

Радоје Јевтић*

АПСТРАКТ

Пожар представља процес неконтролисаног сагоревања који ствара материјалну штету и угрожава људске животе. Веома је важно знати факторе од којих пожар зависи ради успешног пројектовања и реализације система за заштиту од пожара. Један од таквих фактора је и различити проток ваздуха који може бити у виду ветра, промаје и сл. Симулација различитих брзина протока и њихов утицај на развој пожара у објекту су анализирани у овом раду.

Кључне речи: пожар, брзина протока ваздуха, симулација, FDS

УВОД

Појава пожара у објекту представља веома реалну опасност, која може имати фаталне последице по људске животе и материјална добра. Пожар, генерално, представља неконтролисани и непредвиђени процес ширења топлоте. Пожар карактерише велики број параметара. То су параметри који карактеришу зону горења, зону преноса топлоте и зону дима. Због тога је заштита од пожара веома комплексан и одговоран задатак у циљу очувања безбедности људских живота и материјалних добара. Развој науке, технике, саобраћаја, индустрије као и повећање људске популације и многи други фактори потврђују наведену чињеницу. Заштита од пожара је вероватно стара колико и откриће ватре. Примери пожара на отвореном простору и у зградама приказани су на сликама 1 и 2.

Постоји много непредвидивих фактора који могу имати велики утицај на ширење пожара. Наравно, утицаји на ширење пожара на отвореном и у неком објекту могу бити различити. Један од њих је и брзина ваздуха. Проток ваздуха може бити у виду ветра, промаје и сл. У већини случајева, повећање брзине ваздуха довело је до великог ширења пожара. Али, упркос познавању многих фактора и упркос многим стандардима, последице пожара могу бити фаталне и ширење пожара се може веома тешко предвидети. Зато, један од најуспешнијих и најчешће

ABSTRACT

Fire presents the process of the uncontrolled combustion that makes material damage and endangers human lives. It is important to know the factors that fire depends on for success projecting and realization of fire protection systems. One of such factors is different air flow that could be presented as wind, draft and the like. The simulation of different air flow speeds and its influences on fire propagation in object were analyzed in this paper.

Key words: fire, air flow speed, simulation, FDS

INTRODUCTION

The appearance of fire in objects represents a very possible real situation that could be very danger and could cause destructive consequences on human lives and material properties. Fire, generally, presents uncontrolled and unpredictable process of heat propagation. Fire is characterized with big number of parameters. These are parameters that characterize burning zone, heat effect zone and smoke zone. For that reason, the fire protection is a very complex and very responsible task in every sense of human lives and material properties security. The development of science, technique, traffic, industry as well as the increasing of world population and lot of other factors confirmed noted proposition. The fire protection is probably old as much as the discovery of fire. The examples of the fire over the open space and in buildings are presented on figures 1 and 2.

There are lots of unpredictable factors that could be present with the fire and that could have a great influence on fire propagation. Of course, their influence would be different for the spreading of fire over the open and in some objects. One of them is an air speed. Air flow could be presented through wind, drift, and some kind of air flow and the like. In the vast majority of the cases, the increased air speed brought on the great spread of fire. The main characteristics of the air flow are the speed and direction of air. But, despite the knowledge of many factors and according to many standards, fire consequences could be fatal and fire spreading could be very hard to predict. So, one of the most successful and most frequently used ways for potential

* Radoje Jevtic, PhD in technical science, bachelor engineer of electrotechnic Electro technical school „Nikola Tesla“ in Niš, Aleksandra Medvedeva 18 street, 18000 Niš



Сл. 1. Ширење пожара на отвореном простору - пример Пањак брда изнад Мокре Горе (горе) / Fig. 1. The spreading of fire over open space - an example of Panjak hill, above the Mokra Gora (above)

Сл. 2. Ширење пожара у зградама - пример великог пожара у Хјустону (десно) / Fig. 2. The spreading of fire in buildings - an example of great fire from Houston (right)



коришћених начина за могуће предвиђање пожара јесте употреба симулационог софтвера и један од најчешће коришћених софтвера за ову врсту проблематике је FDS. Оваква симулација може дати велики број корисних информација за предвиђање ширења пожара: могуће и постојеће евакуационе руте, могућа и постојећа места ватре, дима, температурне услове у објекту и друге информације од круцијалне важности за људске животе и материјална добра, а на основу њих се могу пројектовати најбоље позиције за сензоре, оптималан број сензора, могуће евакуационе руте итд.

Наведене чињенице представљају доказ да је симулација пожара одговарајућим софтвером најјефтинији и најсигурнији начин предвиђања пожара и утицаја других фактора на понашање пожара. У овом раду, анализирана је симулација пожара у лабораторијском делу Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу (Blagojević, 2011), (National Institute of Standards and Technology, 2010).

СИМУЛАЦИОНИ МОДЕЛ

Електротехничка школа „Никола Тесла“ у Нишу је средња школа са више од 800 ђака и више од 100 запослених. Сам школски објекат је велики и садржи лабораторијски део, део са учионицама и канцеларијама, тоалетима, библиотеком и салом за физичко васпитање. Површина објекта је 2542,91 m². Објекат има три спрата са максималном висином од 12 m. Цела школа се може поделити на два дела: учионички део и лабораторијски део.

Учионички део Електротехничке школе „Никола Тесла“ има,

fire prediction is the use of the simulation software and one of the most used software for this kind of problem is FDS software. This simulation could give a lot of useful information of possible fire propagation; possible and existed evacuation routes; possible and existed placing of fire, smoke, temperature conditions in object and other information of crucial importance for human lives and material properties, such as the best places for sensors position, optimal number of sensors, projection of possible evacuation routes etc.

Noted facts present the evidence that the simulation of fire with the proper software is the cheapest and the securest way of fire prediction and influence of different factors on fire behavior. In this paper, the fire simulation with different speeds of air flow on the third floor of the Electro technical school „Nikola Tesla“ in Niš laboratory part was analyzed (Blagojević, 2011), (National Institute of Standards and Technology, 2010).

SIMULATION MODEL

The Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš is the secondary vocational school with more than 800 pupils and more than 100 employees. The school object itself is huge and it consists of laboratory part, classrooms part with offices, toilets, library and physical education hall. Approximate object ground surface is about 2542, 91 m². Object has three floors with maximal height about 12 m. The whole school could be divided in two parts: the classrooms part and laboratory part.

The classrooms part of the Electro technical school "Nikola

Сл. 3. Електротехничка школа „Никола Тесла“ у Нишу (лево) / Fig. 3. Electro technical school „Nikola Tesla“ in Niš (left)



Сл. 4. Лабораторијски део Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу (десно) / Fig. 4. Laboratory part of the Electro technical school „Nikola Tesla“ in Niš (right)



Број објекта	Објекат	Димензије	Материјал
426	столица	0,4 m x 0,4 m x 0,4 m (0,5cm дебљина)	иверица
1	столарски сто	3 m x 1,5 m x 0,75 m (4,2 cm дебљина)	храстово дрво
62	средњи сто	2 m x 0,8 m x 0,75 m (3,5 cm дебљина)	иверица
14	већи ормар	1,8m x 1m x 2m	храстово дрво
26	мањи ормар	1,5m x 1m x 1m	храстово дрво
8	под	8,9 m x 6,8m x 0,0015 m	борово дрво
37	табла	2,5 m x 1,27 m x 0,0025 m	иверица
7	панели	2 m x 2 m	кнауф
2670	дрвени панели за зидове	1 m x 0,04 m x 0,005 m	борово дрво
23	врата	1,97 m x 0,85 m x 0,037 m	иверица

Таб. 1. Листа објеката са њиховим димензијама и материјалом у Електротехничкој школи „Никола Тесла“

Number of objects	Object	Dimensions	Material
426	chair	0,4 m x 0,4 m x 0,4 m (0,5cm thickness)	plywood
1	carpenter desk	3 m x 1,5 m x 0,75 m (4,2 cm thickness)	oak
62	middle desk	2 m x 0,8 m x 0,75 m (3,5 cm thickness)	plywood
14	bigger cupboard	1,8m x 1m x 2m	oak
26	smaller cupboard	1,5m x 1m x 1m	oak
8	floor	8,9 m x 6,8m x 0,0015 m	pine
37	table	2,5 m x 1,27 m x 0,0025 m	plywood
7	projector panels	2 m x 2 m	Card board
2670	pine panels for walls	1 m x 0,04 m x 0,005 m	pine
23	doors	1,97 m x 0,85 m x 0,037 m	plywood

Tab. 1. The list of objects with its dimensions and material in Electrotechnical school "Nikola Tesla"

такође, три спрата. У приземном делу налазе се библиотека, наставничка канцеларија, канцеларије административног особља (директор, заменик директора, правна служба и финансијска служба), чекаоница и соба за пријем родитеља. Први и други спрат учионичког дела школе имају 18 учионица, 9 по спрату. Сваки спрат има мушки и женски тоалет. Фотографија Електротехничке школе „Никола Тесла“ представљена је на слици 3. Фотографија лабораторијског дела Електротехничке школе „Никола Тесла“, са означеним местима за проток ваздуха, представљена је на слици 4 (Jevtić, 2014), (Jevtić, Ničković, 2014), (Jevtić, Blagojević, 2014).

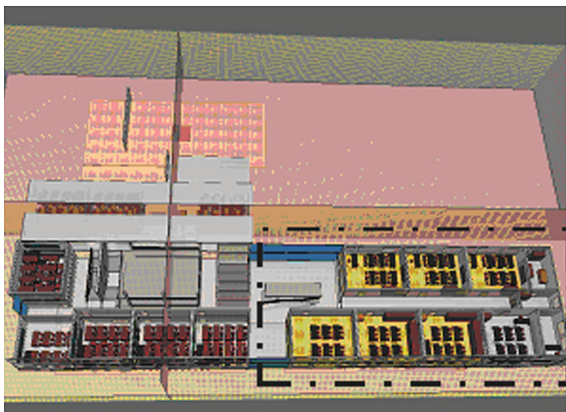
Лабораторијски део школе такође има три спрата и површину око 708,05 m² (40,46 m x 17,5 m). На првом спрату лабораторијског дела су неколико лабораторија, канцеларије помоћног особља, столарница, кантина, ученички клуб и просторија за уређаје за хлађење. На другом и трећем спрату налазе се само лабораторије. Листа објеката који су лоцирани у унутрашњости школе (у лабораторијама, столарници, кантини...), а који могу имати утицај на пожар у лабораторијском делу, са својим димензијама, бројем и материјалом од кога су сачињени дата је у табели 1 (Group of authors, 1987), (Radošević, 1968).

Према школском структурном пројекту, са комплетним димензијама, конструисан је симулациони модел целе школе у програму PyroSim 2012 и анализиран у програму FDS. Инвентар у симулационом моделу је представљен према својим реалним димензијама. Симулација је подразумевала пожар на другом спрату школе. Извор пожара је постављен у лабораторији 112, на поду лабораторије. Димензије извора пожара биле су 1 m x 0.5 m и стопа ослобађања топлоте је била подешена на 100 kW/m². Време симулације је било подешено на 100

Tesla" has also three floors. On the ground floor, there are library, teacher's office, administrative offices (director, vice director, law service and finance service), waiting and parents receiving room. The first and the second floor of the classrooms part consist of eighteen classrooms, nine per every floor. Every floor has toilets for man and women. The physical education hall presents particular object which is connected with school on the first floor. Photography of Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš is presented on figure 3. Photography of the laboratory part of Electro technical school „Nikola Tesla“, with the marked place for air flow is presented on figure 4 (Jevtić, 2014), (Jevtić, Ničković, 2014), (Jevtić, Blagojević, 2014).

The laboratory part of the Electro technical school "Nikola Tesla" has three floors and ground surface about 708,05 m² (40,46 m x 17,5 m). At the first floor of the laboratory part there are several laboratories, staff office, carpenter room, canteen, pupils club and refrigerate devices room located. On the second and the third floor are only laboratories. The list of objects that were located inside the school (in laboratories, carpenter room, canteen...) which could have influence on fire in the laboratory part, with its own dimensions, number and used material) is presented on table 1 (Group of authors, 1987), (Radošević, 1968).

According to the school structural project, with its complete dimensions, the simulation model of the whole school was made in PyroSim 2012 and analyzed in FDS. Inventory at the simulation model was presented according to its real materials. Simulation implied fire simulation on the second floor of the laboratory part of Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš. The fire source was positioned at laboratory 112, on the laboratory floor. The dimensions of the fire source were 1 m



Сл. 5. Симулациони модел Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу са означеним лабораторијским делом, у програму PyroSim
 Fig. 5. Simulation model of the Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš, with marked laboratory part, in PyroSim software



Сл. 6. Симулациони модел лабораторијског дела Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу, са означеним местима за проток ваздуха и детекторима, у програму PyroSim
 Fig. 6. Simulation model of the laboratory part of the Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš, with marked places for air flow and detectors, in PyroSim software

секунди. Изнад извора пожара, у симулационом моделу, постављене су равни за детекцију топлоте, детектори дима и детектори топлоте. Растојање између детектора је било 1 m, док је висина на коју су детектори били постављени била 3,2 m. Симулација је реализована за различите брзине протока ваздуха: 0 m/s, 2 m/s, 4 m/s, 8 m/s и 12 m/s. Основна претпоставка је да ће различите брзине протока ваздуха имати утицај на ширење пожара у смислу његовог повећања. Очекивани резултати би требало да покажу расподелу дима и топлоте за различите брзине протока ваздуха. Симулациони модел Електротехничке школе „Никола Тесла“ у Нишу, са означеним лабораторијским делом, у програму PyroSim, представљен је на слици 5, док је симулациони модел лабораторијског дела, са означеним местима за проток ваздуха и детекторима, у програму PyroSim, представљен на слици 6 (Stanković, 1997), (Đukić, 2004), (Thunderhead, 2012).

РЕЗУЛТАТИ СИМУЛАЦИЈЕ

Симулациони резултати за детекторе дима и топлоте представљени су на сликама од 7 до 26. Због великог броја графика, одлучено је да се прикажу само резултати за детекторе дима и топлоте на првој и четвртој позицији. Важно је напоменути да је активациони праг за детекторе дима био 3, 28 % затамњења, док је активациони праг за детекторе топлоте била температура од 70 °C.

ДИСКУСИЈА

Резултати симулације су показали да проток ваздуха, у зависности од брзине, има велики утицај у смислу протока топлоте и дима кроз област захваћену пожаром. За брзину протока ваздуха од 0 m/s, три детектора топлоте и три детектора дима ће реаговати; за брзину протока ваздуха од 2 m/s, два детектора топлоте и три детектора дима ће реаговати; за брзину протока ваздуха од 4 m/s, само један детектор топлоте и три детектора дима ће реаговати; за брзину протока ваздуха од 8 m/s, само један детектор топлоте и три детектора дима ће реаговати и за брзину

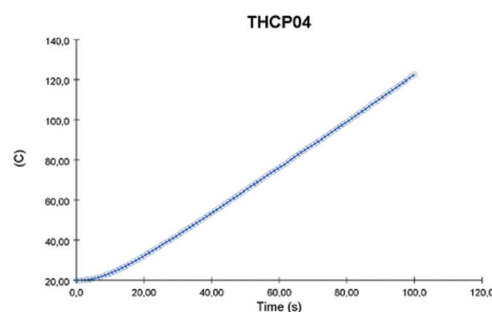
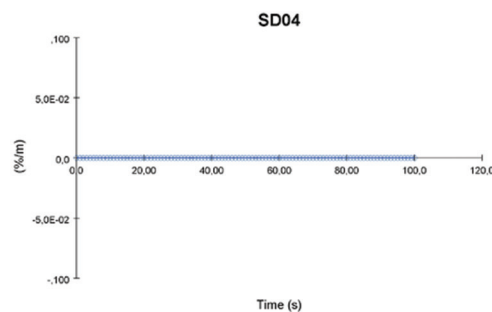
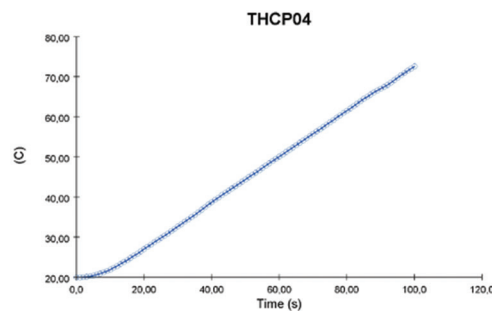
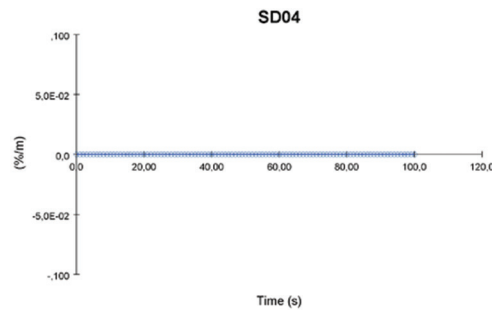
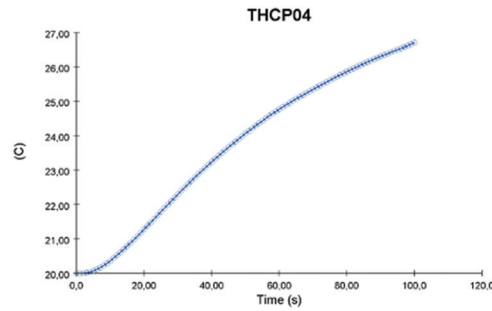
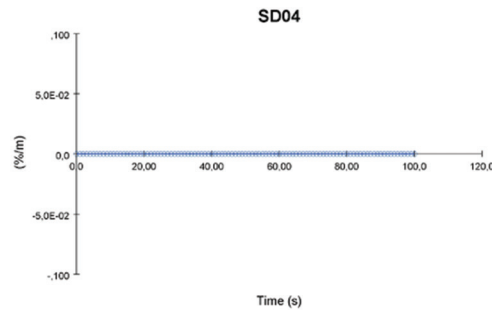
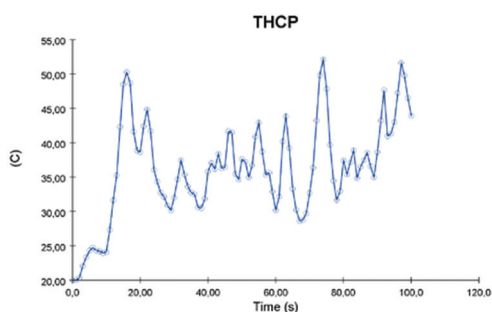
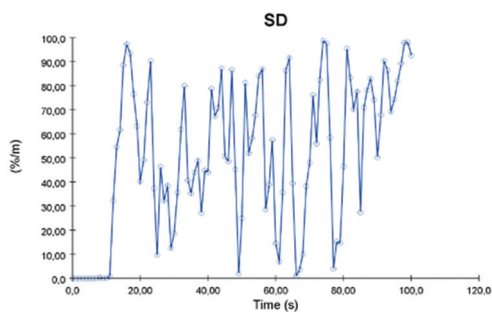
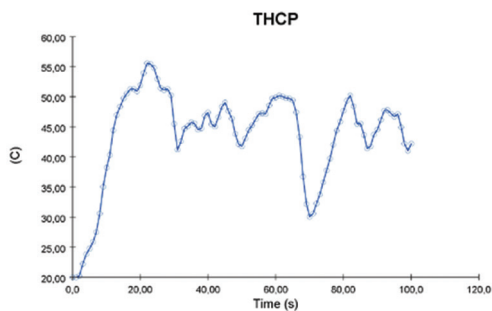
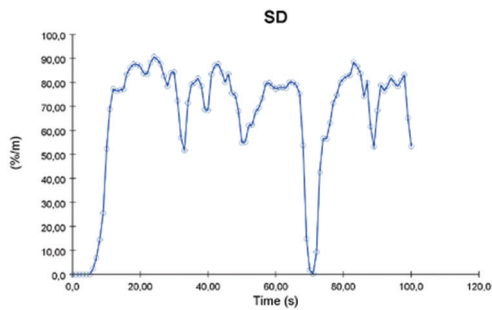
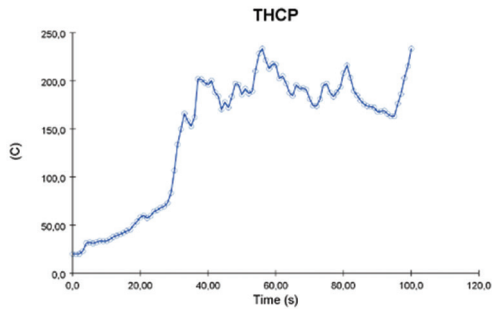
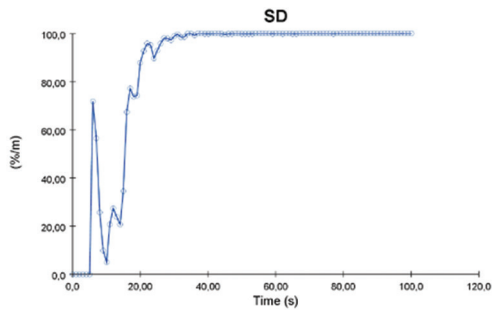
x 0.5 m and the heat release rate per area of the fire source was set to 100 kW/m². The simulation time was set to 100 seconds. Above the fire source, the heat detection plane, smoke detectors and heat detectors were positioned. The distances between detectors were 1 m, while the height of detectors was 3, 2 m for all detectors. The simulation was realized for different air flow speeds: 0 m/s, 2 m/s, 4 m/s, 8 m/s and 12 m/s. The base presumption was that different air flow speeds had an influence on fire propagation, in sense of increase of fire propagation. Expected results should show the smoke and heat distribution for different air flow speeds. Simulation model of the Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš, with marked laboratory part, in PyroSim software is presented on figure 5, while the simulation model of the laboratory part of the Electro technical school "Nikola Tesla" in Niš, with marked places for air flow and detectors, in PyroSim software, is presented on figure 6 (Stanković, 1997), (Đukić, 2004), (Thunderhead, 2012).

SIMULATION RESULTS

Simulation results of smoke and heat detectors are presented on figures from 7 to 26. Due to the large number of graphics, it was decided to present only results for smoke and heat detectors for the first and for the fourth position. It is important to note that the activation threshold for smoke detectors was 3, 28 % of obscuration, while the activation threshold for heat detectors was temperature of 70 °C.

DISCUSSION

The simulation results showed that air flow, depending of its speed, has a great influence in the sense of heat and smoke transferring through the fire area. For air flow speed of 0 m/s, three heat detectors will react and three smoke detectors; for air flow speed of 2 m/s, two heat detectors will react and three smoke detectors; for air flow speed of 4 m/s, only one heat detector will react and three smoke detectors will react; for air flow speed of 8 m/s, only one heat detector will react and three smoke detectors will react and for air flow speed of 12 m/s, only



Сл. 7. Симулациони резултати за први детектор дима, за брзину протока ваздуха од 0 m/s (лево)
Fig. 7. Simulation results of the first smoke detector, for air flow speed 0 m/s (left)

Сл. 8. Симулациони резултати за четврти детектор дима, за брзину протока ваздуха од 0 m/s (десно)
Fig. 8. Simulation results of the fourth smoke detector, for air flow speed 0 m/s (right)

Сл. 9. Симулациони резултати за први детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 0 m/s (лево)
Fig. 9. Simulation results of the first heat detector, for air flow speed 0 m/s (left)

Сл. 10. Симулациони резултати за четврти детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 0 m/s (десно)
Fig. 10. Simulation results of the fourth heat detector, for air flow speed 0 m/s (right)

Сл. 11. Симулациони резултати за први детектор дима, за брзину протока ваздуха од 2 m/s (лево)
Fig. 11. Simulation results of the first smoke detector, for air flow speed 2 m/s (left)

Сл. 12. Симулациони резултати за четврти детектор дима, за брзину протока ваздуха од 2 m/s (десно)
Fig. 12. Simulation results of the fourth smoke detector, for air flow speed 2 m/s (right)

Сл. 13. Симулациони резултати за први детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 2 m/s (лево)
Fig. 13. Simulation results of the first heat detector, for air flow speed 2 m/s (left)

Сл. 14. Симулациони резултати за четврти детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 2 m/s (десно)
Fig. 14. Simulation results of the fourth heat detector, for air flow speed 2 m/s (right)

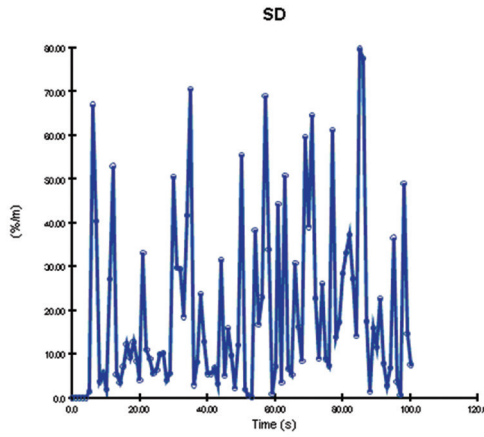
Сл. 15. Симулациони резултати за први детектор дима, за брзину протока ваздуха од 4 m/s (лево)
Fig. 15. Simulation results of the first smoke detector, for air flow speed 4 m/s (left)

Сл. 16. Симулациони резултати за четврти детектор дима, за брзину протока ваздуха од 4 m/s (десно)
Fig. 16. Simulation results of the fourth smoke detector, for air flow speed 4 m/s (right)

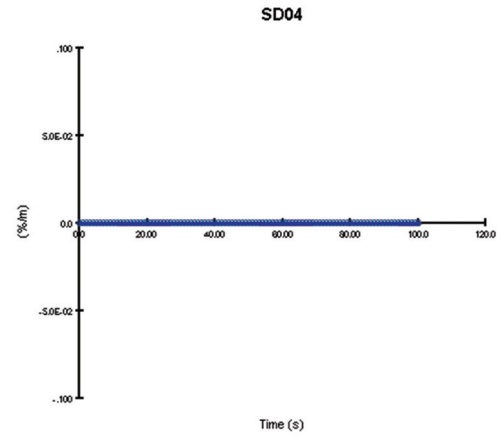
Сл. 17. Симулациони резултати за први детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 4 m/s (лево)
Fig. 17. Simulation results of the first heat detector, for air flow speed 4 m/s (left)

Сл. 18. Симулациони резултати за четврти детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 4 m/s (десно)
Fig. 18. Simulation results of the fourth heat detector, for air flow speed 4 m/s (right)

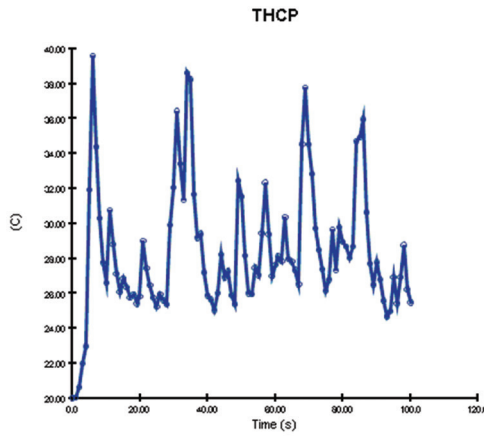
Сл. 19. Симулациони резултати за први детектор дима, за брзину протока ваздуха од 8 m/s (лево)
 Fig. 19. Simulation results of the first smoke detector, for air flow speed 8 m/s (left)



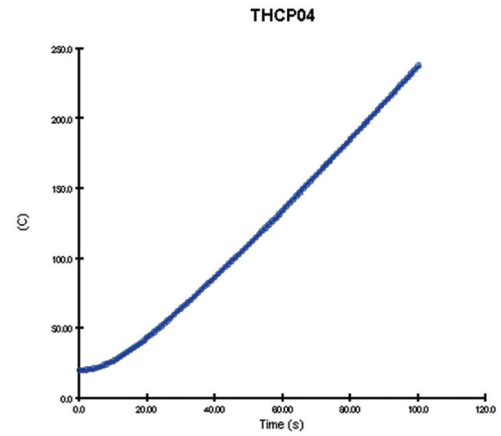
Сл. 20. Симулациони резултати за четврти детектор дима, за брзину протока ваздуха од 8 m/s (десно)
 Fig. 20. Simulation results of the fourth smoke detector, for air flow speed 8 m/s (right)



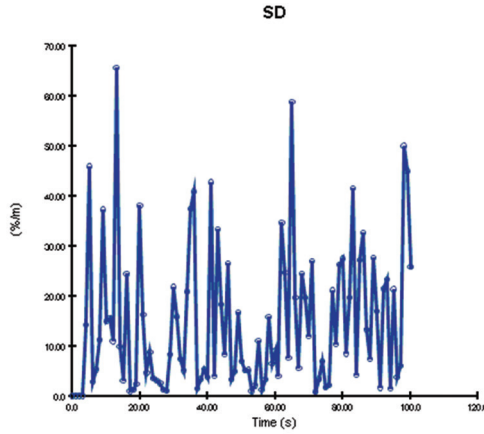
Сл. 21. Симулациони резултати за први детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 8 m/s (лево)
 Fig. 21. Simulation results of the first heat detector, for air flow speed 8 m/s (left)



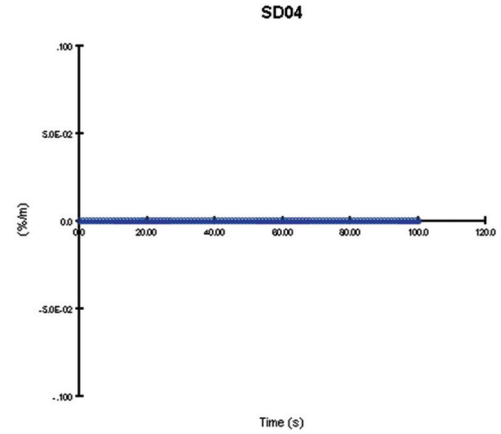
Сл. 22. Симулациони резултати за четврти детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 8 m/s (десно)
 Fig. 22. Simulation results of the second heat detector, for air flow speed 8 m/s (right)



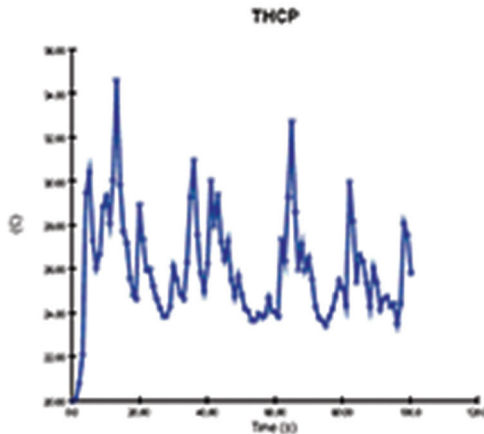
Сл. 23. Симулациони резултати за први детектор дима, за брзину протока ваздуха од 12 m/s (лево)
 Fig. 23. Simulation results of the first smoke detector, for air flow speed 12 m/s (left)



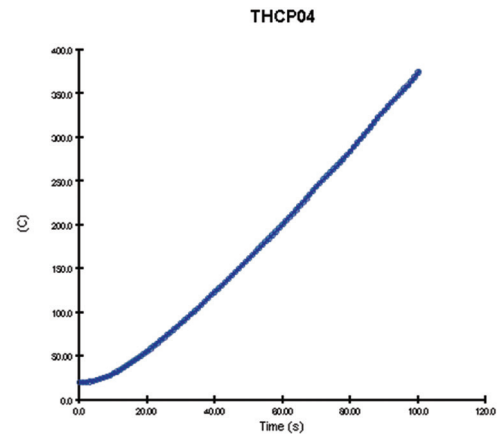
Сл. 24. Симулациони резултати за четврти детектор дима, за брзину протока ваздуха од 12 m/s (десно)
 Fig. 24. Simulation results of the fourth smoke detector, for air flow speed 12 m/s (right)



Сл. 25. Симулациони резултати за први детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 12 m/s (лево)
 Fig. 25. Simulation results of the first heat detector, for air flow speed 12 m/s (left)



Сл. 26. Симулациони резултати за четврти детектор топлоте, за брзину протока ваздуха од 12 m/s (десно)
 Fig. 26. Simulation results of the fourth heat detector, for air flow speed 12 m/s (right)



протока ваздуха од 12 m/s, само један детектор топлоте и три детектора дима ће реаговати. Симулација је показала расподелу топлоте и дима у лабораторијском делу када су врата лабораторије била отворена. Веома важна ствар је била позиција детектора. Иако су позиције детектора регулисане одговарајућим стандардима, симулација је показала да различите брзине протока ваздуха могу имати различите ефекте на реакцију детектора. На пример, у последњем случају, само ће један детектор топлоте реаговати (последњи, после 27 секунди). У првом сценарију, овај детектор уопште није реаговао.

ЗАКЉУЧАК

Ситуација са протоком ваздуха у пожару, у облику ветра, промаје или нечега другог, веома је непредвидива. Употреба симулације пожара смањује могућност појаве оваквих ситуација на безбедан и прецизан начин без последица, што је веома важна предност у односу на експеримент или реалне ситуације.

Симулација пожара неког одређеног објекта омогућава одређивање много различитих параметара: температурна стопа, стопа ослобађања топлоте, стопа дима, брзина протока ваздуха и сл. Спознавање ових параметара и потенцијалног ширења пожара је есенцијални фактор у откривању пожара у раној фази, конструкцији и одређивању потенцијалних евакуационих рута. Симулациони резултати могу показати и потврдити или побити чињенице везане за оптималан распоред детектора пожара, детектора дима, детектора угљен-моноксида, детектора пламена и других пожарних инсталација у циљу очувања људских живота, материјалних добара и завршетка пожара. Посебна добробит од симулације може бити предвиђање потенцијалних евакуационих рута, што је од круцијалне важности за сигурност људи, посебно у објектима као што су школе, стамбени објекти, обданишта итд. (Furness, Mucket, 2007), (DOE-STD-1066-99, 1999), (Jevtić, Ničković, 2013).

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Blagojević, M. (2011) *Alarm systems*, Faculty of occupational safety in Niš, University in Niš, Serbia
- DOE-STD-1066-99 (1999) *Fire Protection Design Criteria*
- Đukić, P. (2004) *Sensors and measurement converters*, Faculty in Split – Compartment of vocational studies, Split
- Furness, A., M. Mucket (2007) *Introduction to Fire Safety Management*, Elsevier
- Group of authors (1987) *Chemistry and technology handbook*, Belgrade, *Publisher working organization Rad*
- Jevtić, B. R., Blagojević, Đ. M. (2014) *On a linear fire detection using coaxial cables*, *Thermal Science*, Vol. 18, No. 2, pp. 603-614.
- Jevtić, B. R. (2014) *The importance of fire simulation in fire prediction*, *Tehnika*

one heat detector will react and three smoke detectors will react. The simulation showed the heat and smoke distribution in the laboratory part when the door of the laboratory, where the fire started, was open. The very important thing was the positions of detectors. Although the detector positions were regulated by appropriate standards, the simulation showed that different speeds of air flow could have different effects on detectors reaction. For example, in last scenario, only one heat detector reacted (the last one, after 27 seconds). In the first scenario, this detector didn't react at all.

CONCLUSION

The situations with air flow in fire, in the form of wind, draft or some other are very unpredictable. The usage of fire simulation decreases this kind of situations in a safe and precise way without any consequences, which is very important advantage according to experiment or real situations.

The fire simulation of some particular object enabling determination of many different parameters, such as, temperature rate, heat released rate, smoke rate, air flow speed and the like. Cognition of this parameters and potential fire propagation is essential factor in fire detecting on early stage, construction and determination of potential evacuation routes. Simulation results can show and confirm or deny facts for the optimal positions of fire detectors, smoke detectors, carbon monoxide detectors, flame detectors and other fire installations in order to save human lives, material properties and fire completion. The special benefit of the simulation could be the prediction of the potential evacuation routes, which is of the crucial importance for the human safety, especially in the objects with lots of humans inside, such as schools, residential objects, nurseries etc (Furness, Mucket, 2007), (DOE-STD-1066-99, 1999), (Jevtić, Ničković, 2013).

- Elektrotehnika*, Vol 1., pp. 153-158, ISSN 0040-2176, Beograd.
- Jevtić, B. R., Ničković, T. J. (2013) *Object evacuation for different speeds of occupants*, 58thETRAN CONFERENCE, Vrnjačka Banja.
- Jevtić, B. R., Ničković, T. J. (2014) *The determination of fire propagation by simulation*, 58thETRAN CONFERENCE, Vrnjačka Banja.
- National Institute of Standards and Technology (2010) *Fire Dynamic Simulator* Baltimore, Maryland, USA
- Radošević, N. (1968) *Chemists and technologist handbook*, Belgrade, *Technical book*
- Stanković, D. (1997) *Physics technical measurements-Sensors*, Belgrade, *University in Belgrade*
- Thunderhead (2012) *PyroSim Exmple Guide*