

НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ГРАЂЕВИНСКОГ ФАКУЛТЕТА  
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Марине Ашкрабић

Одлуком Наставно - научног већа Грађевинског факултета бр. 485/12-17 од 21.05.2021. године именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Марине Ашкрабић, маг.инж.грађ., под насловом:

УТИЦАЈ ПРИРОДНОГ ЗЕОЛИТА И ДРОБЉЕНЕ ОПЕКЕ НА СВОЈСТВА КРЕЧНИХ  
МАЛТЕРА НАМЕЊЕНИХ ЗА РЕСТАУРАЦИЈУ ИСТОРИЈСКИХ ОБЈЕКТА

Наслов на енглеском језику:

INFLUENCE OF NATURAL ZEOLITE AND CRUSHED BRICK ON PROPERTIES OF  
LIME MORTARS FOR RESTORATION OF HISTORICAL BUILDINGS

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија у саставу:

1. Проф. др Бошко Стевановић, дипл.грађ.инж., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;
2. Проф. др Гордана Топличих - Ћурчић, дипл.грађ.инж., Универзитет у Нишу, Грађевинско-архитектонски факултет;
3. В. проф. др Димитрије Закић, дипл.грађ.инж., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;
4. В. проф. др Александар Савић, дипл.грађ.инж., Универзитет у Београду, Грађевински факултет;

је сачинила следећи

## РЕФЕРАТ

### 1. УВОД

#### 1.1 Подаци о процедури пријављивања и предаје дисертације

На седници Већа Катедре за материјале и конструкције одржаној 14.12.2017. године Марина Ашкрабић је јавно излагала предложену тему докторске дисертације под насловом „Утицај природног зеолита и дробљене опеке на својства кречних малтера намењених за рестаурацију историјских објеката“ (на енглеском језику „Influence of natural zeolite and crushed brick on properties of lime mortars for restoration of historical buildings“). Комисија у саставу проф. др Бошко Стевановић, в.проф. др Димитрије Закић и доц. др Александар Савић је прихватила предложену тему.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета бр. 485/4 од 22.12.2017. године, одређена је Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „Утицај природног зеолита и дробљене опеке на својства кречних малтера намењених за рестаурацију историјских објеката“ у саставу проф. др Бошко Стевановић, в.проф. др Димитрије Закић, в.проф. др Гордана Топличих -Ћурчић (са Грађевинско-архитектонског факултета у Нишу) и доц. др Александар Савић. Позитиван извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на седници Наставно-научног већа Грађевинског факултета одржаној 25.01.2018. године (одлука бр. 485/6 од 29.1.2018. године). Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 13.02.2018. године (одлука бр. 61206-598/2-18 од 13.02.2018. године) усвојило је предлог теме докторске дисертације кандидаткиње Марине Ашкрабић.

Кандидаткиња је урађену докторску дисертацију предала Служби за студентска питања Грађевинског факултета 12.05.2021. године.

## 1.2 Научна област дисертације

Тема докторске дисертације припада научној области Грађевинарство и ужој научној области Грађевински материјали, технологија бетона и испитивање конструкција, која је дефинисана Статутом Грађевинског факултета Универзитета у Београду.

Радови публиковани у међународним часописима који квалификују ментора проф. др Бошка Стевановића за вођење докторске дисертације су:

1. Marina Aškračić, Martin Vyšvařil, Dimitrije Zakić, Aleksandar Savić, **Boško Stevanović**, (2021) Effects of natural zeolite addition on the properties of lime putty-based rendering mortars, *Construction and Building Materials*, 270, 121363, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121363
2. Ivan Glišović, **Boško Stevanović**, Marija Todorović, (2016) Flexural reinforcement of glulam beams with CFRP plates. *Materials and Structures*. 49(7), pp.2841-2855. DOI: 10.1617/s11527-015-0690-7.
3. Ivan Glišović, Marko Pavlović, **Boško Stevanović**, Marija Todorović, (2017) Numerical analysis of glulam beams reinforced with CFRP plates. *Journal of Civil Engineering and Management*. 23(7), pp.868-879. DOI: 10.3846/13923730.2017.1341953.
4. Ivan Glišović, **Boško Stevanović**, Miloš Petrović, (2015) Bending behaviour of glulam beams reinforced with carbon FRP plates. *Journal of Civil Engineering and Management*. 21(7), pp.923-932. DOI: 10.3846/13923730.2014.897969.
5. Ivan Glišović, **Boško Stevanović**, Marija Todorović, Tijana Stevanović, (2016) Glulam Beams Externally Reinforced with CFRP Plates. *Wood Research*. 61(1), pp.141-154.
6. Ivan Glišović, **Boško Stevanović**, Tatjana Kočetov-Mišulić, (2012) Embedment Test of Wood for Dowel-type Fasteners. *Wood Research*. 57(4), pp.639-650.

### **1.3 Биографски подаци о кандидату**

Марина Ашкрабић рођена је 19.06.1988. године у Сарајеву. Основну школу и Прву београдску гимназију завршила је у Београду 2006. године, као носилац Вукове дипломе и као Ученик генерације.

Основне академске студије на Грађевинском факултету у Београду завршила је 2010. године са просечном оценом 9,21. На истом факултету је 30.09.2011. године завршила мастер студије. Током студија Марина Ашкрабић је била стипендиста Републичке фондације за развој научног и уметничког подмлатка. Од фебруара 2012. године до јуна 2014. године Марина Ашкрабић је радила у више пројектних бироа (АГ Студио МВ, Пројметал, Археџет) на пословима припреме и разраде пројектне документације. У јуну 2014. године положила је стручни испит за грађевинску струку – област грађевинске конструкције. Докторске студије на Грађевинском факултету у Београду уписала је 2014. године и положила је све испите предвиђене курикулумом докторских студија.

Од децембра 2014. године запослена је као асистент-студент докторских студија за ужу научну област Грађевински материјали, технологија бетона и испитивање конструкција на Катедри за материјале и конструкције Грађевинског факултета у Београду.

Као аутор и коаутор до сада је публиковала 20 радова везаних за ширу проблематику грађевинских материјала и технологије бетона у научним часописима, на домаћим и међународним скуповима. Била је ангажована на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије TR 36017 под називом „Истраживања могућности примене отпадних и рециклираних материјала у бетонским композитима, са оценом утицаја на животну средину, у циљу промоције одрживог грађевинарства у Србији“ у периоду од 2015-2019. године. Члан је техничког комитета RILEM-а TC 271-ASC: Accelerated laboratory test for the assessment of the durability of materials with respect to salt crystallization. Поред наставно-научног рада бави се и стручним радом. Служи се српским и енглеским језиком, а има завршен почетни ниво немачког, руског и француског језика.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1 Садржај дисертације**

Докторска дисертација Марине Ашкрабић под насловом „Утицај природног зеолита и дробљене опеке на својства кречних малтера намењених за рестаурацију историјских објеката“ садржи укупно 202 стране, од којих је основни текст на 158 страна. Дисертација је писана на српском језику и подељена је у 7 поглавља:

1. Увод
2. Методе испитивања кречних малтера
3. Преглед резултата истраживања кречних малтера
4. План истраживања и испитивања компонентних материјала
5. Испитивање малтера са додатком природног зеолита и дробљене опеке
6. Испитивање трајности на композитним узорцима
7. Завршна разматрања са смерницама за даљи рад.

Дисертација садржи 116 слика на којима су приказани дијаграми, цртежи и фотографије релевантни за илустрацију текста и 32 табеле. Списак цитиране литературе садржи 168 наслова. На почетку дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику, са кључним речима и УДК бројем. Биографија аутора дата је на крају дисертације.

Дисертација је технички обликована према упутствима Сената Универзитета у Београду и посебним упутствима за обликовање штампане и електронске верзије доктората. Садржи обавезна поглавља и обрасце: изјава о ауторству, изјава о истоветности електронске и штампане верзије и изјава о коришћењу.

## **2.2 Кратак приказ појединачних поглавља**

Основни текст разматране докторске дисертације има девет поглавља и преглед коришћене литературе. На почетку текста је дат садржај, резиме и списак кључних речи на српском и енглеском језику, списак коришћених симбола, листа слика и листа табела.

У уводном поглављу објашњени су основни појмови везани за кречне малтере, дефинисан је проблем, предмет и циљеви истраживања и приказана је структура тезе.

У поглављу "Методe испитивања кречних малтера" дат је преглед метода које се најчешће користе приликом испитивања различитих својстава кречних малтера.

Затим су у поглављу "Преглед резултата истраживања кречних малтера" приказани резултати истраживања спроведених на малтерима са кречним тестом као везивом, малтерима са додатком пуцолана и са додатком дробљене опеке. Такође, у овом делу је дат и преглед својстава историјских малтера справљених са овим врстама компонентних материјала, о којима имамо сазнања. Приказан је и осврт на кречне малтере коришћене на територији Србије и у оквиру сродних градитељских традиција.

У поглављу "План истраживања и испитивања компонентних материјала" објашњен је програм целокупних истраживања обављених у оквиру ове дисертације, а затим су приказани резултати испитивања компонентних материјала који су послужили као улазни параметри приликом пројектовања малтерских мешавина.

У поглављу "Испитивања малтера са додатком природног зеолита и дробљене опеке" објашњено је формирање рецептура мешавина са додатком природног зеолита са једне и дробљене опеке са друге стране, као и резултати испитивања микроструктурних, хидрофизичких и механичких својстава ових малтера. Добијени резултати су упоређени са резултатима приказаним у поглављу "Преглед резултата истраживања кречних малтера". Након анализе одабране су малтерске мешавине, које су искоришћене за справљање композитних узорака који су испитивани у наредном поглављу.

"Испитивање трајности на композитним узорцима" је поглавље у коме је прво објашњена методологија припреме вишеслојних узорака од малтера на подлози од камена. Затим су описане методе примењене за испитивање отпорности на дејство

мраза, на наизменично квашење и сушење и на дејство растворљивих соли. Приказани су резултати испитивања и упоређени са резултатима из литературе. Коначно, дати су коментари везани за примењене методе испитивања са освртом на предности и мане усвојеног приступа, а затим и поређење отпорности на дејство мраза и растворљивих соли испитиваних малтера.

На крају, у поглављу "Завршна разматрања са смерницама за даљи рад", дати су најважнији закључци спроведених истраживања и разматране могућности даљег развоја истраживања.

Након списка литературе, у прилозима су дати табеларни прегледи, нумерички подаци и фотографије, који су због обимности изостављени из главног дела тезе.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1 Савременост и оригиналност**

Кречни малтери и кречни малтери са додатком пуцолана коришћени су за зидање и малтерисање грађевина током највећег дела развоја људске цивилизације. Након озбиљних оштећења на објектима насталим услед коришћења неодговарајућих санационих материјала, усвојени су принципи компатибилности између нових материјала и оних који су се оригинално налазили на објекту. У складу са тим, актуелна истраживања из ове области крећу се у два основна правца:

- испитивање узорака историјских малтера узетих са различитих позиција и различитих објеката, као и развој нових метода за њихово испитивање,
- испитивање физичко-механичких својстава малтера справљених са различитим до-ступним компонентним материјалима који би били компатибилни са историјским малтерима и који би могли да се примене за санацију и рестаурацију оштећених малтера.

Истраживање приказано у овој дисертацији припада другој описаној групи истраживања. Приликом справљања 19 различитих малтерских мешавина, испитиваних у оквиру дисертације, коришћени су искључиво локално доступни материјали са територије Србије (кречно тесто, речни песак, природни зеолит и дробљена опека). Извршена су опсежна испитивања утицаја додатка природног зеолита, као делимичне замене креча, и дробљене опеке као делимичне замене агрегата, на различита својства кречних малтера. Испитивања су обухватила хемијска, минералозна, микроструктурна, хидрофизичка, механичка и термотехничка својства.

С обзиром на то да су у фокусу испитивања приказаног у дисертацији били малтери за спољашње малтерисање, који представљају спољашњу облогу конструкције и директно су изложени утицајима спољашње средине, посебна пажња је посвећена и испитивањима трајности одабраних кречних малтера. Стандардизоване методе испитивања из ове области не постоје, па је у оквиру дисертације дат преглед до сада коришћених метода, и образложен избор метода примењених за испитивање отпорности малтера на наизменично квашење и сушење, на дејство мраза и дејство

растворљивих соли. У оквиру приказа сопствених експерименталних испитивања објашњен је иновативни предлог за припрему узорака. Такође, извршено је поређење развоја оштећења и промена на предложеним композитним узорцима и стандардизованим призматичним малтерским узорцима.

Узимајући у обзир све наведене чињенице, може се закључити да је предмет истраживања докторске дисертације изузетно актуелна тема и да приказани резултати имају научну и практичну вредност, као и да се несумњиво ради о оригиналном научном истраживању.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма *iThenticate* којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Утицај природног зеолита и дробљене опеке на својства кречних малтера намењених за рестаурацију историјских објеката“, аутора Марине Ашкрабић, потврђена је оригиналност ове докторске дисертације.

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

Списак литературе садржи 168 библиографских јединица релевантних за област истраживања кречних малтера, које су коришћене у изради дисертације. Литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. Кандидаткиња је у дисертацији правилно реферисала научно-стручне радове, уџбенике и стандарде за испитивање. Око 40% наведених референци представљају резултате објављене у последњих 10 година, од којих је већина издата од стране престижних интернационалних часописа, као што су *Construction and Building Materials*, *Cement and Concrete Composites*, *Cement and Concrete Research* и *Materials and Structures*.

### **3.3 Опис и адекватност примењених научних метода**

Рад у дисертацији је реализован паралелном применом теоријског приступа ослоњеног на податке добијене из литературе и практичног приступа заснованог на сопственом експерименталном истраживању. Извршена је критичка анализа и синтеза резултата досадашњих истраживања, прегледом репрезентативне стручне и научне литературе. У том смислу, извршено је прикупљање, анализа и систематизација резултата досадашњих истраживања кречних малтера са различитим минералним додацима пуцоланских својстава, као и преглед до сада примењиваних метода испитивања на кречним малтерима. План и програм експерименталног дела истраживања формиран је на основу резултата прегледа литературе, коришћењем хипотетичко-дедуктивне методе. За анализу добијених резултата примењене су компаративне и статистичке методе испитивања. На основу свега наведеног, добијене резултате и закључке изведене у оквиру дисертације треба прихватити као потпуно валидне.

### **3.4 Применљивост остварених резултата**

Главни резултати добијени у оквиру истраживања указују на следеће:

1. Коришћени природни зеолит из Игоша код Бруса, показао је пуцоланска својства у случају када су малтери неговани у влажним условима. Ипак, само су малтери са већим

процентом замене креча зеолитом (40% и 50%) остварили више вредности чврстоће при притиску од референтних малтера.

2. У случају оба типа агрегата од дробљене опеке који су коришћени за справљање малтера (произвођача „Универзал“ из Аранђеловца и „Салгор“ из Кикинде), приликом неговања малтера у влажним условима дошло је до појаве развоја пуцоланске реакције између наведених агрегата и креча.

3. Облик, димензије и начин формирања композитних узорака, предложених за испитивање трајности кречних малтера, показали су се као адекватни за спровођење ових испитивања.

Изведени закључци су последица анализа спроведених на резултатима сопствених испитивања и поређењем резултата и одређених препорука које се могу пронаћи у релевантној литератури. Добијени експериментални резултати сами по себи представљају допринос, јер повећавају базу резултата испитивања спроведених на кречним малтерима користећи компонентне материјале који нису до сада били коришћени у овом облику. Такође, ови резултати представљају основу за будући истраживачки рад.

Сваки историјски објекат се разликује према начину градње, примењеним материјалима, специфичним географским и микроклиматским одликама поднебља, претходно изведеним санационим радовима и слично. Резултати приказани у оквиру дисертације, могу послужити као помоћ приликом доношења одлуке о избору компонентних материјала, међусобним односима компоненти приликом справљања малтера, као и испитивањима која је потребно спровести на малтерским мешавинама намењеним за спољашње малтерисање.

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

Кандидаткиња Марина Ашкрабић се у оквиру своје докторске дисертације бавила изучавањем и критичком анализом доступне релевантне литературе, затим планирањем, спровођењем, обрадом и анализом резултата експерименталног истраживања. Систематичним приступом постављеном проблему, повезујући различите сегменте научно-истраживачког рада, Марина Ашкрабић је успешно решила постављене задатке и доказала да поседује способност за самостални научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1 Приказ остварених научних доприноса**

У оквиру докторске дисертације Марине Ашкрабић остварени су следећи научни доприноси:

1. Извршена је систематизација стандардизованих и нестандардизованих метода коришћених за испитивање кречних малтера;
2. Извршена су систематска испитивања хемијског и минералшког састава и хидрофизичких, термотехничких, механичких и микроструктурних својстава кречних малтера са додатком зеолита и дробљене опеке.

3. Показано је на који начин проценат замене креча зеолитом и природног агрегата дробљеном опеком, као и начин неге ових малтера, утиче на наведена својства кречних малтера при различитим старостима.

4. Предложен је начин припреме, изглед и облик композитних узорака који би се користили за испитивања трајности малтера за спољашње малтерисање.

5. Упоређен је и анализиран развој оштећења, као и промене механичких својстава, приликом испитивања трајности код композитних узорака и стандардних призматичних малтерских узорака.

#### **4.2 Критичка анализа резултата истраживања**

Истраживачки рад Марине Ашкрабић био је оријентисан на испитивање могућности примене локално доступних материјала на територији Србије (кречног теста, природног песка, природног зеолита и дробљене опеке) у справљању кречних малтера за спољашње малтерисање, намењених за рестаурацију историјских објеката. У оквиру истраживања је спроведен низ експеримената коришћењем стандардизованих и нестандардизованих метода и добијени су резултати који омогућавају извођење одређених закључака, али и њихову даљу употребу од стране других истраживача.

Утврђено је да коришћени природни зеолит из Игроша, код Бруса и оба типа коришћеног агрегата од дробљене опеке у контакту са кречом дају производе пуцоланске реакције и омогућавају очвршћавање кречних малтера и у влажним условима. Својства испитиваних малтерских мешавина су у великој мери зависила од процента делимичне замене креча природним зеолитом или речног агрегата агрегатом од дробљене опеке, као и од начина примењене неге узорака.

На одабраним малтерима са додатком зеолита спроведена су и испитивања трајности на композитним узорцима и стандардизованим призматичним узорцима појединачних малтера. Показано је да је предложени начин формирања композитних узорака адекватан за испитивања отпорности на наизменично квашење и сушење, отпорности на дејство мраза и отпорности на дејство растворљивих соли. Испитивани композитни узорци су показали добру отпорност на дејство мраза, као и на дејство раствора натријум-хлорида, али нису били отпорни на дејство раствора натријум-сулфата у одабраној концентрацији од 10%. У оквиру дисертације дати су и предлози за могуће корекције метода примењених за испитивање трајности ових малтера.

Како би испитиване малтерске мешавине могле имати ширу употребу у пракси, неопходно је истражити понашање предложеног малтерског система у реалним условима, израдом пробног поља малтера за спољашње малтерисање на изабраном историјском објекту.

#### **4.3 Верификација научних доприноса**

У току израде дисертације Марина Ашкрабић је међународној и домаћој, научној и стручној јавности представила свој рад кроз следеће публикације:



Категорија М21:

1. **Aškrabić, M.**, Vyššvařil, M., Zakić, D., Savić, A. & Stevanović, B. Effects of natural zeolite addition on the properties of lime putty-based rendering mortars. *Construction and Building Materials* 270, 121363. ISSN: 0950-0618 (2021)

Категорија М33:

1. **Aškrabić, M.**, Zakić, D., Savić, A. & Miličić, Lj. Effects of natural zeolite addition to lime based render layers for restoration of historical buildings. *Proceedings of the 5th Historic Mortars Conference*, RILEM PRO 130, 1087–1098 (2019)

2. **Aškrabić M.**, Stevanović B., Zakić D., Savić A., Topličić-Ćurčić G. Effects of fine crushed ceramic waste addition to lime-based coating for restoration of historical buildings, *V International Symposium for Students of Doctoral Studies in the fields of Civil Engineering, Architecture and Environmental Protection*, Proceedings, PhIDAC 2019, 296-303, ISBN 978-86-88601-43-6 (2019)

Категорија М53:

1. **Aškrabić M.**, Stevanović B., Zakić D., Topličić-Ćurčić G., Savić A.: Pravci istraživanja maltera na bazi kreča za restauraciju istorijskih objekata, *Građevinski kalendar 2018*, Vol. 50., Beograd, 285-310, 0352-273,50 UDK:691.554, ISSN 0352-2733, COBIS.SR-ID 43031, Pregledni naučni članak, (2018)

Категорија М63:

1. **Aškrabić M.**, Zakić D., Savić A., Jevtić D., Mušović E., Stanimirović S.: Krečni malteri sa dodatkom reciklirane opeke namenjeni za restauraciju istorijskih objekata, *Zbornik radova sa nacionalnog kongresa DGKS*, 180-189, ISBN 978-86-6022-069-3 (2018)

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У оквиру докторске дисертације Марине Ашкрабић, маг.инж.грађ., дат је значајан допринос у области испитивања кречних малтера и могућностима примене локално доступних материјала за справљање кречних малтера који би били компатибилни са историјским малтерима коришћеним на простору Србије и других земаља сличних градитељских традиција.

Резултати експерименталних истраживања која су спроведена од стране кандидата, као и предложене измене у коришћеним методама за испитивање трајности кречних малтера, представљају оригинални научни и стручни допринос у области грађевинских материјала, технологије бетона и испитивања конструкција. Резултати истраживања имају практичну примену и могу да послуже као основ за даља научна истраживања у овој области. Комисија сматра да докторска дисертација у потпуности испуњава све захтеване критеријуме, као и да је кандидаткиња показала способност за самосталан научно-истраживачки рад у свим фазама израде ове дисертације.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно научног већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Утицај природног зеолита и дробљене опеке на својства кречних малтера

намењених за рестаурацију историјских објеката“ (наслов на енглеском језику „Influence of natural zeolite and crushed brick on properties of lime mortars for restoration of historical buildings“) кандидаткиње Марине Ашкрабић, маг.инж.грађ. изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду, као и да се након завршетка ове процедуре, кандидаткиња позове на јавну одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

Београд, 24.05.2021.

Проф. др Бошко Стевановић, дипл. грађ. инж.  
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

Проф. др Гордана Топличић - Ћурчић, дипл. грађ. инж.  
(Грађевинско-архитектонски факултет Универзитета у Нишу)

В. проф. др Димитрије Закић, дипл. грађ. инж.  
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)

В. проф. др Александар Савић, дипл. грађ. инж.  
(Грађевински факултет Универзитета у Београду)