

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
1. Датум и орган који је именовео комисију: Решењем бр. <b>012-40/32-2024</b> од <b>05.09.2024.</b> године, на основу Одлуке Наставно научног већа, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука, проф. др Борис Думнић, именовео је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.			
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :			
1.	др Мученски Владимир	Редовни професор	Технологија и организација грађења и менаџмент 13.02.2024.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	др Убавин Дејан	Редовни професор	Инжењерство заштите животне средине 12.07.2022.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	др Адамовић Драган	Ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине 10.07.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	др Степанов Боривој	Ванредни професор	Термотехника, термоенергетика и управљање енергијом 01.02.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	др Михајловић Вишња	Ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине 31.03.2023.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

6.	др Чепић Зоран	Ванредни професор	Инжењерство заштите животне средине 01.12.2023.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Факултет техничких наука, Нови Сад установа у којој је запослен-а		Ментор функција у комисији

## II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- Име, име једног родитеља, презиме:  
**Горан, Славољуб, Бошковић**
- Датум рођења, општина, држава:  
**21.07.1987., Крушевац, Република Србија**
- Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:  
**Машински факултет, Краљево, Машинство, Грађевинска и транспортна механизација, Дипломирани инжењер машинства - мастер**
- Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:  
**2019. година, Инжењерство заштите на раду**

## III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Развој методе за одређивање зона опасности од пожара у високорегалним складиштима**

## IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација написана је на 134 страна. Садржи 7 поглавља, 56 табела, 32 слике, 99 литературних навода и 2 прилога. Дисертација садржи следећа поглавља:

- Увод
  - Преглед досадашњих истраживања
  - Математички и нумерички модел за одређивање потенцијалних зона опасности од пожара у високорегалном складишту
  - Примена развијене методе на најчешће случајеве конфигурације складишта
  - Оптимизација складишта применом оптимизационих метода и коришћењем развијеног нумеричког модела
  - Резултати и дискусија
  - Закључак
- Литература  
Прилози

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У оквиру уводног поглавља, дефинисани су предмет и проблем истраживања, актуелни владајући ставови из области истраживања, циљеви и потреба за истраживањем, методе истраживања, хипотезе истраживања и дат је кратак приказ садржаја рада.

У другом поглављу, дат је преглед литературе где су анализирана постојећа истраживања везана за пожаре у објектима за складиштење. Представљени су конвенционални приступи у вези са проценом ризика, али и модерне тенденције у предвиђању опасности по безбедност људства у објектима.

У трећем поглављу детаљно је описана метода развијена приликом истраживања у оквиру докторске дисертације, којом се одређују положај и величина потенцијалне зоне опасности од пожара. Развијена метода се састоји од четири фазе: одабир кључних параметара материјала, одређивање тежинских коефицијената коришћењем MСDM методе, одређивање локацијских параметара свих складишних јединица и тродимензионална COG метода за одређивање потенцијалних зона опасности од пожара. Употребом параметара везаних за материјале који се складиште, добијају се тежински коефицијенти везани за емисију штетних продуката ( $w_{ei}$ ) и тежински коефицијенти везани за сагоревање ( $w_{ci}$ ). Коришћењем наведених тежинских коефицијената, који у почетној фази представљају улазне податке, развијена метода коришћењем програмског пакета Matlab, омогућава једноставно одређивање потенцијалних зона опасности од пожара са припадајућим тродимензионалним приказом.

У четвртном поглављу развијена метода је тестирана на одговарајућим нумеричким примерима уз употребу програмског пакета Matlab. Разматрана су 4 карактеристична распореда регала у складишту (layout-a), са 4 и 5 врста материјала (дрво, картон, иверица, PVC пластика и гума), као и различите варијанте испуњености регала складишних јединицама (50%, 70% и 100%) са подједнаком заступљеношћу свих материјала од 20%. Спроведене симулације су имала двоструки циљ, валидацију математичког модела у оквиру развијене методе и верификацију прве две хипотезе у вези са утврђивањем положаја зоне опасности од пожара у зависности од конфигурације високорегалног складишта, као и потврде да положај зоне опасности од пожара коришћењем тежинских коефицијената ( $w_{ei}$ ) и ( $w_{ci}$ ) није еквивалентан.

У оквиру петог поглавља анализирана је примена оптимизационих алгоритама при одређивању потенцијалних зона опасности од појаве пожара у складиштима, са кратким освртом на њихов развој и поделу. У склопу овог поглавља дат је детаљан опис DE и SARO оптимизационих алгоритама који су примењени ради побољшања ефикасности развијене методе. Циљ оптимизације, који је дефинисан одговарајућом функцијом, јесте добијање оптималног решења високорегалног складишта са аспекта сагоревања материјала и са аспекта емисије штетних гасова, што је и једна од хипотеза у оквиру дисертације.

Шесто поглавље су резултати и дискусија, где су анализирани и међусобно поређени резултати добијени спровођењем процедуре за одређивање потенцијалних зона опасности од пожара и резултати добијени поступком оптимизације. Поређење је извршено на основу параметара који представљају крајње резултате у поступку прорачуна и симулације. Осим тога дато је детаљно објашњење свих специфичности и феномена који су везани за поступак одређивања потенцијалних зона опасности од пожара.

У седмом поглављу које представља закључак рада, сублимиране су најважније чињенице из целокупне дисертације, са посебним освртом на закључке изведене у оквиру поглавља резултати и дискусија. На крају поглавља дефинисани су правци у којима се истраживање може наставити у циљу унапређења перформанси развијене методе за одређивање потенцијалних зона опасности од пожара у високорегалним складиштима.

Поглавље Литература, садржи списак коришћене литературе, који садржи 99 референци, које обухватају књиге, студије случајева, докторске дисертације, научне радове из водећих часописа и са научних конференција.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

### Међународни научни часописи категорије M20:

1. **Bošković G.**, Todorović M., Ubavin D., Stepanov B., Mihajlović V., Perović M., Čepić Z., A New Method for the Determination of Fire Risk Zones in High-Bay Warehouses, *Fire*, Vol. 7, No. 4 (2024), 49; <https://doi.org/10.3390/fire7040149> (M21)

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини M30:

1. **Bošković G.**, Čepić Z., Ubavin D., Todorović M., Bošković M., Dima M., Contribution to determining fire risk zones in the high-bay warehouses, *2nd International "EUROSA Conference", Vrnjačka Banja, 15-18 May 2024*, Vol. 1 (2024), pp. 68-77, ISBN 978-86-6022-676-3 (M33)
2. **Bošković G.**, Čepić Z., Ubavin D., Todorović M., Bošković M., Methods for Fire Risk Assessment in Warehouses - an Overview, *1st International "EUROSA Conference", Brzeće (Kopaonik), 12-15 September 2023*, Vol. 1 (2023), pp. 15-19, ISBN 978-86-6022-621-3 (M33)
3. **Bošković G.**, Todorović M., Marković G., Čepić Z., Mladenović P., Multi-Aisle Automated Rack Warehouse Simulation for Average Travel Time, *XI International Conference "Heavy Machinery-HM 2017", Vrnjačka Banja, Serbia, 21-24 June 2023*, Vol. 11 (2023), pp. A.53-A.58, ISBN 978-86-82434-01-6. (M33)
4. **Bošković G.**, Ubavin, D., Ilić Mićunović M., Radovanović Lj., Čepić Z., Fire in Industrial Facilities from the Aspects of Facility Safety and Employees Health, *X International Conference "Industrial Engineering and Environmental Protection IIZS 2020", Zrenjanin, Serbia, 8-9 October 2020*, Vol. 11 (2020), pp. 422-426, ISBN 978-86-7672-340-9 (M33)

### Радови у часописима националног значаја (M50)

1. **Bošković G.**, Čepić Z., Ubavin D., Determination of Relative Weight Coefficients Based on Thermal Characteristics of Materials Using the F-AHP Method, *Engineering Today*, Vol. 1, No. 4 (2022), 27-32. <https://doi.org/10.5937/engtoday2204027B> (M52)

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Нагли раст индустријске производње условио је потребу за обезбеђењем одговарајућих капацитета за складиштење и несметани пласман производа на глобалном нивоу, при чему су развојну улогу у областима логистике и дистрибуције имала високорегална складишта. Са порастом габарита високорегалних складишта и капацитета за складиштење повећала се и рањивост објеката по питању пожара и безбедности и здравља на раду. Из наведених разлога, јавила се потреба за развојем методе за одређивање потенцијалних зона опасности од пожара у објектима за складиштење, тачније високорегалним складиштима. Истраживања спроведена у оквиру ове дисертације имала су за циљ да представе нову методу која ће се примењивати за горе поменуте потребе.

У циљу провере ефикасности развијене методе извршено је тестирање на одговарајућим нумеричким примерима при чему су разматрана 4 распореда регала у складишту (layout-a), 5 врста материјала (дрво, картон, иверица, PVC пластика и гума), као и различите варијанте испуњености регала складишним јединицама (50%, 70% и 100%) са подједнаком заступљеношћу свих материјала од 20%. Варијацијом распореда регала у складишту и процентуалне испуњености регала складишним јединицама, променом позиције ускладиштења материјала у регалима и коришћењем тежинских коефицијената ( $w_{ei}$ ) и ( $w_{ci}$ ), формулисани су следећи закључци:

- Коришћењем тежинских коефицијената везаних за емисију  $w_{ei}$ , зона опасности од пожара гравитира ка регалима који су попуњени складишним јединицама са гумом за све случајеве распореда регала у складишту (layout-a) и за све начине попуњавања регала складишним јединицама.
- Употребом тежинског коефицијента  $w_{ci}$ , везаног за сагоревање, зона опасности од пожара увек се налази у близини регала који су попуњени складишним јединицама са иверицом и гравитира ка средишној линији коридора независно од распореда регала у складишту (layout-a) и начина попуњавања регала складишним јединицама.
- Максимална вредност координате центра сфере, која представља зону опасности од пожара по оси Z, износи 5,05 m, што је приближно половини висине регала, док је максимална вредност

растојања од нулте тачке складишта  $r=26,4$  m.

Имајући у виду поступак којим се генеришу параметри који се односе на материјале у складишту, димензије објекта и распоред складишних јединица, као и начин на који симулација функционише, извршена је надоградња тј. унапређење методе коришћењем оптимizacionих техника и алата, применом два савремена биолошки инспирисана оптимizaciona алгоритма. Циљ надоградње развијене методе је добијање оптималног решења распореда регала и складишних јединица у складишту са аспекта безбедности од пожара и безбедне евакуације из складишта. У том смислу, у поступку оптимизације примењени су DE и SARO оптимizacionи алгоритми. Циљ оптимизације, дефинисан функцијом циља, је максимизација растојања потенцијалне зоне опасности од пожара у односу на нулту тачку складишта, чиме се у случају пожара омогућава олакшана евакуација из складишта. За спровођење оптимizacionог процеса од кључног значаја је дефинисање следећих пројектних параметара: број могућих распореда регала у складишту (layout-a) - 4, укупан број варијанти распореда регала према врсти материјала којима су попуњени (укупно 5) тј. број пермутација - 113400, број различитих начина попуњавања регала складишним јединицама - 20. При решавању оптимizacionог проблема анализирана су 2 случаја испуњености складишта: 1) 50% испуњености складишта и 2) 70% испуњености складишта. Уведена су и одговарајућа ограничења која дефинишу подручје претраге, као и број регала код којих се може јавити исти начин попуњавања и који је лимитиран на 2. Након спроведеног поступка оптимизације, коришћењем тежинских коефицијената  $w_{ei}$  и  $w_{ci}$ , добијено је 8 решења распореда регала у складишту са припадајућим параметрима везаним за положај зона опасности и одговарајућим начином попуњавања регала.

На основу резултата добијених поступком оптимизације, формулисани су следећи закључци:

- Коришћењем DE и SARO оптимizacionих алгоритма, за испуњеност складишта од 50 и 70% и тежинске коефицијенте  $w_{ei}$  и  $w_{ci}$ , генерисано је укупно 8 различитих конфигурација регала у складишту, од 113400 расположивих. У 5 случајева се као карактеристични распоред појављује Layout 2, па се исти може сматрати оптималним.
- На основу резултата оптимизације генерисан је план евакуације из високорегалног складишта са припадајућим зонама опасности од пожара и карактеристичним правцима евакуације у случају пожара.
- Због сужавања простора претраге тј. када се изузме простор између регала који је дефинисан ограничењима, центар зоне опасности увек заузима положај у непосредној близини или у самом подручју регала, за разлику од случаја када је коришћен класични приступ.
- Параметар  $r$  који представља растојање зоне опасности од пожара од нулте тачке складишта има значајно веће вредности у поређењу са вредностима добијеним развијеном методом и износи максимално 27,23 m.
- У зависности од распореда и процентуалне испуњености складишта, вредност координате  $Z$ , на којој се налази центар сфере, креће се у распону од  $4,5 \div 5,1$  m. Опсег вредности координате  $Z$  може се сматрати прихватљивим, јер је значајно изнад висине људи, па и уколико до пожара дође, евакуација из складишта може бити спроведена на безбедан начин јер ће се продукти сагоревања по својој природи емитовати ка горњим слојевима.

Развијена метода представља брз и користан алат за процену ризика од пожара у фазама пројектовања нових или адаптације постојећих решења високорегалних складишта. Резултати добијени развијеном методом могу представљати добру полазну основу приликом планирања и пројектовања складишта, распореда регала у објекту, као и приликом пројектовања система за дојаву и гашење пожара, дефинисања превентивних мера и при изради плана евакуације из складишта. Имплементирани поступак заснован на методи описаној у дисертацији може се применити на било које складиште затвореног типа и не односи се само на примере који су разматрани у истој.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Након детаљног прегледа докторске дисертације Комисија закључује да су резултати истраживања приказани и тумачени на јасан и систематичан начин у складу са проблематиком истраживања и темом докторске дисертације. Анализа и евалуација резултата засновани су на новим и оригиналним истраживањима и у складу су са дефинисаним циљевима, задацима и хипотезама истраживања. Велики број графичких приказа омогућава лакше разумевање резултата представљених у дисертацији.

<p><b>У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.</b></p>
<p><b>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање. Навести нумеричке податке о резултатима провере оригиналности рада и дати текстуално образложење.</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?</p> <p><b>Да, дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</b></p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?</p> <p><b>Докторска дисертација садржи све неопходне елементе карактеристичне за докторску дисертацију из области безбедности и заштите на раду. Проблем и циљ истраживања су јасно дефинисани и анализирани. Добијени резултати су адекватно приказани и дискутовани, на основу чега су изведени одговарајући закључци.</b></p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?</p> <p>Докторска дисертација кандидата Горана Бошковића представља оригинални научни рад на тему Развоја методе за одређивање зона опасности од пожара у високорегалним складиштима. Детаљном анализом досадашњих истраживања у области пожара у високорегалним складиштима закључено је да је ова научна област недовољно истражена, нарочито када је у питању одређивање потенцијалних зона опасности од пожара.</p> <p>Научни допринос ове дисертације се огледа у развоју методе којом се могу прецизно одредити потенцијалне зоне опасности од пожара у високорегалним складиштима. Развијена метода узима у обзир конфигурацију и габарите складишта, врсту материјала који се складишти, као и параметре који се односе на понашање материјала у случају њиховог горења, при чему се поменути параметри материјала односе на процес сагоревања материјала и штетне продукте који се ослобађају током процеса сагоревања. Рачунарска симулација математичког модела развијеног у оквиру методе, коришћењем програмског пакета Matlab, омогућава прецизно одређивање локације потенцијалне зоне опасности од пожара. Метода такође омогућава и тродимензионални координатни приказ простора високорегалног складишта са сфером и припадајућим центром, која ће представља потенцијалну зону опасности од појаве пожара. Добијена локација може бити полазни основ приликом пројектовања складишта, система за дојаву и гашење пожара, као и пројектовања евакуације из складишта.</p> <p>Резултати истраживања у оквиру дисертације су добили и међународну научну верификацију објављивањем научног рада у часопису са SCI листе чиме исти представљају оригинални допринос науци.</p> <p><b>Из наведеног Комисија је закључила да је у дисертацији остварен научни допринос у области њеног истраживања.</b></p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p><b>На основу детаљне анализе рада, комисија констатује да су испуњени постављени циљеви и да докторска дисертација не садржи недостатке који би утицали на резултате истраживања.</b></p>
<p>5. Образложење резултата провере оригиналности рада (нумерички и наративно):</p> <p>Провером докторске дисертације кандидата Горана Бошковића у софтверском пакету за детекцију плагијаризма iThenticate, у Библиотеци Факултета техничких наука, о подударности текста дисертације са другим изворима добијен је индекс сличности <b>3 %</b>.</p> <p>Комисија констатује да је проценат подударности задовољавајући и закључује да је докторска дисертација ауторско дело кандидата.</p>

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу наведеног, комисија предлаже:
<b>а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;</b>
б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);
в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:

У Новом Саду,

**13.09.2024. године**

1. др Владимир Мученски, редовни професор

\_\_\_\_\_, председник Комисије

2. др Дејан Убавин, редовни професор

\_\_\_\_\_, члан

3. др Драган Адамовић, ванредни професор

\_\_\_\_\_, члан

4. др Боривој Степанов, ванредни професор

\_\_\_\_\_, члан

5. др Вишња Михајловић, ванредни професор

\_\_\_\_\_, члан

6. др Зоран Чепић, ванредни професор

\_\_\_\_\_, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.