кандидат упознат са кључним теоријским расправама и резултатима, као и са релевантним примерима у области коју истражује, као и да на одговарајући начин користи изворе за аргументацију својих ставова.

Као најзначајнији извори коришћени у истраживању издвајају се:

- Bisby, L.A., Contributor: Fitzwilliam J., *ISIS Design Manual No. 2: An Introduction to FRP Composites for Construction*, A Canadian Network of Centres of Excellence, Department of Civil Engineering, Queen's University, October 2003.
- R. Aleksic, I. Zivkovic, P. Uskokovic, *Kompozitni materijali*, TMF, Beograd, 2015.
- Design Manual No. 3, "Reinforcing Concrete Structures with Fiber Reinforced Polymers"*, Intelligent Sensing for Innovative Structures Canada Corporation, Winnipeg, Manitoba, Canada, 2007
- CAN/CSA-S806-02 "*Design and Construction of Building Components with Fibre-Reinforced Polymers*", Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, 2007.
- CAN/CSA-S6-06 "*Canadian Highway Bridge Design Code*", Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, 2006.
- CAN/CSA-S807-10 "*Specification for Fibre-Reinforced Polymers*", Canadian Standards Association, Toronto, Ontario, Canada, 2010.
- Stacey, Michael, *Polymers and Architecture: Do we need to specify a high fibre diet?*, RIBA FRSA, Michael Stacey Architects, School of the Built Environment, University of Nottingham
- „Сл. Гласник РС“, бр. 72/2009, 81/2009 – испр., 64/2010 – одлука УС, 24/2011, 2012/2012, 42/2013 и 50/2013
- Teng, J.G., Chen, J.F., Smith, S.T., and Lam, L., *FRP strengthened concrete structures*, Wiley, 2002.
- Hollaway, L.C., and Head, P.R., *Advanced polymer composites and polymers in the civil infrastructure*, Elsevier, 2001.
- Hollaway, L.C., *Polymers and polymer composites in construction*, Thomas Telford Ltd., London, UK, 1990.
- Chawla, K.K. *Composite materials: Science and engineering*, Springer, 1998.
- ACI Special Publication SP-215-9. *Field Applications of FRP Reinforcement: Case Studies*, Published by the American Concrete Institute, 2003.
- Европска комисија, *A sustainable Europe for a better world: A European strategy for Sustainable Development*, коришћено 14. марта 2014. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52001DC0264&from=EN>
- ACI 440.1R-15 "*Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars*," ACI Committee 440, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2015.

ACI 440.3R-12 "Guide for Test Methods for Fiber Reinforced Polymers (FRP) for Reinforcing and Strengthening Concrete Structures," ACI Committee 440, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 2012.

Concrete Engineering Series 23, "Recommendation for Design and Construction of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforced Materials," Research Committee on Continuous Fiber Reinforcing Materials, Japan Society of Civil Engineers, Tokyo, Japan, 1997.

Fib Bulletin No. 40, "FRP Reinforcement in RC Structures", International Federation for Structural Concrete, Lausanne, Switzerland, 2007.

Правилник за бетон и армирани бетон (ПБАБ'87)

CNR-DT 203/2006, "Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars", Italian National Research Council, Rome, Italy, 2007

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Општи теоријско-методолошки приступ одговара комплексној природи теме рада, односно трансдисциплинарном карактеру истраживања. Општа методолошка теоријска позиција овог истраживања је базирана на научној методологији и користи компаративне методе као потупак упоређивања истих или сродних појава или утврђивања њихове сличности и разлика међу њима, аналитички и математички метод који поставља релације а што се проверава кроз експериментални метод ради потврде добијених карактеристичних параметара, али и обрнуто потврђује адекватност примене композитног материјала који је експериментално испитан.

У првом делу истраживања постављен је теоријски оквир рада, анализирани су референтни извори који дају увид у поље формирања композита, карактеристика композита, употребе, као и могућности имплементације рециклираних материјала у процес производње композита а нарочито композита од полимера ојачаних влакнима.

Прво се дефинише шта је то композит, од чега се састоји, који се материјали примењују, а затим се анализирају својства композита од полимера ојачаних влакнима сачињених од материјала из примарне производње. Потом се приступа анализи података везаних за материјале који су погодни за рециклажу и употребу у производњи композита од рециклираних материјала.

Други део дисертације је конципиран као истраживање које се састоји из теоријског дела који се бави компаративном анализом извора и литературе у виду постојеће регулативе, правилника и упуштава из области употребе композитних материјала у архитектонском конструктрству и дефинисањем критеријума које композит треба да испуни, затим дела који даје поставке релација и израза на основу анализираних грађе и дефинисаних критеријума, и експерименталног дела који на основу постављених релација и израза проверава оправданост употребе испитиваног композита од полимера ојачаног рециклираним ПЕТ-стакло влакнима при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката. Индиректно се сагледава и

могућност употребе композита од рециклираних материјала при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката уопште .

У другом делу се такође даје евалуација резултата спроведених истраживањ и предлози за даљу употребу експериментално испитаног материјала од полимера ојачаног рециклираним ПЕТ-стакло влакнима.

#### 3.4. Применљивост остварених резултата

Практична примена резултата састоји се у сагледавању могућности и смерница за даље истраживање ове области, као и примена експериментално испитаног композита од полимера ојачаног рециклираним влакнима за формирање конструктивних елемената архитектонских објеката.

У ширем смислу допринос истраживања се састоји у сагледавању и разумевању начина на који се сродне истраживачке области прилагођавају савременим променама приступа решавању проблема.

У ужем смислу рад је конципиран као прилог истраживањима у области архитектонског конструктерства. Допринос истраживања се састоји у сагледавању и разумевању начина на који се композитни материјали користе у архитектонском конструктерству, сагледавању обухвата регулативе из обалати архитектонског конструктерства везано за композите, постављање релација и израза који дефинисање понашања композита при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката, иницијалног сагледавања потребних критеријума које треба испитати а везано за употребу композита формираних од рециклираних материјала.

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

Докторска дисертација указује да кандидатк влада истраживачим методама и теоријским знањима из области архитектонског конструктерства и пројектовања. У дисертацији су уочене способности кандидата да препозна и издвоји актуелни проблем истраживања, да у односу на њега препозна и примени теоријске поставке које проблем директно или индиректно конотира, да у односу на њих одреди одговарајући истраживачки контекст и одабере адекватне истраживачке методе.

У теоријској и аргументацијској елаборацији, посебно су препознате способности кандидата да успоставља продуктивне релације теоријских поставки из области архитектуре и архитектонског конструктерства и усмерава их ка извођењу закључака.

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

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Миодрага Грбића доприноси развоју уже научне области архитектонско конструктерство.

Преглед, анализа и истраживање кроз овај рад показују широк распон могућности које композити од рециклираних материјала и њихова међусобна комбинација са бетонским елементима пружају.

Композитни материјали својим карактеристикама дају бољу функционалност елементима конструкције архитектонских објеката, као и процесе који ово омогућавају, а тиме дају напредак у архитектонском пројектовању, пројектовању конструкције, квалитету израде и завршне обраде, дуготрајности конструкције али и истраживању нових метријала, технологији израде и производње итд.

- Рециклирани материјали могу послужити за производњу влакана и матрица од којих се формирају композити. На унапређењу технологија у овој области производње интензивно ради и да се спроводи се велики број истраживања, а обзиром да је ова грана технологије је у зачетку и постоји огромно поље неистажених могућности. Такође је могуће рециклирање и самих композита који су већ коришћени па их тиме и њих вратити у нови циклус употребе што даје додатни бенефит и разлог за употребу композитних материјала.
- Област у оквиру архитектонског конструктерства за коју можемо закључити да је погодно користити конструктивне елементе армиране композитима од рециклираних материјала у овом тренутку, а обзиром на недостатак како регулативе тако и експериментално утврђених карактеристика, јесте неки вид секундарне конструктивне употребе (неносива и привремено носива конструкција) као што су формирање коруба и пунилаца, изгубљених оплата, елемената за кровне покриваче, фасадних елемената, елемента урбаног мобилијара, елемента партеног уређења, ојачања преградних зидова у виду серклажа, формирање изгубљених оплата за префабриковане надвратнике и надпрозорнике.
- Композитни материјал од полимера ојачаног рециклираним влакнима, испитан у току овог истраживања погодан је за употребу при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката и то носећих или привремено носећих конструктивних елемената архитектонских објеката (секундарних елемената конструкције). Привремено носећи елементи подразумевају елементе који служе за формирање носећих (примарних) елемената конструкције (изгубљене самоносеће оплате, корубе и слично) а тиме индиректно учествују у формирању носеће конструкције у виду обликовања и обраде.
- Одабрани материјали из рециклаже који су погодни за истраживање и евентуалну употребу у Р.Србији треба да узму у обзир економску ситуацију и опремљеност. Новији и технолошки захтевнији материјали као што су карбон и армид неоспорно подразумевају огромна улагања,

што смо могли да видимо на примеру САД-а. Из овог разлога можемо констатовати да је технологија везана за рециклажу стакла и полимера многоструко прихватљивија до евентуалних остваривања бољих услова и стартних основа која ће свакако доћи из експеримената финансираних и остварених у иностранству. Набројани материјали пружају могућности и за отклањање недостатака али и за даљи напредак са ограниченим ресурсима.

- Увођење употребе композитних материјала у оквиру регулисане од стране државе и струке је неопходно јер уређивање ове области омогућава и употребу композита од рециклираних материјала при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката.
- Композити од полимера ојачаних влакнима начињени од рециклираних материјала учествују у елиминацији отпада који угрожава екосистем тиме што враћају ове материјале у поновну употребу.
- Практична примена резултата састоји се и у сагледавању могућности и смерница за даље истраживање ове области и развој композитних материјала.
- На основу овог истраживања закључује се да при пројектовању конструктивних армиранобетонских елемената треба примењивати чланове 114. и 118. ПБАБ'87 до доношења прописа из ове области.

Рад даје и смернице за даља истраживања:

- Потребно је испитати понашање композитних арматура и нарочито композитне арматуре од полимера ојачаних рециклираним ПЕТ-стакло влакнима у притиснутој зони јер то није био предмет овог рада а јесте битан параметар за употребу при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката.
- Треба експериментално проверити понашање при чупању композитне арматуре из бетонског елемента и утврдити дужину сидрења.
- Неопходно је експериментално испитати понашање материјала при изложености температурним разликама и високим температурама како би се одредила компатибилност са противпожарним прописима.
- Потребно је извршити експериментална тестирања предложених елемената архитектонских објеката у поглављу 6.2.

#### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Изабрана тема рада је од великог значаја за савремену архитектонску теорију и праксу и до сада на овакав начин није истраживана. Истраживање примене композита од рециклираних материјала истиче потребу за изналажењем нових материјала и њихове употребе док се истовремено води рачуна о еколошким факторима, утицају на екосистем и о одрживом развоју. Ово истраживање је имало за циљ да укаже на начин



на који се композитни материјали користе у архитектонском конструкторству, сагледавању обухвата регулативе из обалати архитектонског конструкторства везано за композите, постављање релација и израза који дефинисање понашања композита при формирању конструктивних елемената архитектонских објеката, иницијалног сагледавања потребних критеријума које треба испитати а везано за употребу композита формираних од рециклираних материјала. Као циљ истраживања можемо издвојити и практичну примену резултата која се састоји у сагледавању могућности и смерница за даље истраживање ове области, као и примену експериментално испитаног композита од полимера ојачаног рециклираним влакнима за формирање конструктивних елемената архитектонских објеката.

Рад даје дубља и потпунија научна знања која произилазе из спознаје односа и веза између подсистема архитектонског објекта, конструкције и конструктивних материјала, а практична примена треба да омогући да се проблеми настали услед све оштријих еколошких стандарда превазиђу.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

##### Категорија М24:

1. Грбић, М., Глишић, М., Обрадовић, Р.,: "RECYCLED PET ((POLI) ETILEN-TEREFTALAT ) AS STRAPS FOR REBAR BINDING, - *Facta universitatis - series: Architecture and Civil Engineering*, Потврда о прихватању за објављивање у прилогу

##### Категорија М33:

- Глишић М., Сретеновић Р., Бојанић М., Грбић М.: „Санација конструкције објекта у случајевима лома и деградације стубова и прекорачене дозвољене носивости тла”, Интернационални научни скуп ИНДИС '09, Нови Сад, новембар 2009.

##### Категорија М63:

-Глишић М., Грбић М.: „Ојачавање бетонских конструкција челичним елементима”, Научно-стручно саветовање Савеза Грђевинских Инжењера и Техничара Србије, Златибор, јун 2007

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и детаљне анализе докторске дисертације кандидата Миодрага Грбића дипл.инж.арх, Комисија констатује да је дисертација написана у складу са одабраном темом, и да су структура дисертације, проблем и предмет истраживања, примењени научни методи и научне хипотезе у складу са пријавом теме за коју је Универзитет у Београду дао сагласност. Дисертација у потпуности задовољава научне критеријуме, како у погледу квалитета и научне аргументације, тако и у погледу остварених резултата, научних доприноса и применљивости за будућа истраживања. Кроз израду дисертације, као и кроз објављене радове у монографским публикацијама, зборницима међународних конференција, међународним и домаћим периодичним публикацијама, кандидат је показао способност за самосталан научно-истраживачки рад.

На основу свега претходно наведеног у Реферату, Комисија предлаже Научно-наставном већу Архитектонског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом **„Формирање конструктивних елемената архитектонских објеката употребом полимера ојачаних рециклираним влакнима“** кандидата Миодрага Грбића дипл.инж.арх. прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду.

У Београду, маја 2016. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

Проф. др Милан Глишић, редовни професор, ментор  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

---

др Ружа Окрајнов Бајић, доцент  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

---

др Радојко Обрадовић, доцент  
Универзитет у Београду, Архитектонски факултет

---

Проф. др Весна Радојевић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршког факултет