

**ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА СТРУКОВНИХ СТУДИЈА У НОВОМ САДУ**  
**ОДСЕК ЗАШТИТЕ**  
НОВИ САД, РЕПУБЛИКА СРБИЈА

**ТЕХНИЧКИ УНИВЕРЗИТЕТ У ЗВОЛЕНУ**  
**ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ ЗА ПРЕРАДУ ДРВЕТА**  
**ОДСЕК ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА**  
ЗВОЛЕН, РЕПУБЛИКА СЛОВАЧКА

**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ, ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  
**ДЕПАРТАМАН ЗА ГРАЂЕВИНАРСТВО И ГЕОДЕЗИЈУ**  
НОВИ САД, РЕПУБЛИКА СРБИЈА

# **ЗБОРНИК РАДОВА**

# **BOOK OF PROCEEDINGS**

**6. МЕЂУНАРОДНА НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЈА**  
**БЕЗБЕДНОСНИ ИНЖЕЊЕРИНГ**  
ПОЖАР, ЖИВОТНА СРЕДИНА, РАДНА ОКОЛИНА, ИНТЕГРИСАНИ РИЗИЦИ

**И**

**16. МЕЂУНАРОДНА КОНФЕРЕНЦИЈА**  
**ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА И ЕКСПЛОЗИЈЕ**

**6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON**  
**SAFETY ENGINEERING**  
FIRE, ENVIRONMENT, WORK ENVIRONMENT, INTEGRATED RISK  
**AND**

**16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON**  
**FIRE AND EXPLOSION PROTECTION**

**Нови Сад, 26-27. септембар 2018.**

**Novi Sad, September 26-27, 2018**



***Издавач:***

ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА  
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА  
У НОВОМ САДУ  
21000 Нови Сад, Школска 1  
Србија

***Publisher:***

HIGHER EDUCATION TECHNICAL  
SCHOOL OF PROFESSIONAL STUDIES  
NOVI SAD  
21000 Novi Sad, Školska 1  
Serbia

***За издавача:***

Проф. др Бранко Савић  
Директор Школе

***For the publisher:***

Prof. PhD Branko Savić  
Director of the School

***Одговорни уредници Зборника:***

Проф. др Верица Миланко  
Ванр. проф. др Мирјана Лабан  
Инг. др Ева Мрачкова

***Editors:***

Prof. PhD Verica Milanko  
Assoc. Prof. PhD Mirjana Laban  
Ing. PhD Eva Mračkova

***Техничка припрема и дизајн:***

Бранка Петровић, проф.  
Спц.инг. Милан Дробац

***Prepress:***

Branka Petrović, prof.  
Spc. ing. Milan Drobac

***Дизајн корица:***

Спц. инг. Милан Дробац

***Cover design:***

Spc. ing. Milan Drobac

***Штампа:***

Штампарија Високе техничке школе  
струковних студија  
у Новом Саду

***Printed by:***

Higher Education Technical School of  
Professional Studies  
Novi Sad

***Тираж:***

150 примерака

***Circulation:***

150 copies

Нови Сад, 2018.

Novi Sad, 2018

## ОРГАНИЗАТОРИ КОНФЕРЕНЦИЈЕ



ВИСОКА ТЕХНИЧКА ШКОЛА  
СТРУКОВНИХ СТУДИЈА  
у Новом Саду

Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду основана је 1959. године. Мисија Школе је остваривање циљева високог струковног образовања, стручног рада и истраживања у циљу трансфера и примене стечених знања. Школа образује инжењере на четири одсека (Машинство, Графика, Електротехника и Заштита), са укупно 18 акредитованих програма струковних студија. На Одсеку заштите је 2018. године акредитован струковни мастер програм Инжењерство заштите, а настава се реализује и на три програма основних струковних студија (Заштита од катастрофалних догађаја и пожара, Заштита на раду, и Заштита животне средине), и три програма специјалистичких струковних студија (Заштита од катастрофалних догађаја и пожара, Заштита на раду, и Управљање отпадом). Активно учешће на међународним пројектима, жива конференцијска активност и праћење савремених научних, техничких и технолошких тенденција доприносе сталном унапређењу нивоа квалитета рада у Школи.



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Основна мисија Техничког универзитета из Зволена је пружање универзитетског образовања на акредитованим студијским програмима, као и развој научно-истраживачког рада у разним областима индустрије. Технички универзитет у Зволени чине четири факултета: Шумарски, Технолошки за прераду дрвета, Факултет за екологију и Факултет за еколошку и производну технологију. Одсек за заштиту од пожара је при Технолошком факултету за прераду дрвета.



Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду је високошколска и научно-истраживачка установа, основана 1960. године, чија је мисија реализација висококвалитетних образовних процеса, развој научних дисциплина и трансфер знања у привреди.

Студије се реализују у четири научна поља (техничко-технолошко, природно математичко, друштвено-хуманистичко и уметност), на 13 департмана и 88 студијских програма, на свим нивоима академских и струковних студија.

Департман за грађевинарство и геодезију организује наставу из Грађевинарства, Геодезије и Управљања ризиком од катастрофалних догађаја и пожара (дипломирани и мастер инжењери заштите од катастрофалних догађаја и пожара).



## ORGANIZERS OF THE CONFERENCE



HIGHER EDUCATION TECHNICAL SCHOOL  
OF PROFESSIONAL STUDIES  
Novi Sad

The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Serbia, was founded in 1959. Its mission is to fulfill goals in higher education of professional studies, fields of expertise and research in order to transfer and apply the acquired knowledge. It educates engineers at four Departments (Mechanical engineering, Graphics, Electrical engineering and Protection) in 18 accredited study programmes of professional bachelor, specialist and master studies. In 2018 the professional master programme in Protection Engineering was accredited. In the Department of Protection three more basic professional programmes are studied (Disaster and fire protection, Protection at work, and Environmental protection), as well as three specialist ones (Disaster and fire protection, Protection at work, and Waste management). Active participation in international projects, dynamic conference activities and keeping up with modern scientific, technical and technological tendencies contribute to the continuous improvement of the level of quality of work in the School.



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

The main mission of the Technical University from Zvolen is to provide university education in accredited study programmes as well as to develop scientific research in different fields of industry. The Technical University in Zvolen comprises four faculties: the Faculty of Forestry, the Faculty of Wood Sciences and Technology, the Faculty of Ecology and Environmental Sciences, and the Faculty of Environmental and Manufacturing Technology.

The continual application of modern scientific, technical and technological processes of production and business increases the quality of activities at the University. Department of Fire Protection is at the Faculty of Wood Sciences and Technology.



The Faculty of Technical Sciences in Novi Sad is an institution of higher education and scientific research founded in 1960, whose mission is to realize high quality educational programme, develop scientific disciplines and apply the acquired knowledge in economy and society.

There are four disciplinary-related science and educational fields implemented by the FTS: engineering and technology; natural science and applied mathematics; social and human sciences; and applied art.

Faculty consists of 13 departments implementing 88 study programmes at the undergraduate and postgraduate levels.

The Department of Civil Engineering and Geodesy offers a comprehensive study programme in the field of civil engineering, survey (geodesy) and disaster and fire risk management: Disaster management and Fire Safety B.Sc. Honours and M.Sc. Qualification levels. Disaster Risk Reduction Centre established in 2007, has the mission to promote and contribute to the culture of resilience by dissemination of the latest research results of hazard, vulnerability and risk-related indicators.

## ПРОГРАМСКИ ОДБОР

### *Председник:*

**Верица Миланко**, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду (ВТШССНС),  
Нови Сад, Србија

### *Чланови:*

**Агоштон Решташ**, Државни универзитет за јавне услуге, Будимпешта, Мађарска

**Анита Петровић Гегих**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Борислав Симендић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Бранко Бабић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Бранко Савић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Властимир Радоњанин**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија

**Гордана Броћета**, Архитектонско - грађевинско - геодетски факултет, Бања Лука

**Даница Качикова**, Технолошки факултет за прераду дрвета, Зволен, Словачка

**Драган Карабасил**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Драган Млађан**, Криминалистичко-полицијска академија, Београд, Србија

**Душан Гавански**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Дубравка Бјеговић**, Грађевински факултет, Свеучилиште у Загребу, Хрватска

**Ђорђе Лађиновић**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија

**Едиса Нукић**, Рударско - геолошко - грађевински факултет, Тузла, Босна и Херцеговина

**Ева Мрачкова**, Технолошки факултет за прераду дрвета, Зволен, Словачка

**Жарко Јанковић**, Факултет заштите на раду, Ниш, Србија

**Ивета Маркова**, Факултет природних наука, Банска Бистрица, Словачка

**Јован Вучинић**, Велеучилиште у Карловцу, Хрватска

**Линда Маковичка Освалдова**, Факултет специјалног инжењерства, Жилина, Словачка

**Мирослава Вандличкова**, Факултет безбедносног инжењерства, Жилина, Словачка

**Милош Кнежевић**, Грађевински факултет, Подгорица, Црна Гора

**Менсур Ферхатовић**, Велеучилиште у Риједи, Хрватска

**Мери Цветковска**, Грађевински факултет, Скопље, Македонија

**Мирјана Лабан**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија

**Мирјана Малешев**, Факултет техничких наука, Нови Сад, Србија

**Петра Тановић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Саша Спаић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Франк Д. Штолц**, Технички универзитет, Бранденбург, Немачка

**Шпиро Ивошевић**, Факултет за поморство Котор, Црна Гора

## ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР КОНФЕРЕНЦИЈЕ

### *Председник:*

**Бранко Савић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

### *Чланови:*

**Бранка Петровић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Весна Маринковић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Весна Петровић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Слободан Пурић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Татјана Божовић**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

**Милан Дробац**, ВТШССНС, Нови Сад, Србија

## PROGRAMME COMMITTEE

### *President:*

**Verica Milanko**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

### *Editorial Board:*

**Agoston Restas**, National University of Public Service, Institute of Disaster Management, Budapest, Hungary

**Anita Petrović Gegić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Borislav Simendić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Branko Babić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Branko Savić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Danica Kačikova**, Faculty of Wood Sciences and Technology, Zvolen, Slovak Republic

**Dragan Karabasil**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Dragan Mladen**, Criminalistics-Police Academy, Belgrade, Serbia

**Dubravka Bjegović**, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Croatia

**Dušan Gavanski**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Dorđe Lađinović**, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

**Eva Mračková**, Faculty of Wood Sciences and Technology, Zvolen, Slovak Republic

**Edisa Nukić**, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Tuzla, Bosnia and Herzegovina

**Frank D. Stoltj**, Technical university, Brandenburg, Germany

**Gordana Bročeta**, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina

**Iveta Marková**, Faculty of Science, Banska Bystrica, Slovak Republic

**Linda Makovická Osvaldova**, Faculty of Special Engineering, Žilina, Slovak Republic

**Jovan Vučinić**, Polytechnic of Karlovac, Croatia

**Mensur Ferhatović**, Polytechnic of Rijeka, Croatia

**Meri Cvetkovska**, Faculty of Civil Engineering, Skopje, Macedonia

**Mirjana Laban**, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

**Mirjana Malešev**, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

**Miroslava Vandličkova**, Faculty of Security Engineering, Žilina, Slovak Republic

**Miloš Knežević**, Faculty of Civil Engineering, Podgorica, Montenegro

**Petra Tanović**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Saša Spaić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Špiro Ivošević**, Faculty of Maritime Studies Kotor, Montenegro

**Vlastimir Radonjanin**, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, Serbia

**Žarko Janković**, Faculty of Occupational Safety, Niš, Serbia

## ORGANIZING COMMITTEE

### *President:*

**Branko Savić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

### *Members:*

**Branka Petrović**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Slobodan Purić**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Tatjana Božović**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Vesna Marinković**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Vesna Petrović**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

**Milan Drobac**, Higher Education Technical School, Novi Sad, Serbia

## ПРЕДГОВОР

Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду традиционално организује научне и стручне скупове на највишем нивоу у земљи из области заштите од пожара и експлозије. Са поносом истичемо лидерску позицију у образовању када је у питању струка заштите од пожара.

Давне 1976. године у Новом Саду је одржано 1. Југословенско саветовање заштите од пожара и експлозије, на Пољопривредном факултету у Новом Саду. Окупило је најеминентније стручњаке из области заштите од пожара тадашње Југославије. Одржана су још два саветовања, такође у Новом Саду, 1984. године на „СПЕНС-у“, и 1989. године у хотелу „Путник“.

Од 1994. године, када је организовано 4. Југословенско 1. Међународно саветовање заштите од пожара и експлозија, овај стручни скуп прераста у међународни. Помоћ су нам пружили колеге и стручњаци из Украјине, Пољске и Мађарске. Од тада се саветовање организује сваке друге године, а 2006. године, која је била и година јубиларног десетог саветовања, оно прераста у конгрес струке.

Конференција од 2008. године постаје међународни научни скуп, који се организује у сарадњи с Факултетом техничких наука из Новог Сада и Техничким универзитетом из Зволена, из Републике Словачке и окупља стручњаке из области безбедности и заштите из Србије и иностранства.

Са истим тимом организујемо и 6. Међународну научну конференцију и 16. Међународну конференцију заштите од пожара и експлозија, ове, 2018. године, и то од 26. до 27. септембра у Високој техничкој школи струковних студија у Новом Саду. Циљ конференције је размена најновијих научних сазнања и искустава стручњака из области инжењерства безбедности, а основна тема заштите од пожара се допуњује темама из области инжењерства заштите животне средине, безбедности и здравља на раду и цивилне заштите.

У циљу ефикаснијег управљања ризичним ситуацијама, потребно је извршити идентификацију стања, опасности, изучити узроке ризичних догађаја и изградити стратегију спречавања развоја и последица ризичних догађаја.

Укључивањем научних радника и стручњака који се баве инжењерством безбедности у управљањем процесима у животној и радној околини, могу се очекивати позитивни резултати. Размена мишљења и сазнања је неопходна и један је од корака који доприносе позитивном помаку.

Организациони одбор

## **PREFACE**

The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, traditionally organizes scientific and professional conferences on the highest level in the country in the field of fire and explosion protection. We proudly emphasize our leading position in education when it comes to professions concerning fire protection.

In 1976, 1st Yugoslav conference of fire and explosion is held at the Faculty of Agriculture in Novi Sad. It gathers the most eminent experts in the field of fire of the former Yugoslavia. Then, there are two more conferences, also held in Novi Sad in 1984, at “SPENS”, and in 1989 at the “Putnik” Hotel.

In 1994, when 4th Yugoslav and 1st International conference of fire and explosion is organized, this conference grows into an international meeting with the help of our colleagues and experts from Ukraine, Poland and Hungary. Since then, the conference is organized biannually, and in 2006, on its 10th anniversary, it grows into the congress of the profession.

In 2008 the conference is organized as an international scientific meeting prepared in cooperation with the Faculty of Technical Sciences from Novi Sad and the Technical University in Zvolen from the Slovak Republic, bringing together experts in the field of safety and protection from Serbia and abroad.

With the same team, 6th International scientific conference and 16th International conference on fire and explosion is organized this year at the Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad from 26th to 27th September 2018. The aim of the conference is the exchange of the latest scientific knowledge and experience of experts in the field of safety engineering, and the main topic of fire protection is complemented by topics in the field of environmental engineering, occupational health and safety, and civil protection.

In order to efficiently manage risk situations, it is necessary to identify conditions and hazards, study the causes of risk events and build a strategy for preventing their development and consequences.

Positive results can be expected by involving scientists and experts dealing with safety engineering and process management in the living and working environments. The exchange of opinions and knowledge is essential and one of the steps contributing to progress

Organizing Committee



**САДРЖАЈ:**

<i>Dubravka Bjegović, Marija Jelčić Rukavina, Jelena Šantek Bajto</i> SIGURNOST FASADA NA ZGRADAMA KAO SASTAVNI DIO PROJEKTA ODRŽIVE ZGRADE	17
<i>Danica Kačiková, Veronika Velková, Adriana Eštoková, Róbert Schimo</i> CHARACTERISTIC OF POLYSTYRENE THERMAL DEGRADATION BY THERMAL ANALYSIS	24
<i>Juraj Jancík, Linda Makovická Osvaldová</i> AGING INFLUENCE ON FIRE PROPERTIES OF FIBREBOARDS	30
<i>Eva Mračková, Petra Michalková</i> THE SOFTWARE DESIGN FOR SIZES OF RELIEF AREAS OF DEVICES ENDANGERED BY EXPLOSION	35
<i>Света Цветановић, Дејан Крстић, Срђан Николић</i> МОДЕЛИРАЊЕ ЕФЕКТА ИСПУШТАЊА И ШИРЕЊА ГАСОВА , ПАРА И АЕРОСОЛА ОПАСНИХ МАТЕРИЈА	42
<i>Miroslava Vandlíčková</i> PROPERTIES OF ALUMINIUM FLAMMABLE DUST	52
<i>Милан Протић, Жарко Јанковић, Милан Благојевић, Миомир Раос</i> МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ КАЛОРИМЕТРА ЗА МЕРЕЊЕ ТОПЛОТНЕ СНАГЕ СА ТЕРМОПАРОВИМА	57
<i>Мирјана Лабан, Срђан Попов, Сузана Драганић</i> АНАЛИЗА ПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКЕ РАСПОДЕЛЕ ПОЖАРА	64
<i>Стеван Ђорђевић, Сања Миланко, Верица Миланко, Саша Спаић</i> УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПОТРЕБНОГ ВРЕМЕНА ЗА ЕВАКУАЦИЈУ ИЗ ЗГРАДЕ ВИСОКЕ ТЕХНИЧКЕ ШКОЛЕ СТРУКОВНИХ СТУДИЈА ПРИМЕНОМ РАЧУНСКЕ МЕТОДЕ И МЕТОДОМ СИМУЛАЦИЈЕ	73
<i>Зоран Нешкоски</i> ПОТЕНЦИЈАЛНЕ ОПАСНОСТИ ОД ПОЖАРА ОБЈЕКТА СА ЕНЕРГЕТСКО ЕФИКАСНИМ ФАСАДАМА	83

<i>Божо Илић, Бранко Савић</i> ЕЛЕКТРИЧНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ КАО УЗРОК ПОЖАРА	92
<i>Saša Spaić, Verica Milanko, Dragan Karabasil, Slobodan Purić</i> FOREST FIRES IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN THE PERIOD 2005-2016	100
<i>Маријола Божовић, Мартина Петковић, Лидија Милошевић</i> МОДЕЛИРАЊЕ ПОЖАРА У ФУНКЦИЈИ ПРОЦЕНЕ РИЗИКА ОД ПОЖАРА	111
<i>Биљана Гемовић, Предраг Стајковић</i> ПРИМЕНА AUTOCAD-А У ЗАШТИТИ ОД ПОЖАРА	117
<i>Предраг Марић, Драган Млађан, Бобан Стевановић, Горан Николић, Славиша Ђукановић</i> СТАТИСТИЧКИ ПРИСТУП УТВРЂИВАЊА ИНДИВИДУАЛНОГ РИЗИКА ОД ПОЖАРА У ЕВРОПСКИМ ЗЕМЉАМА И РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ	125
<i>Бранко Бабић</i> ЛОКАЛНА САМОУПРАВА И ПРОЈЕКТИ ИЗ ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА	135
<i>Edisa Nukić, Edin Delić</i> SPECIFICITY OF FIRE FIGHTING IN COAL OUTCROPS AND DUMPSITES WITH HIGH CONTENT OF MATERIALS PRONE TO SPONTANEOUS OXIDATION	145
<i>Мартина Петковић, Драган Кнежевић, Иван Станковић, Акаид Сатдак</i> ЗАШТИТА ОД ШУМСКИХ ПОЖАРА	156
<i>Дарко Јоцић</i> УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ НА ВАТРОГАСНИМ ИНТЕРВЕНЦИЈАМА	163
<i>Mensur Ferhatović, Edvina Čehajić, Demir Ferhatović</i> NOVE TEHNOLOGIJE U VATROGASNOJ SLUŽBI – BESPILOTNI SUSTAVI	169



<i>Горан Ђорђевић, Михаило Раткнић, Љубомир Јаџић</i> ИЗБОР ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА СА ПОСЕБНИМ ОСВРТОМ НА ОПРЕМУ ЗА ГАШЕЊЕ ВОДОМ И ИЗРАДА КАРАТА ПРИМЕЊИВЕ ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ	175
<i>Стеван Јовичић, Зоран Илић, Љубиша Томић, Ненко Бркљач</i> САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ЗА ЗАШТИТУ ОД ПОЖАРА У ХАНГАРИМА ЗА СМЕШТАЈ ВАЗДУХОПЛОВНО ТЕХНИЧКИХ СРЕДСТАВА	185
<i>Анђелко Јанковић, Драган Савић</i> ОТКАЗ ЛЕЖАЈА НАЈЧЕШЋИ УЗРОК ПОЖАРА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА У РБ КОЛУБАРА	194
<i>Новак Оташевић, Дарко Терзић</i> СКЛАДИШТЕЊЕ ЗАПАЉИВИХ ТЕЧНОСТИ У НАМЕНСКИМ ПРЕНОСИВИМ СКЛАДИШТИМА КОНТЕЈНЕРСКОГ ТИПА	201
<i>Иван Аранђеловић, Србислав Генић, Раденко Рајић</i> ОДРЕЂИВАЊЕ РАСПОРЕДА АПАРАТА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА У НЕИНДУСТРИЈСКИМ ОБЈЕКТИМА	209
<i>Весна Петровић, Борислав Симендић</i> АНАЛИЗА ФЛУИДНИХ КАРАКТЕРИСТИКА ПЕНИЛА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА ПРИМЕНОМ РАЗЛИЧИТИХ МЕТОДА	217
<i>Драган Карабасил, Саша Петковић</i> ФУНКЦИЈЕ МОЗГА У ЕКСТРЕМНИМ УСЛОВИМА У ОПОЖАРЕНОМ ОБЈЕКТУ	225
<i>Срђан Николић, Света Цветановић</i> МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЕ У ПОЖАРИМА КАО МОГУЋНОСТ СМАЊЕЊА ШТЕТНОГ УТИЦАЈА ТОПЛОТЕ НА ЧОВЕКА	231
<i>László Komjáthy</i> POŽAR I OSIGURANJE	239
<i>Ивана Божовић, Ђорђе Ђосић, Тања Новаковић</i> ЗНАЧАЈ ОРГАНИЗОВАЊА ОСНОВНЕ ОБУКЕ ИЗ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА ЗА ЗАПОСЛЕНА ЛИЦА	244

<i>Nenad Popović, Nedžad Smajlović</i> UPOTREBA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA I UPRAVLJANJE INFORMACIJAMA U VANREDNIM SITUACIJAMA/STANJIMA	250
<i>Ненад Комазеи, Милица Младеновић, Славица Дабичљевић</i> УПРАВЉАЊЕ ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА У ФУНКЦИЈИ ДРУШТВЕНЕ БЕЗБЕДНОСТИ	258
<i>Душан Врањеш</i> МОГУЋНОСТ ПОЈАВЕ ЕКСТРЕМНОГ УГРОЖАВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА ПРИЈЕДОРА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ	265
<i>Душан Врањеш</i> ПОПЛАВЕ КАО ОБЛИК УГРОЖАВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА ПРИЈЕДОРА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ	273
<i>Влада Племић</i> ПРЕДВИДЉИВОСТ ТЕХНИКЕ У ОДНОСУ НА ВРСТУ НАСТАНКА ОШТЕЋЕЊА И НАСТАНАК ПОВРЕДА У ТЕХНИЧКИМ ИНТЕРВЕНЦИЈАМА У САОБРАЋАЈУ - СИСТЕМ „3Х2“	281
<i>Гордана Броћета, Властимир Радоњанин, Мирјана Малешев, Жарко Лазић, Марина Латинковић</i> РЕЦИКЛИРАЊЕ ОТПАДНОГ БЕТОНА У МОБИЛНИМ И СТАЦИОНАРНИМ ПОСТРОЈЕЊИМА	291
<i>Гордана Броћета, Мирјана Малешев, Властимир Радоњанин, Марина Латинковић, Жарко Лазић</i> НАПРЕДНЕ МЕТОДЕ РЕЦИКЛИРАЊА ОТПАДНОГ БЕТОНА	300
<i>Петра Тановић, Драгана Тодоровић, Татјана Божовић</i> ЗАГАЂЕЊЕ ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА И АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА ПОСЛЕ БЕРБЕ	309
<i>Борислав Симендић, Радослав Мићић, Милан Томић, Александра Алексић, Мирко Симикић</i> УТИЦАЈ НЕЧИСТОЋА У ГЛИЦЕРИНУ НА ЊЕГОВУ ПРИМЕНУ КОД ДОБИЈАЊА БИОБРИКЕТА	316
<i>Весна Маринковић</i> ОТПАД ЗАГАЂЕН ПОЛИХЛОРОВАНИМ БИФЕНИЛИМА	323

<i>Душан Гавански, Звонимир Букта</i> ЗНАЧАЈ СТРУКТУРЕ ФАКТОРА РИЗИКА У УПРАВЉАЊУ РИЗИКОМ	330
<i>Zoran Vučinić, Marko Huzak, Marijan Brozović</i> ANALIZA OZLJEDA NA RADU HP – HRVATSKA POŠTA D.D.	336
<i>Nenad Mustapić, Nikola Trbojević, Jovan Vučinić</i> ANALIZA OBRAZOVNOG SUSTAVA IZ ZAŠTITE NA RADU ZA PRODAVAČA	340



Dubravka BJEGOVIĆ<sup>1</sup>

Marija JELČIĆ RUKAVINA<sup>2</sup>

Jelena ŠANTEK BAJTO<sup>3</sup>

## SIGURNOST FASADA NA ZGRADAMA KAO SASTAVNI DIO PROJEKTA ODRŽIVE ZGRADE

**Sažetak:** Fasade predstavljaju jedan od najbržih puteva za širenje požara u zgradama, prvenstveno zbog neograničene opskrbe kisikom i vertikalnog položaja, ali i zbog današnjih projektnih zahtjeva koji se odnose na energetske učinkovitost i estetski dojam. To dokazuju mnogi požari diljem svijeta s različitim posljedicama, posebno u visokim zgradama. Posljednji veliki požar u Grenfell Toweru, je imao za posljedicu najmanje 80 smrtnih slučajeva. U ovom radu je dan sažet prikaz problema koji se odnosi na širenje požara na fasadama i načinima dokaza ponašanje pojedinog fasadnog sustava u požaru. Poseban naglasak je stavljen je na raznolikost metoda ispitivanja, koje se trenutno koriste u Europskim zemljama.

**Ključne riječi:** požar, ponašanje fasade, visoke zgrade, metode ispitivanja

## FIRE SAFETY OF BUILDING FAÇADES AN INTEGRAL PART OF SUSTAINABLE BUILDING DESIGN

**Abstract:** Façades are one of the fastest pathways for the fire spread in buildings, primarily because of unlimited supply of oxygen and verticality, but also because of the current requirements of the design related to energy efficiency and aesthetic appeal. This is proved by many fire incidents occurred around the world, especially in tall buildings. The Grenfell Tower fire, happened in 2017., being the latest major incident, resulted in at least 80 fatalities. This paper gives the overview of the problem related to fire spread across facades and means of its assessment. Special focus is given to diversity of testing methods, currently used in Europe.

**Key words:** fire, façade behaviour, tall buildings, test methods

---

<sup>1</sup> Prof. emerita, PhD., Sc.C.E., University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Kaciceva 26, 10 000 Zagreb, Croatia, dubravka@grad.hr

<sup>2</sup> Assist. Prof. PhD., M.Sc.C.E., Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, Kaciceva 26, 10 000 Zagreb, Croatia, jmarija@grad.hr

<sup>3</sup> M.Sc.C.E., Central Finance and Contracting Agency (CFCA), Ulica grada Vukovara 284, 10 000 Zagreb, Croatia, santek.jelena@gmail.com

## 1. INTRODUCTION

Among different types of disasters, fire constitutes a significant threat to life and property particularly in urban areas. As the authors of this paper mentioned in their previous papers [1-4], examples of fires in different building types all over the world and especially in recent years are proof of an urgent need to start considering fire safety as an integral part of sustainable building design. Social community has responded to the threat of fire in buildings in many ways, including fire department intervention, insurance, building regulations, education on fire hazards, controls on the use of materials and products in buildings, and the design of buildings to resist the effects of fire.

Façades must fulfil the basic aspects like protection against fire, climatic influence and environmental pollution but also more and more stricter requirements related to reducing energy consumption in buildings. That is why new systems and materials for façades are developed. In this sustainable façade systems, the thickness of the insulation layer has been at least doubled, compared to former requirements, with a tendency of further increase. In that case, if combustible insulation materials (almost all organic materials shown in Fig. 1) are used, the risk of fire spread through façades have been increased.

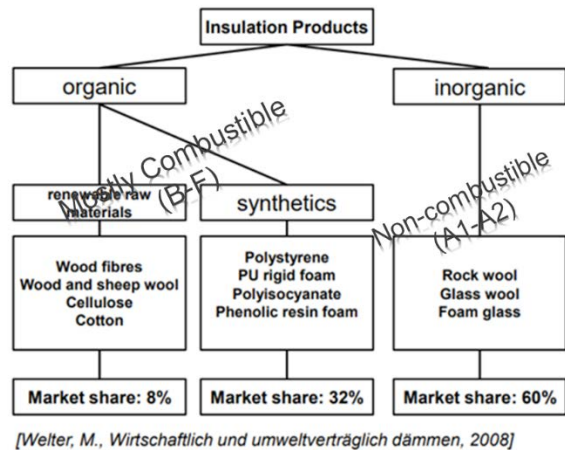


Figure 1 – Groups of thermal insulation materials [xxx]

Although the fires that have started and spread in buildings through combustible materials on façades are considered as relatively rare event, they can have considerable consequences both in terms of property damage and casualties (as presented in Table 1) [5].

In accordance to available literature, façade fires accounted for:

- 3 % of all structure fires
- 3% of civilian deaths and injures
- 8% of property damage
- 98 of façade fires occurring in building less than six stories high
- 42% of fires started on the façade surface
- 32% when the item first ignited was the façade covering

Review of fire incidents related to façade spread showed that they occurred in countries with poor regulatory controls or where construction was not in accordance to regulation [6].

Table 1 – A summary of recent major façade fire incidents [5]

Building	Location	Year	Description	Damage
Grenfell Tower (24 stories)	London, UK	2017	Fire started at 4 <sup>th</sup> floor and spread rapidly through the external cladding which consisted of ACM panels with PE core	79 dead 70 injured
The Address Downtown Dubai (302m tall)	Dubai, UAE	2016	Fire started the parking level while the construction works were ongoing	16 minor injuries
Marina torch (352 m)	Dubai, UAE	2015 & 2017	Fire started in the 52 <sup>nd</sup> floor and spread quickly due to high winds	No injuries
Tamweel Tower (160 m tall)	Dubai, UAE	2012	A fire ignited which burned two separate broad vertical bands of exterior cladding from ground to roof level. ACM panels with PE core	Repair works have begun after 3 years
Saif Belhasa Building (13 stories)	Dubai, UAE	2012	Fire started at the 4 <sup>th</sup> floor and spread rapidly to the roof level. Cladding consisted of ACM panels with PE core	9 flats destroyed 2 injured Debris damaged 5 vehicles
16 Storey apartment building	Baku, Azerbaijan	2015	Rapid fire spread along the cladding which were fitted after a renovation. ‘Polyurethane panels’ according to reports.	17 dead 60 injured
Lacrosse Building	Melbourne, Australia	2014	Fire started on the 6 <sup>th</sup> floor and Fast-running flames soon ignited external wall cladding and aided by combustible material located within the wall structure quickly spread to the top of the building	No injuries
18 storey building	Roubaix, France	2012	Dramatic upwards spread of the fire from its origin to the top of the 18-floor building, apparently fuelled by its highly flammable outer cladding	1 dead 1 injured
28 storey building	Shanghai, China	2010	Building was undergoing renovations which involved installing energy saving insulation. Fire was believed to have spread on polyurethane insulation to external walls	53 dead 90 injured
Monte Carlo Hotel (32 stories)	Las Vegas, US	2008	Fire was burning along the combustible components of the building’s architectural trim and the exterior insulation and finish system which consists of a layer of expanded polystyrene foam adhered to gypsum sheathing	13 minor injuries
Marco Polo Apartments (36 stories)	Honolulu, US	2017	Fire started on the 26 <sup>th</sup> floor and blaze rapidly spread higher. The building did not have a sprinkler system	3 dead 12 injured

## 2. MECHANISMS OF FIRE SPREAD

There are three typical scenarios of fire spread over façades (as shown Fig. 1):

1. Spread of the external fire onto combustible façade by radiation from the neighbouring, separate building,
2. Spread of the external fire onto combustible façade from the source of fire located next to the façade, with the consequence of radiation or direct exposure to fire (litter on the balcony, improperly discarded cigarettes, parked cars etc.),

- An internal fire that has started in a space inside a building spreads through openings in the façade (windows, doors etc.) onto higher or lower floors.

If there is no fast intervention (either by firefighters or by a sprinkler system) a fire in an indoor space can develop to flashover phase, when the flame is most likely to come out through the openings on the façade (windows or doors). By the time glass on the openings cracks and a fire breaks outside, flames can reach up to 5 metres above the edge of the opening regardless of the façade system and the type of material used (Figs. 2 and 3), which is both influenced by a façade system and by airflow speed.

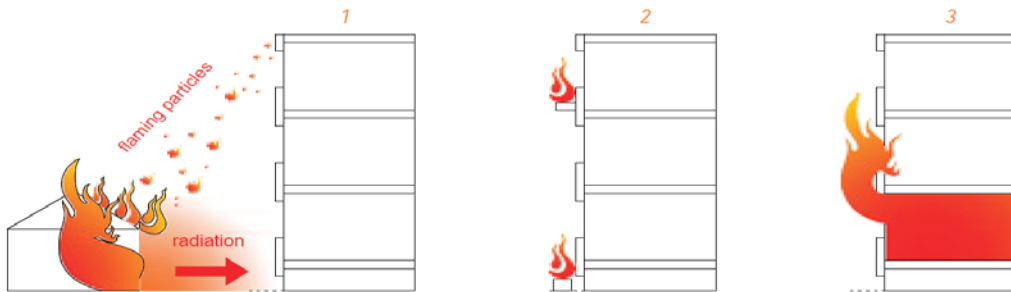


Figure 2 – Three typical scenarios of fire spread across façades [7]

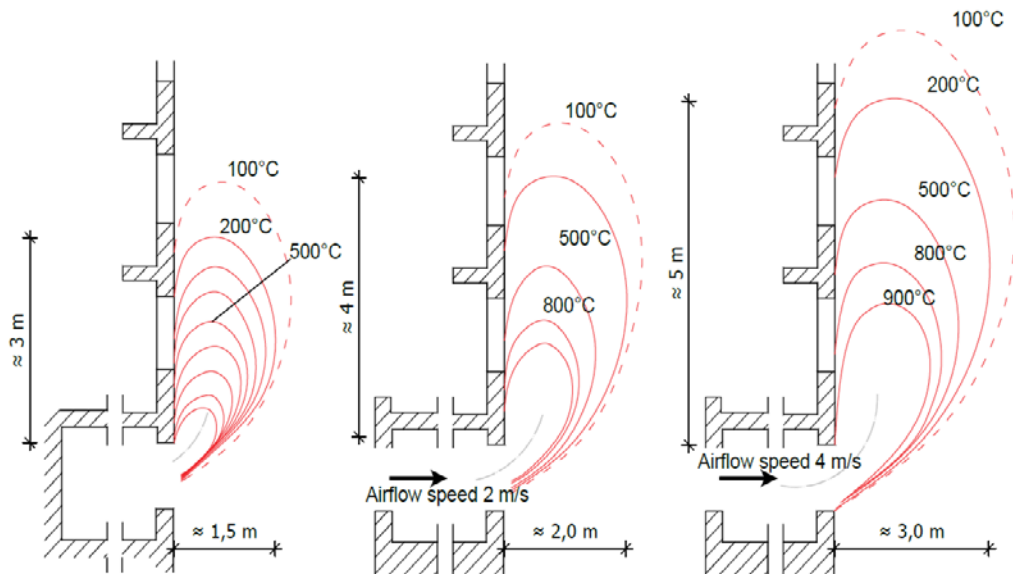


Figure 3 – Flame heights with marked temperatures across façade depending on airflow [7]

The existence of cavities in a façade (which are part of façade systems, e.g. ventilated ones, or the ones formed by parts of the façade delaminating during fire). If fire enters a cavity, due to the chimney (stack) effect, it can be extended five to ten times from its initial length, regardless of the properties of the material facing the ventilated layer. If fire barriers are not used, the described effect will cause fast vertical fire spread, which can be “hidden” below the cladding on the façade, as it was the case in Grenfell Tower disaster.



The research in this area has shown that the danger of fire spread along the façade is higher if fire is spread from the interior space compared to fire occurred outdoor. That is why a large-scale testing of façades, which are used in some European countries as it will be shown later, is based on exposing façade to simulated fire occurred in an enclosed space after the flashover phase.

### 3. ASSESSMENT OF THE FIRE PERFORMANCE OF FAÇADES

To implement specific actions towards façade fire prevention, the following objectives should be met: protection against fire spreading along the façade, maintaining fire compartmentation, protection against falling objects; protection against fire spread between windows, reaction to fire and fire resistance requirements for the external wall etc.

The objectives can be satisfied using **prescriptive fire protection legislation requirements, standard fire façade tests or performance-based design methodologies.**

**Prescriptive requirements** are based on satisfying the following key issues: reaction to fire requirements for façade assemblies and materials, fire barrier requirements, horizontal separation distance of buildings, vertical separation distances of openings between successive storeys, requirements for sprinkler protection etc.

Concerning standard fire façade tests, due to date, there is no harmonised European methodology for testing and evaluating the fire performance of façade systems. In some European countries, building fire safety design regulation suggest specific requirements regarding the fire resistance (defined in accordance EN 13501-2) and reaction to fire (defined in accordance EN 13501-1) rating for façade systems and materials, even though the European classification system on reaction to fire behaviour has been developed specifically for materials used for wall and ceiling interior finish. It has to be highlighted that the SBI test, which Euro classes are based on, requires heat output of 30kW.

On the other hand, some European countries, as countries worldwide as well, early recognised the limitations of the reaction to fire testing and developed their national testing methods based on large or medium scale as shown in Table 2. 12 different test methods have been identified to presently be used across Europe. The main parameters that these tests addressed were: flame spread – vertical and horizontal, surface and within the system, fire spread from one room to another (above), joints, windows, detailing around window openings, smouldering, falling parts and burning debris/droplets, smoke, heat, fire from inside, fire from outside, damage to the system (assessed after the test).

More than 20 years ago when CEN got a mandate from European Commission to develop a harmonised European method but failed at that time. In 2016, European Commission made an invitation to tender (tender ref 531/PP/GRO/IMA/16/1133/9108) on this topic with the aim to develop a European approach to: assess the fire performance of façades where all aforementioned parameters will be included, define all relevant details and classify façades. For that purpose, the BS 8414 series and DIN 4102-20 should be used as a basis. Project group with members from RISE (Sweden), BRE (UK), BAM (Germany), EMI (Hungary) and Efectis (France) with large group of subcontractors were included in the project. In June 2018, the consortium made the final document [8] where two approaches were proposed. The first one, called "*proposed method*" where BS 8414 series and DIN 4102-20 should be used with some additional requirements (for example, falling parts), or new method "*alternative method*" which include new developed large and medium scale methods. All details of these two approaches can be found in the aforementioned document. The next step, towards development a new harmonised testing method, is put to European countries to make consensus which method or which approach should be used. After that, round robin test (RRT) should take place, which leads to the conclusion that certain time (at least two or three years) is needed for harmonised method to be prepared and ready for use.

Table 2 – Overview of fire façade testing methods [8]

No.	Test methods	Countries using the test method	Scale
1.	PN-B-02867:2013	Poland	Medium scale
2.	BS 8414-1:2015 and BS 8414-2:2015	UK, Republic of Ireland	Large scale
3.	DIN 4102-20	Switzerland, Germany	Medium scale
4.	ÖNorm B 3800-5	Switzerland, Austria	Medium scale
5.	Prüfbestimmung für Aussenwandbekleidungs systeme	Switzerland/ Lichtenstein	Large scale
6.	Technical regulation A 2.2.1.5	Germany	Large scale
7.	Lepir 2	France	Large scale
8.	MSZ 14800-6:2009	Hungary	Large scale
9.	SP Fire 105	Sweden, Norway, Denmark	Large scale
10.	Engineering guidance 16 (unofficial test method)	Finland	Large scale
11.	ISO 13785-2: 2002	Slovakia	Large scale
12.	ISO 13785-1: 2002	Czech Republic	Medium scale

**Performance-based design approaches**, based on the use of numerical simulation tools, are gradually starting to be implemented worldwide. It is to be highlighted that recent advances in computational power and development of accurate numerical models have resulted in significant improvements in prediction accuracy which will certainly promote the usage of these tools.

Republic of Croatia belongs to this group of countries where the requirements for façades are based on the Euro classes. Due research, where the authors of this paper were involved, in [1,3], showing that SBI testing cannot represent behaviour of façades in real fire situation (especially issues related to flaming droplets and smoke emission), the regulations prescribe for certain buildings (with high > 11m, < 22 m) also construction of fire barriers at certain positions of building, especially at the border of the fire compartments, which can slow down fire spread until firefighter intervention. Details of these requirements can be found in [7].

#### 4. CONCLUSION

In this paper, overview of problem concerning the fire safety of building façades is given. Many fires recently happened and spread through façades, have shown that these fires are low-events, but the resulting consequences in terms of property loss and occupant safety can be devastating. The Grenfell Tower disaster is certainly the incident with the greatest loss of life attributed to façade fires, but also wake-up call to most of the world to deal with this problem. This and other fires, with the same mechanism of spreading, showed the importance of an urgent need to start considering fire safety as an integral part of sustainable building design.

## 5. REFERENCES

- [1] Bjegović, Dubravka; Banjad Pečur, Ivana; Messerschmidt, Birgitte; Milovanović, Bojan; Alagušić, Marina. Influence of fire barriers on fire performance of façades with combustible insulation / 2nd International conference Fire Safety of Façades - FSF2016 / Vallerent, Stephanie (ur.). Lund: MATEC Web of Conferences, 2016. 05006-p.1-05006-p.11
- [2] Bjegović, Dubravka; Banjad Pečur, Ivana; Jelčić Rukavina, Marija; Milovanović, Bojan; Bagarić, Marina. Fire performance of façades in high-rise buildings /1st International Symposium K-FORCE 2017, Book of Proceedings / Laban, M.; Milanko, V.; Nielsen, L.; Makovicka Osvaldova, L.; Pojani, E. (ur.). Novi Sad: Higher Education Technical School of Professional Studies; University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department of Civil Engineering and Geodesy, 2017. 10-19
- [3] Bjegović, Dubravka; Banjad Pečur, Ivana; Milovanović, Bojan; Jelčić Rukavina, Marija; Bagarić, Marina. Usporedba ponašanja različitih ETICS sustava u uvjetima požara ispitivanjem u stvarnoj veličini. Građevinar 68 (2016) 5, 357-369
- [4] Welter, Markus. Wirtschaftlich und umwelthverträglich dämmen. Fachbericht, 2008.
- [5] Nguyen, T.Q. Kate; Weerasinghe, Pasindu; Mendis, Priyan; Ngo, Tuan; Barnett, Jonathan. Performance of modern building façades in fire: a comprehensive review. Electronic Journal of Structural Engineering 16 (1) (2016)
- [6] White, Nathan; Delichatsios, Michael. Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. Fire Protection Research Foundation report (2014)
- [7] Jelčić Rukavina, Marija; Carević, Milan; Banjad Pečur, Ivana. Zaštita pročelja zgrada od požara. Priručnik za projektiranje i izvođenje, 2017. (priručnik)
- [8] Boström, Lars; Hofmann-Böllinghaus, Anja; Colwell, Sarah; Chiva, Roman; Tóth, Péter; Moder, Istvan; Sjöström, Johan; Anderson, Johan; Lange, David. Development of a European approach to assess the fire performance of façades. Final report (June 2018), doi:10.2873/954759.

Danica KAČÍKOVÁ<sup>1</sup>  
Veronika VELKOVÁ<sup>2</sup>  
Adriana EŠTOKOVÁ<sup>3</sup>  
Róbert SCHIMO<sup>4</sup>

## CHARACTERISTIC OF POLYSTYRENE THERMAL DEGRADATION BY THERMAL ANALYSIS

**Abstract:** Expanded polystyrene (EPS) is the most produced polymer for a production of packaging, insulating and decorative materials. In this paper the degradation of EPS by the methods of simultaneous thermal analysis – TG, DTG and DSC at the various conditions of atmosphere (nitrogen and air) and heating rate (2.5 – 50 °C min<sup>-1</sup>) was compared. The evaluating parameters were: stages of the thermal degradation, residual mass, the initial and final temperature of weight losses, the temperature of the fastest degradation, the maximum rate of degradation, the temperature of maximum thermal effect and alteration of the enthalpy. The heating rate increase caused the increase of the degradation rate. The highest rate of thermal degradation (192.40 % min<sup>-1</sup>) was measured in air at heating rate 50 °C min<sup>-1</sup>. The highest value of endothermic effect (580.8 J g<sup>-1</sup>) was obtained in the nitrogen atmosphere at heating rate 2.5 °C min<sup>-1</sup>.

**Key words:** EPS 70 F, TG, DTG, DSC, nitrogen atmosphere, heating rate

## КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЛИСТИРЕНСКЕ ТЕРМАЛНЕ ДЕГРАДАЦИЈЕ ПУТЕМ ТЕРМИЧКЕ АНАЛИЗЕ

**Резиме:** Експандирани полистирен (ЕПС) је најчешћи полимер за производњу амбалаже, изолационих и декоративних материјала. У овом раду упоређена је деградација ЕПС методом симултане термичке анализе – TG, DTG и DSC при различитим атмосферским условима (азот и ваздух) и брзинама загревања (2,5 – 50 °C min<sup>-1</sup>). Евалуациони параметри били су: фазе термичке деградације, резидуална маса, иницијална и завршна температура губитака тежине, температура најбрже деградације, максимална стопа деградације, температура максималног термичког ефекта и промена енталпије. Повећање брзине загревања довело је до повећања стопе деградације. Највећа стопа термичке деградације (192.40 % min<sup>-1</sup>) измерена је на ваздуху при брзини загревања 50 °C min<sup>-1</sup>. Највиша вредност ендотермног ефекта (580,8 J g<sup>-1</sup>) добијена је у атмосфери азота при брзини загревања 2,5 °C min<sup>-1</sup>.

**Кључне речи:** ЕПС 70 Ф, TG, DTG, DSC, атмосфера азота, брзина загревања

<sup>1</sup> prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD., Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic, kacikova@tuzvo.sk

<sup>2</sup> Ing. Veronika Velková, PhD., Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic, velkova@tuzvo.sk

<sup>3</sup> prof. RNDr. Adriana Eštoková, PhD., Technical University in Košice, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovak Republic, adriana.estokova@tuke.sk

<sup>4</sup> Ing. Róbert Schimo, Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic, xshimo@is.tuzvo.sk

## 1. INTRODUCTION

Polystyrene is widely used polymeric material in various products (electronics, furniture, building materials [8, 13, 15]. Expanded polystyrene (EPS) is the most produced polymer for a production of packaging, insulating and decorative materials [6, 11, 18]. One of its negative property is a combustibility and a thermal instability [5], which limits its use at the temperatures over 85 °C [17].

The EPS structure involves enormous amount of oxidizing agent needed for the burning [2]. The alterations of EPS due to the influence of higher temperatures (changes of the physical and physicochemical properties) can be evaluated by the selected laboratory methods [9].

The determination of the thermal stability and the course of thermal degradation is very important in the viewpoint of safety engineering. The methods of thermal analysis are suitable for the determination of samples alterations during the heating or cooling [4].

During the simultaneous thermal analysis, there is recorded the weight loss of sample during the programmed heating (TG curve), the initial and final temperature of the thermal degradation stages and the temperature of the fastest degradation (DTG curve) and the energy (enthalpy) needed to the adjustment of the temperature of sample and reference matter, which is stable at the used temperature programme (DSC curve) [3, 10, 16].

Our aim was to compare the degradation of EPS by the methods of simultaneous thermal analysis - TG, DTG and DSC at the various conditions of atmosphere and heating rate.

## 2. MATERIAL AND METHOD

The samples were prepared from the white facade panel EPS 70 F (dimensions 1000 x 500 x 50 mm), made from the expanded polystyrene treated with Poly Flame Retardant (PFR). It is suitable for the heat cladding system ETICS. [7] The samples weight was cca 2.5 mg.

The thermal analysis was realised on NETZSCH STA 449 F3 device (Kosice, Slovakia) at the conditions: temperature range 26 – 600 °C, heating rate range 2.5 – 50 °C·min<sup>-1</sup>, pan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, atmosphere nitrogen and air. The curves TG, DTG and DSC were recorded simultaneously.

The evaluating parameters were: stages of the thermal degradation, residual mass, the initial and final temperature of weight losses ( $T_1$  and  $T_2$ ), the temperature of the fastest degradation ( $T_{v-max}$ ), the maximum rate of degradation ( $v_{max}$ ), the temperature of maximum thermal effect ( $T_{max}$ ) and alteration of the enthalpy ( $\Delta H$ ).

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Because of the various rate of heating (2.5 – 50°C·min<sup>-1</sup>), eight samples (1 – 8) was measured in nitrogen atmosphere and eight samples (9 – 16) were measured in air.

- Measurement in nitrogen atmosphere

From the obtained TG and DTG curves we can compare the course of the thermal degradation and the influence of the rate of heating on the evaluated parameters. The results are recapitulated in the Table 1. The recorded TG and DTG curves of sample 1 are in Figure 1. The results of DSC curves are in Table 2, the recorded DSC curve is in Figure 2.

Table 1 – TG and DTG curves evaluation of samples 1 – 8

Heating rate (°C·min <sup>-1</sup> )	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>v-max</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	v <sub>max</sub> (%·min <sup>-1</sup> )	Residual mass (%)
2.5	331	393	426	7.16	7.02
5.0	326	403	442	13.25	6.67
10.0	301	415	457	24.73	12.53
20.0	344	425	471	48.19	8.13
25.0	338	428	475	56.93	14.07
30.0	323	429	487	63.17	13.08
40.0	343	436	497	87.73	12.76
50.0	335	432	496	134.19	13.20

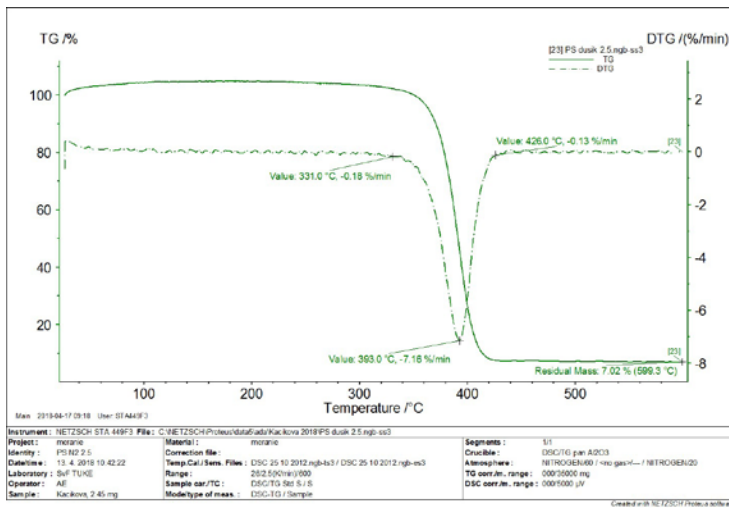


Figure 1 – TG and DTG curve of sample 1

The thermal degradation of polystyrene samples took in one stage. The recorded initial temperature was 301 – 344 °C, the final temperature was 426 – 496 °C. The increase of the heating rate caused the rise of temperature of the fastest degradation (from 426 °C to 496 °C) and the value of the rate of thermal degradation (from 7.16 %·min<sup>-1</sup> till 134.19 %·min<sup>-1</sup>).

Table 2 – DSC curves evaluation of samples 1 – 8

Heating rate (°C·min <sup>-1</sup> )	T <sub>max</sub> (°C)	ΔH (J·g <sup>-1</sup> )
2.5	391.5	580.8
5.0	404.8	520.1
10.0	415.9	405.5
20.0	428.5	548.3
25.0	432.2	493.1
30.0	435.0	446.7
40.0	440.4	455.6
50.0	443.2	382.5

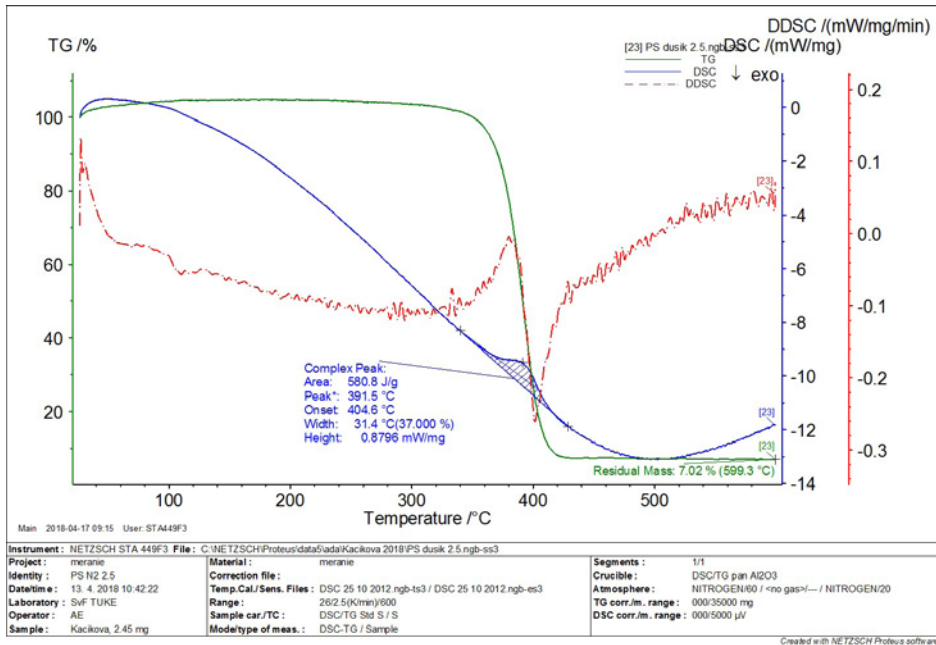


Figure 2 – DSC curve of sample 1

The temperature of fastest thermal degradation was in good accordance with temperature (391.5 – 443.2 °C in dependence on the heating rate) of the highest endothermic effect of polystyrene degradation. The increase of the heating rate caused the decrease of enthalpy alteration (580.8 – 382.5 J·g<sup>-1</sup>).

- Measurement in air

The results from TG and DTG curves of samples measured in air are recapitulated in the Table 3, the results of DSC curves are in Table 4.

Table 3 – TG and DTG curves evaluation of samples 9 - 16

Heating rate (°C·min <sup>-1</sup> )	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>v-max</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	v <sub>max</sub> (%·min <sup>-1</sup> )	Residual mass (%)
2.5	301	387	427	6.34	8.94
5.0	332	400	438	12.47	10.49
10.0	331	415	463	23.85	8.89
20.0	346	425	471	48.04	14.64
25.0	350	428	472	58.59	14.88
30.0	332	430	480	67.11	14.45
40.0	336	435	486	90.14	14.73
50.0	336	431	485	192.40	15.56

The course of the thermal degradation of polystyrene samples in air was similar as in nitrogen atmosphere. The recorded initial temperature was 301 – 350 °C, the final temperature was 426 – 496 °C. The increase of the heating rate caused the rise of temperature of the fastest degradation (from 427°C to 486 °C) and also its value (from 8.89 %·min<sup>-1</sup> till 192.40 %·min<sup>-1</sup>).

Table 4 – DSC curves evaluation of samples 9 – 16

Heating rate (°C·min <sup>-1</sup> )	$T_{max}$ (°C)	$\Delta H$ (J·g <sup>-1</sup> )
2.5	387.9	222.5
5.0	402.3	281.0
10.0	416.8	386.8
20.0	428.2	338.1
25.0	432.0	389.6
30.0	435.2	350.9
40.0	439.3	337.0
50.0	444.4	365.5

The change of atmosphere (the presence of oxygen) caused increase of endothermic effect (222.5 – 365.5 J·g<sup>-1</sup>) with the increase of the heating rate.

- Discussion

The obtained result from TG and DTG curves (alterations of values of initial and final temperatures) are similar with the published results of the authors, which investigated the influence of the different heating rate [8, 12] in atmosphere of nitrogen and air on the course of polystyrene degradation.

At the identical experimental conditions (the heating rate 10 °C min<sup>-1</sup>, atmosphere nitrogen) we measured almost identical value of the temperature of the fastest thermal degradation [14].

From the evaluation of DSC curves we can identify the small endothermic effect of the glass transition at the temperature about 100 °C. The main endothermic effect took at the temperature about 400 °C. This is in accordance with published results of polystyrene thermal degradation [1].

#### 4. CONCLUSION

From the obtained, interpreted and discussed results of the simultaneous thermal analysis of expanded polystyrene samples (EPS 70 F) in the atmosphere of nitrogen and air at the various heating rate (2.5 – 50 °C·min<sup>-1</sup>) we can conclude: – with the increase of the heating rate the temperature of the fastest thermal degradation increases; – the oxygen atmosphere causes the increase of the rate of polystyrene degradation; – with the increase of the heating rate the temperature of the endothermic effect increase; – in nitrogen atmosphere the value of enthalpy decreases with the increase of the heating rate; – in air the value of enthalpy increases with the increase of the heating rate.

#### Acknowledgement

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract no. APVV-17-0005.



## 5. REFERENCES

- [1] Carrasco, F., Pagés, P. 1996. Thermogravimetric Analysis of Polystyrene: Influence of Sample Weight and Heating Rate on Thermal and Kinetic Parameters. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 61: p.187-197.
- [2] Doroudiani, S., Omidian, H. 2010. Environmental, health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings. *Building and Environment*. Vol. 45: p. 647-654.
- [3] Dulebová, L., Garbacz T. 2013. Termická analýza polymérnych kompozitov. *Transfer inovácií*. 26: 130-134.
- [4] Gabbot, P. 2008. *Principles and Applications of Thermal Analysis*. Oxford: Blackwell Publishing.
- [5] Chatterjee, G., Prasad, S. 2011. *Polystyrene: Properties, Performance and Applications*. New York: Nova Publishers.
- [6] Chauhan, R. S. et al. 2008. Thermal decomposition of expanded polystyrene in a pebble bed reactor to get higher liquid fraction yield at low temperatures. *Waste Management*. Vol. 28: p. 2140-2145.
- [7] Isover Saint-Gobain 2018 Produkty: EPS 70 F. [Online]. [cit. 2018-04-12]. <https://www.isover.sk/produkty/eps-70-f>
- [8] Jiao, L., Sun, J. 2014. A thermal degradation study of insulation materials extruded polystyrene. *Procedia Engineering*. Vol 71: p. 622-628.
- [9] Kačík, F., Geffert, A., Kačíková, D. 2005. *Chémia*. Zvolen: Vydavateľstvo TU vo Zvolene.
- [10] Kačík, F., Laurová, M., Kačíková, D. 2012. *Analytická chémia*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene.
- [11] Kan, A., Demirboga, R. 2009. A new technique of processing for waste-expanded polystyrene foams as aggregates. *Journal of Material Processing Technology*. Vol. 209: p. 2994-3000.
- [12] Kannan, P. et al. 2009. Kinetics of thermal decomposition of expandable polystyrene in different gaseous environment. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. Vol. 84, Issue 1: p. 139-144.
- [13] Klump, M. 2012. Polystyrene. *ISIC Chemical Business*. Vol. 282, Issue 8: p. 34.
- [14] Lomakin, S. M. et al. 2002. Thermal Degradation and Combustion of Polymeric Blends. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 86, Issue 13: p. 3300-3311.
- [15] Lynwood, C. 2014. *Polystyrene: Synthesis, Characteristics and Applications*. USA: Nova Science Publisher.
- [16] Skreiberg, A, Skreiberg, J., Sandquist, L., Sorum, L. 2011. TGA and macro-TGA characterisation of biomass fuels and fuel mixtures. *Fuel*. 2011; 90: 2182-2197.
- [17] Šála, J. 2000. *Zateplování budov*. Praha: Grada Publishing.
- [18] Šubrt, R. 1999. *Tepelné izolace domů a bytů*. Praha: Grada Publishing.

Juraj JANCÍK<sup>1</sup>

Linda MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ<sup>2</sup>

## AGING INFLUENCE ON FIRE PROPERTIES OF FIBREBOARDS

**Abstract:** This paper theoretically describes the observation process of changes in reaction-to-fire of fibreboards as insulation materials exposed under natural conditions of buildings. Samples are modified with flame retardant "Ohňostop", that have proved to enhance their reaction-to-fire. Research focuses on monitoring the ability to preserve this attribute in time.

**Key words:** Fiberboards; Aging; Insulation; Reaction-to-fire; Flame-retarding

## УТИЦАЈ СТАРЕЊА НА ПОЖАРНА СВОЈСТВА ВЛАКНАСТИХ ПЛОЧА

**Резиме:** У овом раду се теоретски описује процес посматрања промена у реакцији на пожар код влакнастих плоча као изолационог материјала изложеног у природним условима у зградама. Узорци су модификовани заштитним ретардантом "Ohňostop", који доказано побољшава њихову реакцију на пожар. Истраживање се фокусира на праћење способности очувања овог својства током времена.

**Кључне речи:** влакнасте плоче; старење; изолација; реакција на пожар, ретардант

### 1. INTRODUCTION

Fibreboards as insulation materials are being widely used in various constructions all over the world. We might expect increased use of natural-based insulation materials assumed by the latest eco-friendly trends in general. Fibreboards have proved as insulation materials in time but questions about their fire resistance properties and behaviour in fire occur. Their classification of reaction-to-fire is set in class E, which shows the need to modify them in order to improve fire resistance properties.

After a successful experiment that improved their classification of reaction-to-fire to D class by using a water-based flame retardant "Ohňostop", this research is focused on the aging process and ability to preserve fire resistance properties in time, using this flame retardant. During this experiment, samples will be exposed to natural conditions of building.

Observing of the preservation ability of samples will be assessed by the mass loss rate of the samples tested in different time lapse. All the methodology and specifications of the experiment and used materials are closely described in following chapters.

---

<sup>1</sup> University of Žilina, Faculty of Security Engineering, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovakia

<sup>2</sup> University of Žilina, Faculty of Security Engineering, ul. 1.mája 32, 010 26 Žilina, Slovakia

## 2. BASIC FIBREBOARD SPECIFICATION AND FLAME RETARDANT APPLICATION

Fibreboard is a large-scale material made of wood fibres, using mostly spruce tree as a source (applies for central Europe). We recognize these three basic types of fibreboards according to their density [1]:

- Insulation fibreboards - 250 to 400 kg.m<sup>-3</sup>
- Medium density fibreboards - 480 to 850 kg.m<sup>-3</sup>
- Hardboard – over 850 kg.m<sup>-3</sup>

Samples of the lowest density level, out of the mentioned types, will be used for the experiment. Their dimensions will be 90x80x60 stated in millimetres.

There are two basic processes of production of fibreboards. In this case samples were made with so called wet process, which is more energetically demanding than the dry one. Wood fibres are soaked in the water with binding additives like glue and hydrophobic additives like paraffin. Boards are pressed under low pressure which causes that their strength is lower than other types of fibreboards. This means that they can not be used as independent construction materials, however they outmatch other types of fibreboards in features such as thermal or acoustic insulation [2].

Some of the basic properties of insulation fibreboards are shown in Table 1. Vapour resistance factor is stated without unit because It is a measure of the material's relative reluctance to let water vapour pass through, and is measured in comparison to the properties of air.

Table 1 – Density, thermal conductivity, specific heat capacity and vapour resistance factor of insulation fibreboards [3]

$\rho$	250 - 400 kg.m <sup>-3</sup>
$\lambda$	0,038 – 0,050 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$c$	1630 - 2510 J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$\mu$	5 - 10

## 3. METHODOLOGY OF NATURAL AGING SIMULATION AND FLAME RETARDANT APPLICATION

Experiment includes 50 samples of insulation fibreboards in total. These are evenly divided into 5 groups, each by 10 samples according to their time of exposure to natural conditions. Groups are marked with letters A-E, where E group is exposed for the longest time period. Samples included in group A will be tested right after the drying process of flame retardant application and every next group will be tested after a 6 month period.

Placement of the simulation is set in the countryside area of north-west Slovakia. Samples will be placed outdoors on a spot protected from direct sunlight, rain and snow. The spot is located in the environment of real house to achieve genuine conditions. Samples will be separated by gaps to avoid contact with each other so conditions are equal for all samples regardless the position. Weight of the samples will be measured on a weekly basis in order to monitor its changes in time of exposure.

For the enhancement of fire resistance properties a flame retardant “Ohňostop” will be used. It's a water-based flame retardant containing inorganic salts. Three ways of applications including spraying, coating and soaking have been examined. Out of these, soaking turned out to be the most effective way of application, therefore it's been chosen for this experiment as well. [3].

Samples will be soaked 15mm deep into the flame retardant and left to absorb it for 15 minutes. Leaving the samples for longer could help to absorb more of the retardant, however there's a risk of damaging the sample structure. Every sample will be loaded with a sinker to prevent it from floating and improve the absorption process. Samples will be weighed before and immediately after application to find out how much of flame retardant has been absorbed. After the soaking samples will be left to dry out for two weeks and placed on the exposure placement afterwards, where it will undergo influence of natural conditions for estimated time. Samples will be weighed again after the drying process.

#### 4. DATA COLLECTION AND CALCULATIONS

The main data collected will be the mass loss rate values. During the experiment each sample will be exposed to flame with direct contact for 2 minutes after which the source of flame will be removed. Weight of the sample will be recorded in 15 second intervals during the time of exposure and for subsequent 8 minutes after the flame source removal. These data have following characteristics:

- Primary
- Real
- Periodical
- Complete
- Experimentally gathered

All the collected data will be stored in tables in Microsoft Excel for further analysis and calculations.

##### 4.1 Mass loss rate and burning rate calculations

Mass loss rate will be the decisive factor in this experiment. By gathering its values for each sample separately and comparing the results between groups of different time lapses, we will be able to identify whether aging has significant impact on the fire resistance properties of fibreboards. Burning rate is an important factor as well in this case as it expresses velocity of the combustion process in examined samples. Following formulae will be used for these calculations:

$$\delta_{mr}(\tau) = \frac{m(\tau) - m(\tau + \Delta\tau)}{m(\tau)} \cdot 100$$

$\delta_{mr}(\tau)$  – mass loss rate in time ( $\tau$ ) [%],

$m(\tau)$  – weight of sample in time ( $\tau$ ) [g],

$m(\tau + \Delta\tau)$  – weight of sample in time ( $\tau + \Delta\tau$ ) [g].

$$v_r = \frac{\delta_m}{\Delta\tau}$$

$v_r$  – burning rate [%/s],

$\delta_m$  – mass loss rate in time ( $\tau$ ) [%],

$\Delta\tau$  – time interval of weight recording [s]

##### 4.2. ANOVA

Analysis of Variance is a statistical technique that assesses potential differences in a scale-level dependent variable by a nominal-level variable having 2 or more categories. [4] A single factor

ANOVA will be used in this research to verify hypothesis whether different times of exposure cause changes in mass loss rate. For evaluation of ANOVA a Microsoft Excel tool will be used. As this is a draft, random fictional values were used to create an example of ANOVA outcome showed in the following figure.

Anova: Single Factor

SUMMARY				
Groups	Count	Sum	Average	Variance
A	10	11,2753	1,12753	0,13969
B	10	14,4647	1,44647	0,21011
C	10	14,7993	1,47993	0,17049
D	10	12,3969	1,23969	0,18094
E	10	12,2485	1,22485	0,21029

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,92791	4	0,23198	1,27247	0,29486	2,57874
Within Groups	8,20371	45	0,1823			
Total	9,13162	49				

Fig. 1 – Analysis of Variance of mass loss rate

From the results we can see the the P-value score is high, which means, that differences between values are rather stochastic than dependant, what was naturally expected as input values for this example were chosen randomly.

### 4.3. Correlation between mass loss rate and time exposure

Correlation between these factors will be evaluated through Microsoft Excel as well. The value of correlation will be assessed by the correlation coefficient R and a trendline which will show the predicted ongoing trend. Name of groups are transefered into numbers according to amount of months between the flame retardant application and testing to make the comparing factors both quantitative.

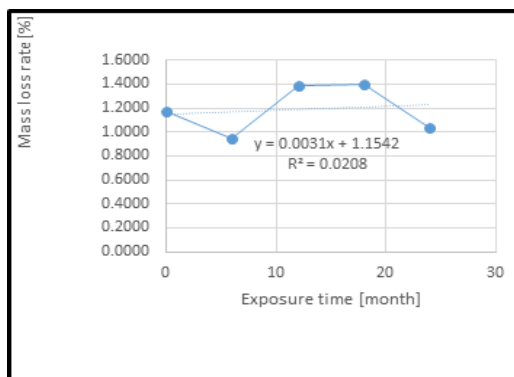


Fig. 2 – Chart of correlation between mass loss rate and exposure time

As we can see the correlation is inconsiderable and the trendline shows that mass loss rate remains approximately constant over time, which would mean that aging does not effect it. However input values were fictional like in the previous calculation, because no real values have been gathered so far. The chart is just an example and should not be considered relevant for any further use except for illustration of evaluating.

## 5. REFERENCES

- [1] SVOBODA A KOL., 2013. Stavební hmoty. Praha: Jaga Group s.r.o, 2013. ISBN 978-80-260-4972-2.
- [2] BÖHM, M., REISNER, J. 2010. Dřevovláknité desky (DVD). [online], [cit. 11.1.2016]. Available at: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-6-10/drevovlanknite-desky-dvd>
- [3] GAŠPERCOVÁ, S Additional insulation systems in terms of fire protection / Stanislava Gašpercová. In: Požární ochrana 2015 [elektronický zdroj] : sborník přednášek XXIV. ročníku mezinárodní konference ... : 9. - 10. září 2015 Ostrava. - ISSN 1803-1803. - Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2015. - ISBN 978-80-7385-163-7. - CD-ROM, s. 56-59.
- [4] The ANOVA Table [online]. The Pennsylvania State University : 2016. [cit. 2017-06-23]. Available at: <https://onlinecourses.science.psu.edu/stat414/node/218>.

Eva MRAČKOVÁ<sup>1</sup>

Petra MICHALKOVÁ<sup>2</sup>

## THE SOFTWARE DESIGN FOR SIZES OF RELIEF AREAS OF DEVICES ENDANGERED BY EXPLOSION

**Abstract:** The article deals with software design that will allow to design by calculation quickly and effectively the size of relief areas for devices that are endangered by explosion in technologies. The software is designed in two applications, primarily for gases and vapours of flammable liquids, and the second option is for flammable dusts. The software is designed in object programming language Delphi 7, where generally valid equations determined for calculating of size of relief areas are inserted into it. The areas are furthermore basis for realization of application of relief membranes to endangered device and so the prevention against explosion will be ensured.

**Key words:** explosion, membrane for relief of explosion, relief area

## ДИЗАЈН СОФТВЕРА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ВЕЛИЧИНЕ ОПАСНЕ ЗОНЕ КОД УРЕЂАЈА УГРОЖЕНИХ ЕКСПЛОЗИЈОМ

**Резиме:** Рад се бави дизајном софтвера који ће омогућити брзо и ефикасно одређивање величине опасног подручја за уређаје који су у технолошком процесу угрожени експлозијом. Софтвер је креиран као две апликације, прва за гасове и испарења запаљивих течности, а друга опција је за запаљиве прашине. Софтвер је дизајниран у објектном програмском језику Delphi 7, у који се уносе валидне једначине за израчунавање величине опасне зоне. За то подручје је основана примене заштитних мембрана за угрожени уређај чиме ће се осигурати заштита од експлозије.

**Кључне речи:** експлозија, мембрана за ублажавање експлозије, опасна зона

### 1. INTRODUCTION

The relief of explosion in practice means that the vessel originally closed in technology will open for a short time or permanently due to explosion. The way of protection in relief of explosion therefore lies in principle, that when during developing of explosion, the relief aperture is opened and originally closed interior space of the device or container is interconnected with external environment due to it. So, it enables to escape of explosive mixture or combustion gas from the device at a such rate to balance the increase of the volume inside the device and developed pressure, so called maximum reduced pressure that would be developed inside of unrelieved container. The opening of relief element may be permanent (in relief membranes) or only during the time of overpressure of devices and escaping, (in case of flaps and valves).

<sup>1</sup> Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology, Department of Fire Protection, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

<sup>2</sup> Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology, Department of Fire Protection, T. G. Masaryka 2117/24, 960 53 Zvolen, Slovak Republic

Reducing of pressure during the explosion in the device from  $p_{\max}$  to the  $p_{\text{red.max}}$  will enable to significantly reduce the thickness of the wall of container and thus its weight and cost [1]. The larger size of relief apertures is, the more efficient removal of increasing volume is and the lower resulting maximum reduced pressure  $p_{\text{red.max}}$  is.

Dimensioning of the relief area for devices with the risk of explosion can be achieved mainly by professional expensive software applications as well as by nomogram systems. It is necessary to know for correct dimensioning of the area to relief of explosion: the free volume of protected device, the explosion characteristics of particular flammable dust, the static opening pressure of protection device and the pressure resistance of protected device.

A safety zone has to be always applied behind the escape area, which must not interfere into areas and places of operation, communication, machinery and equipment, where hazardous areas with the risk of fire and explosion are specified [2]. It is possible to use nomograms according to VDI 3673 and EN 14797 for dimensioning of relief areas and subsequent applications of explosive relief elements. It is relatively simple and quick to determine with its using total escape area of protected device for application and realization of relief elements [3]. It is possible to apply this method of protection against explosion to filters, reservoirs, separators, cyclones etc., installed outside the building - in external areas, where relief of explosion from such devices does not endanger surroundings [4, 5].

## 2. CALCULATION DIMENSIONING OF THE RELIEF AREA FOR DEVICES WITH THE RISK OF EXPLOSION

Calculation of relief apertures for flammable gases and vapours of flammable liquids. It is necessary to insert following parameters (variables of equation) into calculation in calculating of relief apertures in case of storage or transporting of flammable gases and vapours of flammable liquids that involve certain limiting conditions:

$$A = \left[ (0,1265 \cdot \log K_G - 0,0567) \cdot p_{\text{red.max}}^{-0,5817} + 0,1754 \cdot p_{\text{red.max}}^{-0,5722} \cdot (p_{\text{stat}} - 0,1) \right] V^{2/3} \quad (1)$$

where:

- $K_G$  - cubic constant ( $K_G \leq 55 \text{ MPa} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )
- $p_{\text{red.max}}$  - maximum reduced pressure ( $p_{\text{red.max}} \leq 0,2 \text{ MPa}$ )
- $p_{\text{stat}}$  - static reactive pressure ( $p_{\text{stat}} \leq 0,05 \text{ MPa}$ )
- $V$  - volume of protected container ( $V \leq 1000 \text{ m}^3$ )

Values of pressures inserted into calculations are in bar and value of cubic constant is in [ $\text{bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ].

### 2.1. Calculation of relief apertures for flammable dusts

Calculation of size of relief apertures in case of flammable dusts depends primarily on the speed of pneumatic transport of the dust into the device  $w_D$ .

If the value of transporting speed  $w_D$  is greater than  $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , it is the case of homogeneous distribution of the dust in container.

When designing membranes, containers are divided into cubic ( $H/D \leq 2$ ) and elongated ( $H/D > 2$ ), depending on their shape, (the height of the container  $H$  and its diameter  $D$ ) [1].

When calculating the relief areas for cubic containers with uniform distribution of the dust in the container, we proceed according to following calculation:

$$A = \left[ 3,264 \cdot 10^{-5} \cdot p_{\max} \cdot K_{St} \cdot p_{\max}^{-0,569} + 0,27 \cdot (p_{\text{stat}} - 0,1) \cdot p_{\text{red.max}}^{-0,5} \right] V^{0,753} \quad (2)$$



where:

- V - volume of the container ( $V = 0.1$  to  $10\,000\text{ m}^3$ )
- $p_{\text{stat}}$  - static reactive overpressure of relief element ( $p_{\text{stat}} = 0.01$  to  $0.1\text{ MPa}$ )
- $p_{\text{red.max}}$  - maximum reduced explosion overpressure ( $p_{\text{red.max}} = 0.01$  to  $0.2\text{ MPa}$ )
- $p_{\text{max}}$  - maximum explosion pressure ( $p_{\text{max}} = 0.5$  to  $1.2\text{ MPa}$ )
- $K_{\text{St}}$  - cubic constant ( $K_{\text{St}} = 1$  to  $80\text{ MPa.m.s}^{-1}$ )

Values of pressure in bar and values in [bar. m.s-1] of cubic constant are inserted into the calculation in the same way [1].

When calculating relief apertures for elongated containers with even distribution of the dust in the  $A_L$  container, add the addition of the area  $\Delta A$  to the area necessary to relieve of the cubic container  $A$  and therefore we proceed according to following calculation:

$$A_L = A + \Delta A \quad (3)$$

where:

- $A_L$  - the size of the relief area for elongated containers with homogeneous distribution of the dust in container [ $\text{m}^2$ ]
- $A$  - the size of the relief area for cubic container with homogeneous distribution of the dust in container [ $\text{m}^2$ ]
- $\Delta A$  - the addition of the area [ $\text{m}^2$ ]

While it is valid:

$$\Delta A = A \cdot (-4,305 \cdot \log p_{\text{red.max}} + 0,758) \log H/D \quad (4)$$

So then:

$$A_L = A + A \cdot (-4,305 \cdot \log p_{\text{red.max}} + 0,758) \log H/D \quad (5)$$

In case of pneumatic transport of the dust, where the  $wD$  speed is lower than, at least equals  $40\text{ m.s}^{-1}$ , an uneven distribution of dust in the container occurs and therefore also explosion parameters are lower [1]. The value of fictive diameter is calculated from following equation:

$$D_Z = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} \quad (6)$$

where:

- $D_Z$  - fictive diameter [m]
- $V$  - volume of device [ $\text{m}^3$ ]

We calculate the size of the relief area for cubic container with uneven distribution of the dust, from equation:

$$A = \left[ \frac{1}{D_Z} (8,6 \cdot \log p_{\text{red.max}} - 6) - 5,5 \cdot \log p_{\text{red.max}} + 3,7 \right] \cdot 0,011 \cdot K_{\text{St}} \cdot D_F \quad (7)$$

where:

- $p_{\text{red.max}}$  - maximum reduced pressure ( $p_{\text{red.max}} = 0.1$  to  $2\text{ bars}$ )
- $K_{\text{St}}$  - cubic constant ( $K_{\text{St}} = 50$  to  $300\text{ MPa.m.s}^{-1}$ )

$D_F$  - diameter of the supply pipeline [m]

We calculate the size of the relief area needed for protection of elongated container with uneven distribution of the dust, from following equations:

$$A_L = A + \Delta A_i \quad (8)$$

where:

$A_L$  - the area of relief apertures for elongated containers with heterogenous distribution of the dust in container [m<sup>2</sup>]

$\Delta A_i$  - the addition of the area [m<sup>2</sup>]

While it is valid:

$$A = \left[ (8,6 \cdot \log p_{red.max} - 6) \cdot \frac{1}{D_z} - 5 \cdot \log p_{red.max} + 3,7 \right] \cdot 0,0011 \cdot K_s \cdot H \cdot D_F \quad (9)$$

And it is also valid:

$$\Delta A_i = A \cdot 1,0715 \cdot p_{red.max}^{-1,27} \cdot \log \frac{H}{D} \quad (10)$$

$$\text{So, the total area is calculated according to equation 11 [1]. } A_L = A + A \cdot 1,0715 \cdot p_{red.max}^{-1,27} \cdot \log \frac{H}{D} \quad (11)$$

### 3.1. The software design for dimensioning of relief areas for devices with the risk of explosion

The main prerequisite for proper choice of the element for prevention against the explosion is perfect knowledge of manufacturing process and substances involved in it. If analysis of manufacturing process reveals possibility of formation of explosive atmosphere, it is necessary to secure such operation [6].

The method of calculation of the size of relief areas specified in commonly available special literature, which are accepted and used throughout the Europe for several years was used for design of the software. The software was programmed in programming language Delphi 7, which is also commonly available and which belongs to programming languages working within the MS Windows environment.

The main menu of the Delphi looks and works same as in programmes of MS Office (Word, Excel, PowerPoint, etc.) [7]. Calculations specified in special publications and generally accepted within the Europe were applied into the software. The programming in Delphi consists from two parts. It is a design project and direct programming in the language Object Pascal. The design part was performed in the Delphi in a clear and simple way.

### 3.2. The appearance of the Delphi 7 programming language

After launching the Delphi 7 programming language, the Delphi 7 basic screen is displayed, which is also the basic work environment in which the program is being created.

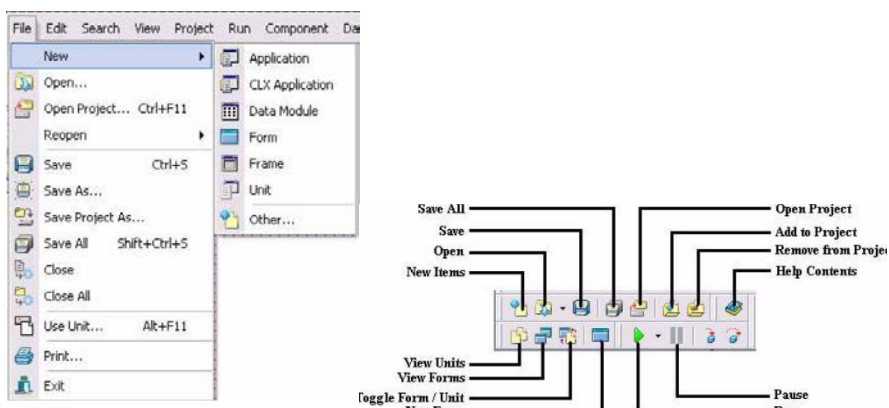


Fig. 1 – The appearance of the main and image menus with description of particular possibilities

The image menu mediates basic operations with one click, so it is very useful and practical tool for speeding up of basic operations. The design consists from the form and unit The form serves as a workspace to which we insert components, (buttons, text fields, tables, charts, etc.) to create the appearance of our program. The component palette serves to quick inserting of components into the form.

The unit (Fig. 2) is the space for the program source code itself. Its structure consists from the head, interface, implementation, initialization, finalization a the end of the [6,7].

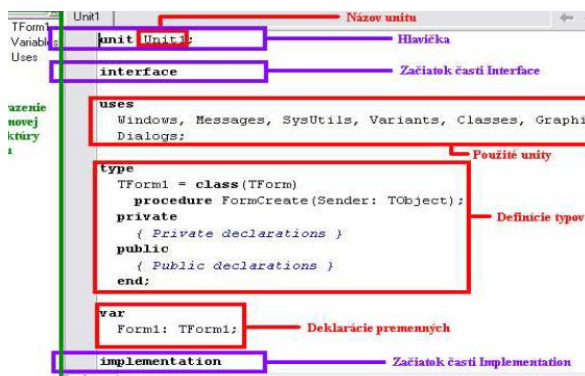


Fig. 2 – The structure of the unit

After the clicking on the option “About the programme” and after subsequent selecting of the option “Program” the window describing what the program is for will be displayed. Our programme was in Slovak language, that was reason why results of displayed windows are in Slovak language.

After clicking on the button “Display”, the software will display the possibility to select the type of combustible substance for which we want to calculate the size of relief apertures. If it is case of flammable gas or vapours of flammable liquid, we select the option “Flammable gases and vapours”. if we want to perform calculation of sizes of relief apertures for the case of flammable dusts, we select an option “Flammable gases”.

#### 4. RESULTS OF THE SOFTWARE DESIGN FOR CALCULATION OF RELIEF AREAS

Enter values on the numeric keypad in units specified next to the window into boxes next to the name of the variable entering into calculation, while observing conditions also listed next to the window. The screen also contains the picture with description of some input variables. Click on the

button “Calculation” after entering all input values and programme will show in the green field the value of the size of relief area in m<sup>2</sup> needed to relieve the container according to selected values of input parameters Fig. 3 corresponding to particular operating conditions [6].

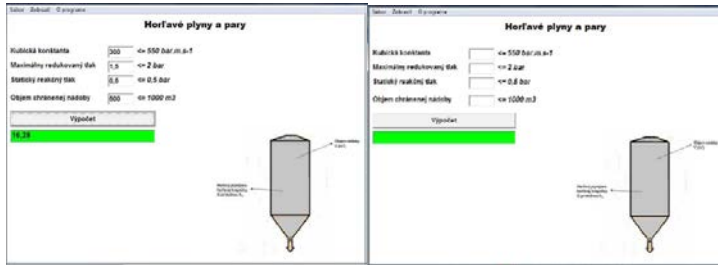


Fig. 3 – Screens for entering of input parameters for calculation and result of relief area of flammable gases and vapours

Select the option “Flammable dusts” in the programme in case of calculation of relief areas for the case of flammable dusts, when the screen as on the Fig. 5 will be displayed. The screen, except windows with quantities decisive for calculation, also contains the picture of the silo with description of decisive quantity. Enter the value of the transport speed as the first, from which it depends whether the dust in the bin will be stored evenly or unevenly and then click on the button “Calculation”. The software will show the result in the green field, whether it is even (homogenous) or uneven (heterogenous) distribution of the dust in the container. Then, enter the value of the height of protected container and its diameter in meters into the programme. Based on the ratio between these two variables, the program determines whether the container is cubic or elongated. The result will be displayed in the green field. Fields for entering of input parameters with intervals of parameters for which the calculations are designed beside the each field will be displayed after the program decides what shape of the container is. The software offers to selection from several sorts of flammable dusts with corresponding cubic constants. However, the offer of flammable dusts is only demonstrative because flammable dusts that occur in particular operations have specific properties and they are mostly present in mixtures which greatly affects the value of the cubic constant. That is reason why the offer of dusts also contains the “custom” option in the end for the possibility when the user knows the cubic constant for particular dust.

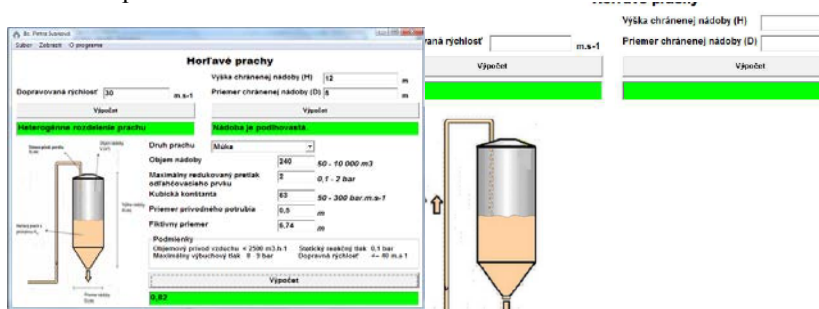


Fig. 4 – Screens for entering of input parameters for calculation and result of relief area of flammable dust

## 5. MODEL EXAMPLE

Model example for flammable dusts - heterogenous distribution of the dust in container.

The flour from the mill is transported with the speed of 30 m·s<sup>-1</sup> by pneumatic transport into the silo having the volume of 240 m<sup>3</sup>, the diameter 5 m and the height 12 m. The diameter of the supply pipeline is 0.5 m. The container is designed so it is resistant to the inner pressure of maximum 0.01

MPa. The value of the cubic constant for the flour is  $63 \text{ bar}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  and maximum explosion pressure is 0.9 MPa. Static reaction pressure of the membrane is 0.01 MPa. Calculate the size of relief apertures needed for protection of the silo with the flour. The result from calculation according to equations (3), (6), (9) and (10) for relief the silo is  $0.82 \text{ m}^2$ . The programme shows us the result of  $0.82 \text{ m}^2$ , after entering values of variables into the programme as it is possible to see on the Fig. 5.

Based on comparison of results from calculations by equations and outputs from the software [5] for the model example, it is possible to state that the software is fully functional and offers to the user accurate results, rounded to two decimal places.

## 6. CONCLUSION

Dimensioning of relief areas for protection of devices in technology is designed in the article for protection of devices where it is not possible to exclude the presence of initiating source and hazardous explosive atmosphere.

The possibility of design of relief areas is specified based on generally valid and used equations for calculation of sizes of relief apertures. We verified the effectiveness and accuracy of the software by calculation of the model example according to formulas and then we compared results with the software outputs.

We can summarize by designing the software according to equations and their calculations, that it is accurate, efficient, transparent and comprehensible, accessible to users, allowing a quick calculation according to specific conditions entered by user.

The prospect of using this software is big within the community of professional working in the field of protection of devices with the danger of explosion as well as within the professional practice.

For fire protection specialists and designers working within this field are also other possibilities in the form of other software calculation programmes.

## Acknowledgments

This paper was supported by the Cultural and Educational Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research and sport of the Slovak Republic on the basis of the project no. KEGA 009TUZ-4/2017.

## 7. REFERENCES

- [1] DAMEC, J.: Protivýbuchová prevence. Ostrava. In: Združenie požiarného a bezpečnostného inžinierstva v Ostrave, 2005. 188 s. ISBN 80-86111-21-0.
- [2] ŠTROCH, P.: Ochrana proti požiarom a výbuchom, zariadenia na potlačenie výbuchu, In: Strojárstvo, MEDIA/ST: Žilina, 2003, ISSN 1335-2938, Roč. 7, č. 9, s. 74-75
- [3] STN EN 14797: 2007 Zariadenia na uvoľňovanie tlaku pri výbuchu, Bratislava 2007
- [4] ŠTROCH, P.: Princípy ochrany proti výbuchu – nebezpečenstvo výbuchu prachov v technológiách, In: Strojárstvo, MEDIA/ST: Žilina, 2002, ISSN 7335-2938, Roč. 6, č. 12, s. 46-47
- [5] SERAFÍN, J.: Experimentální stanovení vlivu inertu na teplotní meze výbušnosti, In: Delta: vedecko-odborný časopis Katedry protipožiarnej ochrany, Zvolen, TU Zvolen, 2009, ISSN 1337-0863, Roč. 3, č. 5, s. 18-24
- [6] IVANOVÁ, P.: Návrh softvéru odľahčovacích plôch poistných membrán, diplomová práca, Zvolen 2012, s. 76, ev. číslo DF-5810-8206
- [7] The fastest way to develop cross-platform Native Apps with flexible Cloud services and broad IoT connectivity, [online], (25.1.2018), <https://www.embarcadero.com/products/delphi>

Света ЦВЕТАНОВИЋ<sup>1</sup>

Дејан КРСТИЋ<sup>2</sup>

Срђан НИКОЛИЋ<sup>3</sup>

## МОДЕЛИРАЊЕ ЕФЕКТА ИСПУШТАЊА И ШИРЕЊА ГАСОВА, ПАРА И АЕРОСОЛА ОПАСНИХ МАТЕРИЈА

**Резиме:** Моделирање ефеката испуштања и ширења гасова и пара и аеросола опасних материја се врши: идеалним моделима који претпостављају да је површина хоризонталног пресека контејнера (цистерне) константна, да се материје ослобађају из рупе у зиду, да се не ради о двофазном систему и да нема отпора при истицању; реалним моделима који узимају у обзир феномен трења; двофазним моделима који узимају у обзир квалитет и специфичну запремину смеше паре и течности; моделима који узимају у обзир нагло ослобађање течности, гасова и пара.

**Кључне речи:** извор опасних материја, хемијска контаминација, жариште удеса, хемијска ситуација, процена и прогноза параметара извора.

## MODELLING THE EFFECTS OF THE RELEASE AND SPREAD OF GASES, VAPOURS AND AEROSOLS OF HAZARDOUS SUBSTANCES

**Abstract:** Modelling the effects of the release and spreading of gases, vapours and aerosols of hazardous substances is carried out by using: ideal models that assume that the surface of the horizontal cross-section of containers (tanks) is constant, that the substance is released from the hole in the wall, that it is not a two-phase system and that there is no resistance in leaking; real models that take into account the phenomenon of friction; two-phase models that take into account the quality and specific volume of the mixture of vapour and liquid; models that take into account the rapid release of liquids, gases and vapours.

**Key words:** source of hazardous substances, chemical contamination, focus of the accident, chemical situation, estimation and forecasting of source parameters.

---

<sup>1</sup> Факултет заштите на раду у Нишу

<sup>2</sup> Факултет заштите на раду у Нишу

<sup>3</sup> Командант Ватрогасно спасилачке бригаде Ниш, МУП РС

## 1. УВОД

Дисперзија гасова, пара и аеросола се врши моделима за:

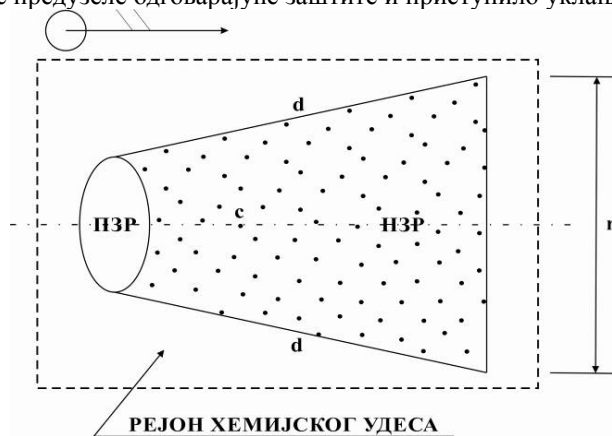
- тренутни тачкасти и запремински извор – моделују простирање и расејавање примарног облака пара и аеросола опасне материје насталог као резултат појединачног испуста пара опасне материје;
- тренутни линеарни извор – моделују простирање и расејавање примарног облака пара и аеросола опасне материје насталих као резултат деловања низа испуста формираних у линији нормалној на смер ветра;
- континуални тачкасти и запремински извор – моделују дејство појединачног испуста течне опасне материје која на рачун испаравања формира секундарни облак пара опасне материје;
- континуални линеарни извор – моделују простирање и расејавање секундарног облака пара опасне материје насталих као резултат испаравања низа течних испуста формираних у линији нормалној на смер ветра;
- континуални површински извор – моделују простирање и расејавање облака пара и аеросола изнад загађених површина које емитују опасне материје и у њиховој близини на подветреној страни;
- комбиновани извор – који укључују два или више претходно описаних извора.

У зони хемијског удеса, у зависности од услова настанка и физичко-хемијских карактеристика токсичних једињења, примарни облак контаминације настаје ослобађањем пара и аеросола (услед експлозије, пожара, слободне турбуленције или истицања течности), након чега се (утицајем метео фактора) распростире на одређену даљину (Слика 1).

Хемијска контаминација људи, повреде и тровања могу бити хроничног карактера, а настају уношењем токсичних једињења у организам преко респираторних органа, органа за варење, кроз слузокожу и преко коже.

Хемијски контаминанти у атмосфери, земљишту и објектима најчешће нису приступачни људским чулима. Детекција се може обављати помоћу инструмената и визуелним путем а мора бити правовремена и квалитетна.

Веома је важно колико има времена након удеса за откривање и прикупљање одговарајућих података, како би се предузеле одговарајуће заштите и приступило уклањању последица.



Слика 1 – Шема распростирања хемијске контаминације:  
ПЗР - примарно захваћени рејон; НЗР – накнадно захваћени рејон

Време откривања опасности ( $T$ ) може се израчунати уз помоћ једначине:

$$T = D / (V_v \cdot 60) [\text{min}]$$

где је:  $D$  - удаљеност од објекта удеса ( $km$ );  $V_v$  - брзина контаминираниог облака који стиже до одређеног места ( $m/s$ ).

У сваком случају, може се закључити да је време које је расположиво за узбуђивање људства веома кратко, нарочито ако се ради о високотоксичним једињењима. Мере хемијске заштите морају се предузети у што краћем року, као и сама евакуација.

Прорачун сигурносних одстојања може се извршити на више начина, као што су:

- полуемпиријски прилаз помоћу израза:

$$L = C^3 \cdot \sqrt{M}$$

где је:  $M$  - маса хемијске супстанце ( $g$ );  $C$  - константа (зависи од природе токсичне супстанце);  $L$  - полупречник опасности ( $km$ );

- прорачун на бази Гаусове расподеле;
- номограми рађени на основу "Puff" модела.
- модели за прорачун сигурносних одстојања помоћу модела *OME (Ontario Ministry of Environment)*;
- математички модел за прогнозу и процену контаминационе атмосфере;
- прорачун сигурносних одстојања модела *Clade*. У том моделу користи се адекватан израз за три стања атмосфере: неутрално (изотермија), нестабилно (конвекција) и стабилно (инверзија). Стање атмосфере одређује се на основу вредности коефицијента  $e$ , према следећем:

$$e = \frac{Dt}{v^2}$$

где је:  $v$  - брзина ветра ( $m/s$ );  $Dt$  - температурни градијент (разлика температура на висини од 50 и 200  $cm$  од земље);  $e$  - степен вертикалне стабилности ваздуха у приземном слоју.

Уколико је вредност  $e$  мања од -0,1 стање атмосфере је стабилно, за вредности веће од 0,1 је нестабилно, док је између те две вредности неутрално.

Прорачун сигурносних одстојања  $h$  по *Cladeu*:

$$h = \frac{2 \cdot C_h \cdot B_h \cdot 1000}{M_h \cdot M_z \cdot v \cdot D} [km]$$

где је:  $C_h$  - концентрација ( $mg/m^3$ );  $B_h$  - количина токсичног гаса ( $dm^3$ );  $M_h$ ,  $M_z$ -дифузиони коефицијенти (за ваздух и земљиште);  $v$  - брзина ветра ( $m/s$ );  $D$  - токсична доза ( $mg/kg$ ).

Трајање опасног дејства примарног и секундарног облака израчунава се према обрасцу:

$$T = \left( \frac{L^2 + 8 \cdot K_0 \cdot t}{v} \right) \cdot 0,5$$

где је:  $v$  - брзина ветра ( $m/s$ );  $T$  - време трајања контаминације ( $h$ );  $L$  - дужина облака ( $km$ );  $K_0$  - коефицијент;  $t$  - време протекло од настанка контаминације ( $h$ ).

Подаци за процену и прогнозу хемијске ситуације су: полазни подаци за процену и



прогнозу хемијске ситуације при удесима изазваним опасним материјама јесу: подаци о удесу, јединицама и становништву, метеоролошки услови, топографске особености терена.

У податке о удесу спадају: место и време удеса (или оружана дејства/диверзија), карактер удеса, и карактеристике објекта, типских смештајних капацитета и опасних материја

На основу реалних дешавања при удесима изазваним опасним материјама формирају се физички модели описа удеса, чијом се математичком карактеризацијом дефинишу математички модели динамике настанка и понашања удеса изазваног опасном материјом.

Жариште удеса је ограничено:

- полупречником  $R_0$  (круга у чијим се границама облак са опасном материјом премешта под дејством силе Земљине теже и не поковава се законима турбулентне дифузије), и
- пречником прихватног суда (у случају изливања опасне материје у складишни резервоар), односно пречником баре (у случају удеса при транспортовању са опасном материјом).

Пошто се претпоставља да се формира примарни облак у облику полусфере (чији је полупречник једнак висини), полупречник основе примарног облака израчунава се према једначини:

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{6V}{4\pi}}$$

где је:  $V$  - запремина опасних материја у почетном примарном облаку,  $m^3$ .

Запремина почетног примарног облака са опасном материјом израчунава се према једначини:

$$V = V_m \Delta m_0$$

где су:  $V_m$  - специфична запремина опасне материје ( $m^3 kg^{-1}$ ),  $\Delta$  - масени удео опасне материје који на одређеној температури пређе у стање паре,  $m_0$  - укупна маса опасне материје у резервоару ( $kg$ ).

Специфична запремина опасне материје  $V_m$  у парној фази израчунава се према једначини:

$$V_m = \frac{22,4}{M} \cdot \frac{T}{T_0}$$

где су:  $T_0$  - апсолутна температура на  $0^\circ C$ ,  $K$  ( $T_0 = 273,15 K$ ),  $T$  - радна температура,  $K$ , ( $T = 273,15 + T_{0C}$ ),  $T_{0C}$  - радна температура,  $^\circ C$ ,  $M$  - молекулска маса опасне материје.

У случају сагоревања (или експлозије) ускладиштених опасних материја, на том простору настаје крајње опасна ситуација, коју карактеришу комплексно дејство високе температуре опасних материја и токсичних продуката сагоревања (или термичке разградње), ударни талас при експлозијама и други чиниоци.

Димензије „ватрене лопте“ израчунавају се према емпиријском изразу:

$$R_0 = 27,5 \cdot m^{\frac{1}{3}}$$

где су:  $R_0$  - полупречник „ватрене лопте“,  $m$ ,  $m$  - маса сагореле опасне материје,  $t$ .

У практичним прорачунима за полупречник жаришта удеса узима се  $1 km$ , у свим случајевима.

## 2. ПРОЦЕНА ПАРАМЕТАРА ХЕМИЈСКЕ СИТУАЦИЈЕ

Сви параметри хемијске ситуације у зони простирања примарног и секундарног облака пара опасне материје, који се израчунавају применом ниже наведених једначина, односе се на услове изотермије.

Дубине простирања примарног и секундарног облака израчунавају се приближно: у случају конвекције: дељењем одговарајућих параметара за услове изотермије са бројем 2 (два); у случају инверзије: множењем одговарајућих параметара за услове изотермије са бројем 2 (два).

Приближан степен опасности од контаминације парама опасне материје, при хемијским ударима у различитим условима, може се процењивати на основу модела статистичке теорије, према изразима који су добијени као приближна решења једначине турбулентне дифузије.

## 3. ПРОЦЕНА И ПРОГНОЗА ПАРАМЕТАРА ЗА ТРЕНУТНИ ТАЧКАСТИ И ЗАПРЕМИНСКИ ИЗВОР

Једначина за израчунавање концентрације ( $C_x$ , изражена у  $mg\ m^{-3}$ ) за, који је настао на нивоу тла, у правцу дувања ветра (дуж  $x$ -осе), може се приказати у облику:

$$C_x \approx \frac{\Delta m_0}{x^{1,75}}$$

где су:  $x$  - растојање од извора контаминације,  $m$ ,  $m_0$  – укупна маса опасне материје у резервоару,  $mg$ .

Једначина је добијена применом теорије сличности на потврђену функционалну зависност промене концентрације опасне материје у приземном слоју атмосфере према експериментално верификованој Робертсовој једначини (концентрација се мења са растојањем према законитости):

$$C \approx x^{1,8}$$

Концентрација опасне материје у случају конвекције израчунава се према једначини:

$$C_x \approx \frac{\Delta m_0}{(2x)^{1,75}}$$

Концентрација опасне материје у случају инверзије израчунава се према једначини:

$$C_x \approx \frac{\Delta m_0}{(0,5x)^{1,75}}$$

Токсидоза је квантитативна карактеристика токсичности конкретне опасне материје која одговара одређеном ефекту контаминације (или тровања) и при инхалационом тровању представља производ  $\bar{C}_t$ , где је  $\bar{C}$  – средња концентрација опасне материје у ваздуху,  $mg\ m^{-3}$ . Прикупљена инхалациона доза ( $D_{ix}$ ), при дејству примарног облака пара опасне материје на незаштићено људство описује се једначином:

$$D_{ix} \approx \frac{\Delta m_0}{x^{1,75}} t$$

где су:  $t$  - време дејства пара примарног облака опасне материје на незаштићено људство,  $s$ ,  $\Delta m$  - масени удео опасне материје која пређе у парну фазу.

Максимално време дејства ( $t_{max}$ ) облака пара опасне материје на људство описује се приближном једначином:

$$t_{max} \approx \frac{\sigma x_0}{V} t$$

где су:  $\sigma x_0$  - почетне димензије примарног облака пара опасне материје у правцу  $x$ -осе (у правцу дувања ветра) - дужина основе почетног примарног облака,  $m$ ,  $v$  - средња брзина ветра,  $m s^{-1}$ .

Време дејства примарног облака пара опасне материје за тачкасти тренутни извор може да износи:

$$0 < t \leq t_{max}$$

Растојање  $x$ , на којем незаштићено људство може добити задату инхалациону дозу  $D_{ix}$ , за време дејства облака пара опасне материје  $t < t_{max}$ , може се приближно израчунати према једначини:

$$x \approx \left( \frac{\Delta m_0 t}{D_{ix}} \right)^{0,57}$$

Дубина простирања примарног облака пара опасне материје ( $L_1$ ,  $m$ ) представља растојање од места настајања примарног облака пара опасне материје до места на којем ће незаштићено људство, за време дејства облака, добити дозу која је на граници праг-дозе ( $PCt_{50}$ ):

$$L_1 \approx \left( \frac{\Delta m_0 \sigma x_0}{v PCt_{50}} \right)^{0,57}$$

#### 4. ПРОЦЕНА И ПРОГНОЗА ПАРАМЕТАРА ЗА ТРЕНУТНИ ЛИНЕАРНИ ИЗВОР

Једначина за израчунавање концентрације ( $C_x$ ), у правцу дувања ветра, на нивоу тла, за низ тренутних извора формираних у линији нормалној на правац ветра, може се приказати у облику:

$$C_x \approx \frac{20 \Delta m_0 N}{\sigma y_0 x^2}$$

где су:  $N$  - број резервоара са опасном материјом,  $\sigma y_0$  - почетна димензија примарног облака пара опасне материје у правцу нормалном на правац дувања ветра-ширина основе почетног примарног облака,  $m$ .

Прикупљена инхалациона доза  $D_{ix}$ , при дејству примарног облака пара опасне материје на незаштићено људство, описује се једначином:

$$D_{ix} \approx \frac{20 \Delta m_0 N}{\sigma y_0 x^2} t$$

Растојање  $x$ , на коме незаштићено људство може да добије задату инхалациону дозу  $D_{ix}$ , за време дејства облака пара опасне материје  $t < t_{max}$ , може се приближно израчунати према једначини:

$$x \approx 28 \cdot \left( \frac{N\Delta m_0}{v\sigma y_0 D_{ix}} t \right)^{0,5}$$

Дубина простирања примарног облака пара опасне материје ( $L_1$ , изражена у метрима,  $m$ ) као растојање од места настајања примарног облака опасне материје до места на коме ће незаштићено људство, за време дејства облака, добити дозу која је на граници праг-дозе ( $PCt_{50}$ ), израчунава се према једначини:

$$L_1 \approx 28 \cdot \left( \frac{N\Delta m_0}{v\sigma y_0 PCt_{50}} t \right)^{0,5}$$

Због могућности измене метеоролошких фактора током периода простирања пара опасне материје и стварања неповољних ситуација, за практичне прорачуне уводи се такозвана сигурносна корекција, тако да се узима да дубина простирања примарног облака износи ( $L_1 + 1$ )  $km$ .

## 5. ПРОЦЕНА И ПРОГНОЗА ПАРАМЕТАРА ЗА КОНТИНУАЛНИ ТАЧКАСТИ ИЗВОР

Једначина за израчунавање концентрације ( $C_x$ ) у правцу дувања ветра (дуж  $x$  осе), за извор који је настао на нивоу тла, може се приказати у облику:

$$C_x \approx \frac{25\dot{m}}{vx^{1,8}}$$

где је:  $\dot{m}$  - брзина испаравања (капацитет извора контаминације),  $mg s^{-1}$ :

$$\dot{m} = \frac{(1 - \Delta)m_0}{t_r}$$

где је:  $t_r$  - време непрекидног дејства извора контаминације,  $s$ .

Испаравањем изливене опасне материје формира се секундарни облак опасне материје. Брзина испаравања разливене опасне материје (добијена у  $mg s^{-1}$ ) може се израчунати приближно помоћу једначине:

$$\dot{m} = 7,62 \cdot 10^{-4} \cdot (1 + 2,24v) \cdot M \cdot S \cdot p^*$$

где су:  $S$  - површина отпаравања опасне материје,  $m^2$ ;  $M$  - молекулска маса опасне материје,  $g/mol$ ;  $p^*$  - напон пара опасне материје при  $20^\circ C$ ,  $Pa$ .

Зависно од тога да ли се ради о изливању опасне материје у заштитни базен или о потпуно неконтролисано изливању опасне материје из транспортних средстава у околну средину, изводи се и израчунавање површине испаравања  $S$ . У случају изливања опасне материје у заштитни базен, површину отпаравања представља разлика површине базена и основе резервоара. За практичне прорачуне, површина заштитног базена израчунава се дељењем

запремине изливане течности ( $m^3$ ) са висином стуба изливане течности (обично се узима да је то 1,5 m):

$$S = \frac{m_0}{\rho_t h_1}$$

где су:  $t$  - густина течне фазе опасне материје,  $kg\ m^{-3}$ ;  $h_1$  - висина слоја течности у заштитном базену,  $m$ ;  $m_0/\rho_t = V_0$  - запремина изливане течности,  $m^3$ .

У случају неконтролисаног изливања опасне материје при транспортовању долази до формирања баре опасне материје на околном земљишту (асфалтној, бетонској или другој подлози), при чему се за практичне прорачуне може узети да средња дебљина баре износи максимално 0,05 m.

$$S = \frac{(1 - \Delta)m_0}{\rho_t h_1}$$

где је:  $h_1$  - дебљина слоја течности у насталој „локви“ течности,  $m$ .

Полупречник жаришта удеса израчунава се према једначини:

$$R_{zar} = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Прикупљена инхалациона доза ( $D_{iz}$ ), при дејству пара облака опасне материје на незаштићено људство описује се једначином:

$$D_{ix} \approx \frac{25\dot{m}}{vx^{1,8}} t$$

Растојање  $x$ , на којем незаштићено људство може да добије задату инхалациону дозу  $D_{iz}$  за време дејства облака опасне материје  $t < t_{max}$ , може се приближно израчунати према једначини:

$$x \approx \left( \frac{25\dot{m}t}{vD_{iz}} \right)^{0,55}$$

Дубина простирања секундарног облака опасне материје ( $L_2$ ,  $m$ ) представља растојање од места настајања облака пара опасне материје до места на којем ће незаштићено људство, за време дејства облака, добити дозу која је на граници праг-дозе ( $PCt_{50}$ ):

$$L_2 \approx \left( \frac{25\dot{m}t_r}{vPCt_{50}} \right)^{0,55}$$

При чему су:  $PCt_{50}$  - вредност праг-дозе;  $t_r$  - време рада (трајање активности) извора контаминације,  $s$ .

Због могућности измене метеоролошких фактора током периода простирања пара опасне материје и стварања неповољних ситуација, за практичне прорачуне уводи се такозвана сигурносна корекција, тако да се узима да дубина простирања секундарног облака износи ( $L_2 + 1$ ).

## 6. ПРОЦЕНА И ПРОГНОЗА ПАРАМЕТАРА ЗА КОНТИНУАЛНИ ЛИНЕАРНИ ИЗВОР

Једначина за израчунавање концентрације ( $C_x$ ) у правцу дувања ветра, на нивоу тла, за низ континуалних извора формираних у линији нормалној на правац ветра, може се приказати у облику:

$$C_x \approx \frac{25\dot{m}_L}{vx^{0,88}}$$

где је:  $\dot{m}_L$  -специфични капацитет извора,  $mg\ m^{-1}\ s^{-4}$  (брзина испаравања по ширини фронта простирања почетног контаминационог облака).

Прикупљена инхалациона доза ( $D_{ix}$ ), при дејству пара облака опасне материје на незаштићено људство, описује се једначином:

$$D_{ix} \approx \frac{10\dot{m}_L t}{vx^{0,88}}$$

Растојање  $x$  ( $m$ ), на којем незаштићено људство може да добије задату инхалациону дозу ( $D_{ix}$ ), за време дејства облака опасне материје  $t < t_{max}$ , може се приближно израчунати према једначини:

$$x \approx \left( \frac{25\dot{m}_L t}{vD_{ix}} \right)^{1,13}$$

Дубина простирања секундарног облака опасне материје ( $L_2$ , изражена у метрима,  $m$ ) представља растојање од места настајања облака опасне материје до места на којем ће незаштићено људство, за време дејства облака, добити дозу која је на граници праг-дозе ( $PCt_{50}$ ):

$$L_2 \approx \left( \frac{25\dot{m}_L t_r}{vPCt_{50}} \right)^{1,13}$$

## 7. ЗАКЉУЧАК

Дисперзија пара и гасова и аеросола је објашњена моделима за: тренутни тачкасти и запремински извор, тренутни линеарни извор, континуални тачкасти и запремински извор, континуални линеарни извор, континуални површински извор и комбиновани извор. У раду је дата и процена параметара хемијске ситуације као и процена и прогноза параметара за сваки појединачни извор опасних материја.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

1. Цветановић С., (2015). Интегрални модел системског приступа управљање ризиком од хемијских удеса на локалном нивоу, Докторска дисертација, Ниш.
2. Архипова, Н. И., Куљба, В. В. (1998). *Управление в чрезвычайных ситуациях*. Москва: РГГУ.
3. Богдановић, М. (1999). *Опасности од хемијских акцидента*. Београд: Задужбина Андрејевић.
4. Bursać, Ž., Galović, I., Hrvčić N. Kocijan S, *Opasne tvari – mјjere sigurnosti, sprečavanje, saniranje posljedica*, Zavod za općenarodnu odbranu i društvenu samozaštitu, SRH, Zagreb, 1990.

5. European Directive 96/82/CE - *Seveso II*.
6. Марковић, Д., Цармати, Ш., Гржетић, И., Веселиновић, Д. (1996). *Физичкохемијски основи заштите животне средине - извори загађивања, последице и заштита (књига II)*. Београд: Универзитет у Београду.
7. Меньшиков, Б. Б., Швыряев, А. А. (2003). *Опасные химические объекты и техногенный риск*. Москва: Государственный Университет имени М.В. Ломоносова.
8. Brza procena rizika po zivotnu sredinu i po zdravlje, Rehra 2, Ministry for the environment and territory, 2003.

Miroslava VANDLÍČKOVÁ<sup>1</sup>

## PROPERTIES OF ALUMINIUM FLAMMABLE DUST

**Abstract:** Many of industrial technologies, electrotechnical industry especially, are accompanied by the presence of flammable aluminium dust. The number of industrial incidents can be considered as the evidence of its dangerous properties. They resulted in numerous human deaths, injuries, and, last but not least, large financial losses and property damage. Many of the incidents have been caused by an explosion of aluminium dust. Because of its flammable character and its impact on man's health its fire-technical characteristics and biological properties must be taken into account. This article deals with the properties of aluminium flammable dust from the point of view of fire safety, anti-explosion protection and toxicological risk and also with preventive measures to prevent fire and explosion of the aluminium dust as effectively as possible.

**Key words:** aluminium; flammable dust; environmental hazard; fire; explosion; occupational safety; dangerous substances

## КАРАКТЕРИСТИКЕ ЗАПАЉИВЕ АЛУМИНИЈУМСКЕ ПРАШИНЕ

**Резиме:** Многе индустријске технологије, нарочито у електротехници, прати присуство запаљиве алуминијумске прашине. Број индустријских инцидената може се сматрати доказом њених опасних својстава. Они за последице имају бројне смртне случајеве, повреде и, што је такође битно, велике финансијске губитке и имовинску штету. Многи инциденти су узроковани експлозијом алуминијумске прашине. Због запаљивости и утицаја на људско здравље, морају се узети у обзир њене пожарно-техничке карактеристике и биолошка својства. Овај рад се бави карактеристикама запаљиве прашине алуминијума са становишта заштите од пожара, заштите од експлозије и токсиколошког ризика, као и превентивним мерама како би се што ефикасније спречио пожар и експлозија алуминијумске прашине.

**Кључне речи:** алуминијум; запаљива прашина; опасност по околину; пожар; експлозија; заштита на раду; опасне материје

---

<sup>1</sup> Ing., Ph.D., University of Žilina, Faculty of Security Engineering, Department of Fire Engineering, Street of the 1st May 32, 010 26 Žilina, Slovak Republic, Miroslava.Vandlickova@fbi.uniza.sk



## **1. INTRODUCTION**

Within fabricating operations, aluminium dust may be generated for example by grinding, cutting, sanding or scratch brushing and it will be fine enough to be potentially flammable and explosible. An explosion of a dust can be defined as a rapid combustion of fine particles suspended in the air, particularly in an enclosed location. Flammable dust can be defined as a set of pulverized particles of the solid substance which exist in the gassy environment. These dust particles have the dimensions lower than 0,5 mm. Dusts as products in the branch of industry arise in the process aimed, for example, at food production, or can arise as secondary raw materials at the solid substance processing [1]. Flammable dust is a topic that still remain on the periphery of fire safety in many industry areas in spite the fact that the consequences of such fires and explosions can have a catastrophic impact on material values, technology and, of course, workers' health and lives. That is why it is important to know the biological, environmental, physical, chemical and fire - technical properties of the industry metal dust it has been working with. Finer particles burn readily when their ignition point is reached, and tend to ignite the coarser particles as well. Examples of potential sources of ignition are open flames, welding equipment and cutting torches, matches, and cigarettes, faulty electrical equipment and static electrical discharges. Such conditions must be avoided in areas where dust producing operations are carried out [2].

The mechanisms that generate dust and keep it suspended in the air arise from aerodynamic forces. Any dust that is generated can get carried away to another place as a result of air currents. Ventilation air flows or air streams generated during material drops act on fines in the material (the dust), and separate them from the main stream. Thus, even if dust generation may occur a tone location, dust problems can be experienced at another location, away from the source [3].

## **2. PROPERTIES OF ALUMINIUM DUST**

From chemical and physical point of view, at certain circumstances, aluminium dust could have very similar properties like aluminium powder that is produced intentionally. Aluminium powder is a light, silvery-white to gray, odourless powder. It is a reactive flammable material. Aluminium powder is a fine granular powder made from aluminium. In form of powders, aluminium is used for several applications such as manufacture of slurry, explosive and detonators, thermit process used for manufacture of ferro alloys and for specialised welding applications such as rails, pyrotechnic to manufacture crackers, sparkles and other pyrotechnic products; manufacture of aluminium paste, paints and several powder components used in automobiles. Aluminium powder is used as a blasting agent and rocket fuel, as alkyl catalysts in the production of biodegradable detergents, as a precursor for aluminium chlorhydroxide and aluminium glycinate which are constituents of deodorants and anti-perspirants, as fillers for epoxies and as pigments in paints and inks. Aluminium powders are used in paints, pigments, protective coatings, printing inks, rocket fuel, explosives, abrasives and ceramics; production of inorganic and organic aluminum chemicals; and as catalysts. Pyro powder is mixed with carbon and used in the manufacture of fireworks. The coarse powder is used in aluminothermics (thermite reaction) [4].

In general, combustible metals are more prone to ignition and produce a faster burn, with higher peak pressures than the other combustible dusts. Resulting deflagrations and explosions can be much more violent and special precautions must be taken. Aluminum, magnesium, and titanium are by far the most common combustible metals [5]. Experimental examinations can provide information on many basic fire - technical characteristics of dust, among which we list, for example, lower explosive limit, maximum explosion pressure, maximum rate of pressure increasing, deflagration index  $K_{st}$ , maximum explosive pressure, minimum ignition energy, ignition temperature of the settled dust, ignition temperature of the whirled dust, limiting oxygen content, minimum explosible concentration, etc.

For a large number of flammable dusts, these fire - technical characteristics can be found in tables or literature. However, it should be remembered that these values are of the character of intervals, therefore they should be understood just as approximate values. The safety parameters of flammable dusts depend on the specific technology and handling of the substance (metalworking, energetics, woodworking, waste processing, etc.) [6]. Metals and metal dusts have a much higher energy content than organic materials. This leads to a very long burning time and a higher burning temperature. Also, a regular extinguishing agent such as water or sodium bicarbonate can't be used for a metal dust fire because it could generate chemical reactions with the metal and actually accelerate combustion. Only a Class D extinguishing agent is effective. However, even a Class D extinguishing agent can only keep a metal fire under control; it can't completely extinguish the flame because the heat is too great [7].

General criteria for an aluminium dust explosion are obtained in the next few points:

The dust has to be combustible and must be suspended in the air. To propagate flame it must be fine enough. The concentration of the suspended dust must be within the explosible range and an ignition source contacting the dust suspension must have enough energy to initiate flame propagation, that is, combustion of the particles. Enough oxygen or other oxidizer must be available to support and sustain combustion of the dust suspension [2].

Although lung diseases induced by aluminium dust are very rare in occupational medicine, the toxicity of aluminium, aluminium dust and its compounds has been the subject of intensive research for many years. Since the beginning of the 1990s, however, a few new cases have already been compensated as occupational diseases. These are mainly cases of severe fibrosis from the aluminium powder industry. Recently, the main emphasis has been on the neurotoxicity. The clinical picture of aluminium dust – induced disease is characterised by diffuse lung fibrosis, which is primarily manifest in the upper and middle regions of the lung. In advanced stages it is characterised by subpleural bullous emphysema, and therefore an increased risk of spontaneous pneumothorax [8].

### **3. FIRE, EXPLOSION AND HEALTH PROTECTION MEASURES**

Fire and explosion safety measures are divided into active and passive. The first group includes measures that prevent the explosion itself from exploding, while passive protection includes construction measures, which limit the effects of the explosion of flammable dust to a safe level. Active protection can be performed as:

- Primary protection – measures to prevent or to minimize the formation of an explosive mixture, it is to eliminate at least one of the factors necessarily present in the explosion of flammable dust.
- Secondary protection - measures to prevent ignition of the explosive mixture.

To eliminate an explosive dust-oxygen mixture it is possible to use industrial vacuum cleaners or adding inert substances (e.g. nitrogen, carbon dioxide, water vapor, limestone) to areas with an explosive atmosphere to keep the oxygen concentration below the limit (eg in mills, dryers, etc.).

Secondary protection is the elimination of initiating resources, which may be, for example, hot surfaces, flame, hot gases, mechanical sparks, electrical operating equipment. The particular initiation source is eliminated by complete exclusion from the explosive atmosphere, by alternative substitution and by the choice of more appropriate initiating source or by an adherence of stringent safety measures when operating in an explosive atmosphere. In the case of the impossibility of using active protection, the devices must be designed in such way that the effects of the explosion are limited to the safety level. Such measures include the explosion-durable construction of a device, then explosion-easing, explosion-suppression or preventing of flame and explosion on other parts of the device and the environment. The explosion-endangered part of the device must be constructed with a certain pressure resistance that corresponds to the expected explosive pressure in the relevant part of the device [9].

To safely capture potentially explosive aluminium fines dust collection systems should be installed. They may be of the wet or dry type, and must be so arranged that enclosures or exhaust hoods will provide efficient pick up of the fines from the machine or other equipment from which they are generated. The fines must either fall or be projected into the hoods or enclosures in the direction of the air flow. Fines will then be transported through ducting to the collector itself by means of positive air flow created by an exhaust fan. To prevent a build up of static electrical charges, the entire system should be thoroughly grounded, including the machine generating the dust, the conveying ductwork and the collector. The concentration of aluminium fines in the air in the ductwork should be safety below the lower explosive limit. It is important that both the coarser and finer particles should be moved efficiently to the dust collector and therefore a particular minimum velocity of 4500 f.p.m. (1371,6 m/minute) should be maintained in the conveying ductwork [2].

Health protection measures of workers in aluminium industries are particularly based on personal protective equipment such as dust mask filter, leather gloves with long cuffs, helmet with mesh for protection against heat or flames, fire-retardant special fabric, rendered conductive, trousers without turn-ups, closed pockets, conductivity safety shoes [10].

#### 4. CONCLUSION

Safety in industrial installations with the appearance of flammable metal dust is linked to the observance of principles, including a detailed analysis of the relevant technological process and consideration of the possibility of emergencies. The practical application of all legislation applicable to the relevant technological operation can greatly prevent the occurrence of extraordinary events associated with the explosion of flammable metal dust, thereby saving the human lives, protecting the health of workers as well as specific technological facilities and operations.

#### ACKNOWLEDGEMENT

*"This work was supported by the Slovak Grand agency VEGA. (Project I/022/16|6| Fire safe insulation systems based on natural materials)."*

#### 5. REFERENCES

- [1] P. Štroch, Combustion and explosion processes, Žilina: University of Žilina, 2010, 157 p., ISBN 978-80-554-0187-4
- [2] Guidelines for Handling Aluminum Fines Generated During Various Aluminum Fabricating Operations, [cit. 2018-07-10], available at <http://www.aluminum.org/sites/default/files/Safe%20Handling%20of%20Aluminum%20Fine%20Particles.pdf>
- [3] J. Moravec, Kovový prach jako alternativní palivo budoucnosti?, 2016 – 01-14, [cit. 2018-07-10], available at <http://oenergetice.cz/technologie/kovovy-prach-jako-alternativni-palivo-budoucnosti/>
- [4] Aluminum Powder – Primary Information Services, [cit. 2018-08-10], available at [http://www.primaryinfo.com/aluminum\\_powder.htm](http://www.primaryinfo.com/aluminum_powder.htm)
- [5] R. Wynn, Safely Collecting Combustible Metal Dusts, 2009-07-31, [cit. 2018-08-10], available at <http://www.powderbulksolids.com/node/36981>
- [6] K. Kořínek, Požárně technické charakteristiky prachů a jejich význam v technické praxi. Výzkumný ústav bezpečnosti práce. Knihovna BOZP, čítárna [online], 22. decembra 2006, [cit. 2018-04-10]. Available at [http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna/bozp/citarna/clanky/pozarni\\_ochrana/prach\\_vybuchy\\_pozary.html](http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna/bozp/citarna/clanky/pozarni_ochrana/prach_vybuchy_pozary.html)
- [7] G. Mayer et al., Explosion protection for dust collection systems handling metal dust, 2015,

[cit. 2018-04-10], available at

[https://www.powderbulk.com/enews/2015/editorial/story\\_pdf/pbe\\_11\\_04\\_15RIHF.pdf](https://www.powderbulk.com/enews/2015/editorial/story_pdf/pbe_11_04_15RIHF.pdf)

[8] T. Kraus et al, Aluminium dust-induced lung disease in the pyro-powder-producing industry: detection by high-resolution computed tomography, Int Arch Occup Environ Health, Short Communication, Vol. 73, p. 61-64, 1999-08-26, [cit. 2018-08-10], available at

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/PL00007939.pdf>

[9] M. Vandlíčková, Metal flammable dust as dangerous substances, Book of Proceedings, International Scientific Conference: Earth in a Trap? 2018 Analytical Methods in Fire and Environmental Science, Hodruša Hámre, Slovak Republic, p. 232 – 238, ISBN 978-80-228-3062-1

[10] Safety Instructions for Handling and Processing Aluminium Powder, Gesamtverband der Aluminiumindustrie, 2007 June, [cit. 2018-04-10]. Available at

[https://www.eckart.net/fileadmin/eckart/Service/GDA\\_Alupulver\\_Safety\\_engl.pdf](https://www.eckart.net/fileadmin/eckart/Service/GDA_Alupulver_Safety_engl.pdf)

Милан ПРОТИЋ<sup>1</sup>

Жарко ЈАНКОВИЋ<sup>2</sup>

Милан БЛАГОЈЕВИЋ<sup>3</sup>

Миомир РАОС<sup>4</sup>

## МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ КАЛОРИМЕТРА ЗА МЕРЕЊЕ ТОПЛОТНЕ СНАГЕ СА ТЕРМОПАРОВИМА

**Резиме:** Топлотна снага (енг. heat release rate) представља најважнију величину код оцене ризика од пожара. Мерење топлотне снаге, у лабораторијским условима, на узорцима малих димензија може се реализовати и калориметром са термопаровима. Код овог калориметра, топлотна снага се одређује индиректно, на основу прецизног мерења температуре гасовитих продуката сагоревања. Због тога је пре испитивања потребна калибрација уређаја са метанским гориоником. Метод је нормиран стандардом EN ISO 13927. Уређај даје истоветне резултате у односу на конусни калориметар, код узорака са малим садржајем влаге. У раду је описан начин калибрације као и поступак рада са уређајем.

**Кључне речи:** топлотна снага, топлотна моћ, калориметрија, калориметар са термопаровима, EN ISO 13927, конусни калориметар

## POSSIBLE USAGE OF CALORIMETER WITH THERMOPILE

**Abstract:** Heat release rate is one of the most important variables when estimating the risk of fire. Heat release rate, in laboratory conditions, on small samples can be measured using the calorimeter with thermopile. Heat release rate, on this instrument, is determined indirectly by precise measurement of temperature of gaseous combustion products. Because of this, instrument must be calibrated prior to measurement. Method is standardized through EN ISO 13927. Instrument yields the same results as cone calorimeter for samples with low moisture content. In this article, procedure for calibration and measurement on this instrument is described.

**Key words:** heat release rate, heating value, calorimetry, calorimeter with thermopile, EN ISO 13927, cone calorimeter

<sup>1</sup> Доцент, Факултет заштите на раду у Нишу, e-mail: milan.protic@znrfak.ni.ac.rs

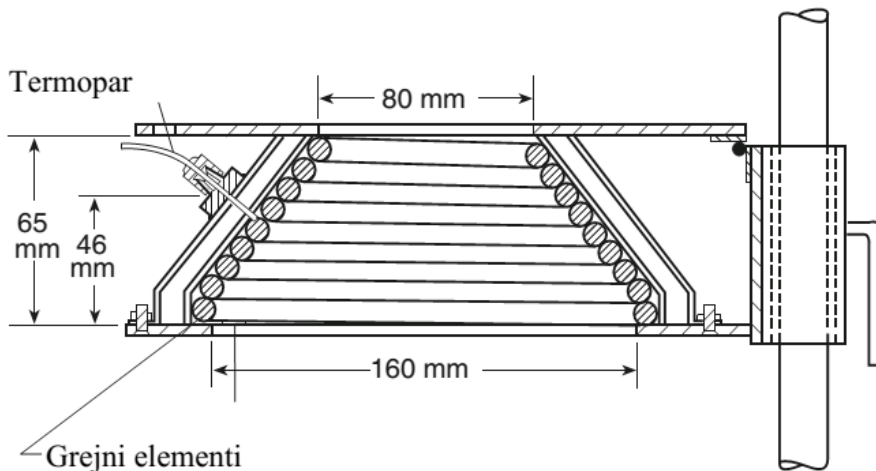
<sup>2</sup> Редовни професор, Факултет заштите на раду у Нишу, e-mail: zarko.jankovic@znrfak.ni.ac.rs

<sup>3</sup> Редовни професор, Факултет заштите на раду у Нишу, e-mail: milan.blagojevic@znrfak.ni.ac.rs

<sup>4</sup> Редовни професор, Факултет заштите на раду у Нишу, e-mail: miomir.raos@znrfak.ni.ac.rs

## 1. УВОД – МЕРЕЊЕ ТОПЛОТНЕ СНАГЕ МАТЕРИЈАЛА

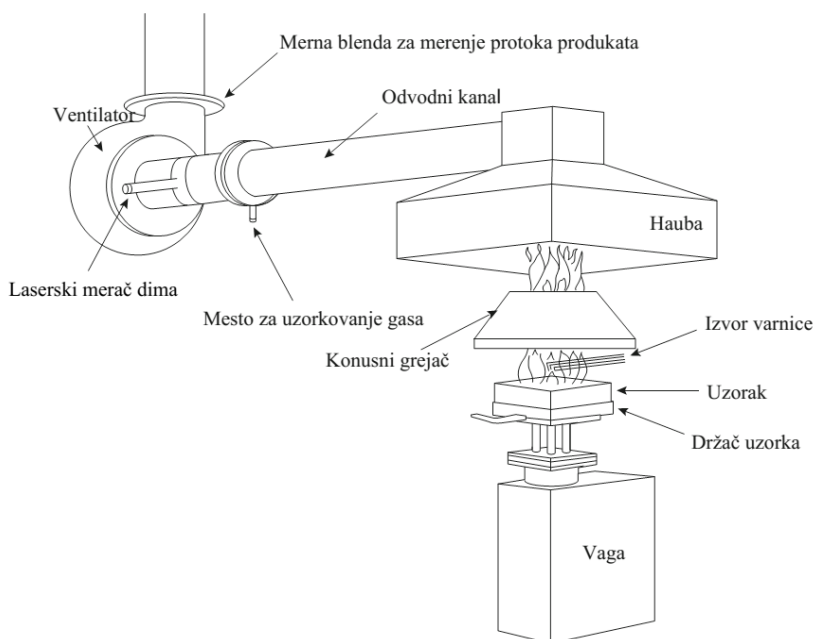
Топлотна снага представља најважнију величину код оцене ризика од пожара, [1]. Подаци о топлотној снази добијени тестирањем на мањим узорцима могу се искористити за предвиђање понашања материјала на повишеним температурама и у условима пожара. Процес развоја уређаја који би омогућио поуздано мерење топлотне снаге одвијао се кроз више фаза. Потребно је издвојити неколико метода, које данас имају првенствено историјски значај. То су: метод раста осетне енталпије, метод замене и компензациони метод. Детаљан историјски преглед уређаја за испитивање дат је у [1]. Не оспоравујући оригиналност ових метода, њихов главни недостатак огледао се у немогућности обезбеђења адекватне поновљивости и репродукцибилности. Суштински помак дешава се почетком осамедесетих година прошлог века, када се поново појавило интересовање за истраживања Thorntona, [2] у коме је показано да се код потпуног сагоревања великог броја гасова и течности ослобађа готово идентична количина топлоте по јединици утрошеног кисеоника. Nuggett, [3] показује да то важи такође и за чврсте узорке органског порекла и прорачунава да та вредност износи 13.1 MJ по kg утрошеног кисеоника. Ови резултати покрећу низ истраживања у NIST-у (енг. National Institute for Standards and Technology) на конструкцији лабораториског уређаја који би се заснивао на принципу утрощка кисеоника (енг. oxygen consumption/depletion method). Као резултат тих истраживања настаје конусни калориметар, који је данас један од најкоришћенијих уређаја за одређивање топлотне снаге код испитивања узорака мањих размера (енг. bench scale) (величина узорка за испитивање је стандардом ограничена на 100 x 100 mm, дебљина на 6-50 mm а маса код стандардних уређаја на 500 g), [4]. Творцем конусног калориметра сматра се Vytenis Vabruskas, истраживач и данас један од водећих експерата у области истраживања пожара, [5]. Уређај је добио назив по посебној изведби грејача (зарубљени конус) којим се обезбеђује униформно загревање узорка (видети слику 1).



Слика 1 – Шематски приказ конусног грејача [1]

Конусни грејач је снаге 5 kW и може обезбити константну ирадијансу у распону од 0 - 100 kW/m<sup>2</sup>. Ова максимална вредност је изабрана након анализе података добијених мерењем на реалним пожарима, у затвореним просторима (eng. fires in enclosures), где се дошло до закључка да до тренутка пре „флеш овера“ ирадијанса износи увек мање од 100 kW/m<sup>2</sup>.

Шематски приказ конусног калориметра дат је на слици 2.



Слика 2 – Шематски приказ конусног калориметра [1]

Принцип рада уређаја је следећи. Узорак, стандардом дефинисаних димензија, се ставља у држач узорака. Држач узорака, заједно са узорком се поставља на тачно дефинисано место испод грејача. Ово место уједно представља тас прецизне ваге којом ће се, за време трајања експеримента, вршити прецизно мерење промене масе узорака. У простору између узорака и грејача налази се извор варнице који ће у задатом тренутку обезбедити паљење волатила из узорака. Паре које настају у процесу деволатилизације и касније производи (након иницијализације паљења) се изводе кроз горњи, шупљи базис конуса у хаубу а потом воде у одводни канал. У одводном каналу се налази аналитичка опрема која обезбеђује континуално мерење протока, анализу гасова и мерење оптичких карактеристика дима. У стандардној изведби предвиђено је континуално мерење протока (преко мерне бленде), ласерско мерење оптичких карактеристика дима као и уређај за парамагнетско мерење концентрације кисеоника. Ова аналитичка опрема је веома прецизна, специјализована и врло скупа. Мерење концентрације кисеоника, која флукутира у малом распону, је критично за прецизно одређивање топлотне снаге. Због тога су ISO 5660 стандардом стриктно дефинисани захтеви у вези са сензором за мерење концентрације кисеоника. Стандардом је дозвољена употреба искључиво парамагнетских сензора; резолуција треба да буде минимално у опсегу 0-25% O<sub>2</sub>; отклон (дрифт) треба да буде мањи од 50 ppm O<sub>2</sub> у периоду од 30 min; шум треба да буде такође мањи од 50 ppm и потребно је да сензор има одзив у распону од 10 до 90% целе мерне скале, за мање од 12 s, [5].

Прецизност мерења је могуће побољшати, опционо кроз додатно континуално мерење CO и CO<sub>2</sub>. Овај захтев није прецизиран стандардом. Такође, истраживачима се оставља могућност за континуално мерење састава производа, пре свега због токсиколошких студија. Овај сегмент је дефинисан стандардима ISO 19701 [6] и ISO 19702, [7].

Иако конусни калориметар представља *de facto* стандард за врло прецизно одређивање топлотне снаге, за узорке са малим садржајем влаге, развијен је и калориметар са консуним грејачем и термопаровима који представља економски знатно прихватљивију алтернативу конусном калориметру. Ово је прихваћено и кроз стандард ISO 13927, [8].

## 2. КАЛОРИМЕТАР ЗА МЕРЕЊЕ ТОПЛОТНЕ СНАГЕ СА ТЕРМОПАРОВИМА

Као што је већ речено, мерење топлотне снаге могуће је извести индиректно, уз врло мало одступање у односу на конусни калориметар, код узорака са малом влагом, и калориметром са термопаровима. Овај уређај има исти грејач као и склоп који се користи за паљење узорка (енг. fire model) код конусног калориметра, али је једина разлика у начину мерења топлотне снаге. Док се код конусног калориметра на основу мерења утрошка кисеоника одређује топлотна снага, код калориметра са термопаровима се топлотна снага одређује на основу прецизног мерења температуре продуката сагоревања.

На Факултету заштите на раду у Нишу, кроз међународни пројекат „Joint Training Programme for Forest Fire Prevention and Management“ који се кофинансира у склопу INTERREG IPA прекограничног програма Бугарска-Србија, [9] набављен је овај уређај фирме Fire Testing Technology, [10] водећег светског произвођача лабораторијске опреме за испитивања у области заштите од пожара. Уређај је приказан на слици 3.



Слика 3 – Изглед калориметра у Лабораторији за заштиту од пожара Факултета заштите на раду у Нишу

Основни елементи уређаја су: 1) конусни грејач са пратећом електроником, 2) вага са држачем на који се поставља узорак; 3) димњак са термопаровима (слика 3). Топлотна снага се одређује мерењем сигнала који се добија са термопарова. Термопарови су постављени у димњаку који се налази непосредно изнад узорка који се излаже тачно дефинисаном топлотном флуксу (*ирадијанси*) преко конусног грејача. Излазни напонски сигнали са термопарова се осредњавају и та вредност, која представља температуру гасова, преводи се у топлотну снагу по јединици површине ( $\text{kW/m}^2$ ) коришћењем графика који је добијен у поступку калибрације уређаја метанским гориоником. У току експеримента мери се такође и промена (*губитак*



маса). Из временских серија топлотне снаге и губитка масе може се одредити још једна важна величина, ефективна топлотна моћ.

## 2.1. Калибрација уређаја

Непосредно пре испитивања потребно је извршити калибрацију уређаја. Неопходно је урадити три калибрације.

Најпре се врши калибрација грејача. Циљ ове калибрације је да се успостави корелација између температуре грејача и топлотног флукса који он даје. Калибрација се врши коришћењем Schmidt-Boelter-овог, водом хлађеног, флуксметра. Калибрација се врши за онај топлотни флукс за који ће се вршити испитивање.

Друга калибрација се односи на термопарове. Њихова калибрација се врши метанским гориоником. Метански горионик је конструисан тако да гас истиче кроз пешчани агрегат чиме се остварује равномерна дистрибуција пламена по целој површини горионика. Иницијална калибрација термопарова се врши за топлотне снаге од 0.5 kW, 0.75 kW, 1 kW, 2 kW, 3 kW и 4 kW. За сваку од ових топлотних снага тачно је дефинисан проток метана чистоће минимално 99,5%. Циљ ове калибрације је успостављање корелације између измерене температуре на термопаровима и тренутне топлотне снаге на метанском горионику. Изглед уређаја у току калибрације приказан је на слици 4.



Слика 4 – Калибрација калориметра: а) калибрација грејача, б) калибрација термопарова

Поред ове иницијалне, потребно је калибрацију вршити сваки пут, непосредно пре рада са уређајем. У том случају се калибрација ради само са топлотном снагом од 3 kW.

Уколико се врши мерење губитка масе, потребно је пре рада уређаја урадити и калибрацију ваге. Калибрација се врши за очекивану масу узорка, како би се повећала прецизност мерења.

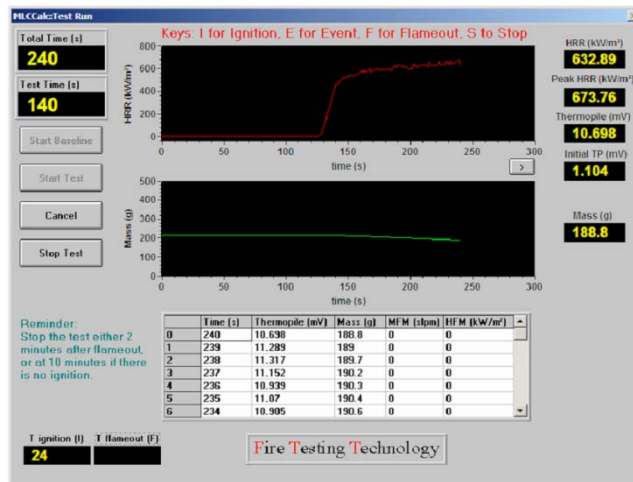
## 2.2. Мерење топлотне снаге

Након извршене калибрације, уређај се може користити за одређивање топлотне снаге. Узорак материјала треба припремити на стандардном дефинисане димензије (100 x 100 mm и дебљину 6-50 mm). Потребно је узорак, пре уметања у држач (Слика 5), адекватно изоловати алуминијумском фолијом.



Слика 5 – Држац узорка са керамичким влакнастим изолационим материјалом

Испитивање се врши са претходно дефинисаном ирадијансом. Пре почетка испитивања уређај се прикључује на систем за аквизицију који континуално бележи све параметре током испитивања.



Слика 6 – Изглед панела на коме се континуално прате параметри узорка [10]

Приказ параметара у току испитивања дат је на слици 6. Континуално се мери и архивира: топлотна снага, максимална топлотна снага, напон са термопарова и тренутна маса узорка. Добијени подаци могу се анализирати у оквиру самог програма који је испоручен са уређајем или се могу експортирати у .csv формат за даљу анализу.

### 3. ЗАКЉУЧАК

У раду је дат приказ поступака за одређивање топлотне снаге, једне од најважнијих величина за процену ризика од пожара. Основни елементи и принцип рада конусног калориметра описани су у уводном делу рада. У наставку је описан рад, ценовно знатно приступачнијег, калориметра са термопаровима који се такође може искористити за одређивање топлотне снаге узорака са малим садржајем воде. У раду је детаљно приказан поступак калибрације грејача, термопарова и ваге за мерење губитка масе узорка, а затим је описан поступак припреме узорка и испитивања. Уређај који се користи за одређивање топлотне снаге Факултету заштите

на раду у Нишу испоручен је у оквиру међународног пројекта „Joint Training Programme for Forest Fire Prevention and Management“.

### Захвалност

Калориметар за мерење топлотне снаге набављен је уз помоћ средстава Европске уније кроз пројекат „Joint Training Programme for Forest Fire Prevention and Management“ који се кофинансира у склопу Interreg-ИПА програма прекограничне сарадње Бугарска-Србија.

## 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hurley, M. J., Gottuk, D. T., Hall Jr, J. R., Harada, K., Kuligowski, E. D., Puchovsky, M., Wieczorek, C. J. (Eds.). (2015). *SFPE handbook of fire protection engineering*. Springer
- [2] Thornton, W. M. (1917). XV. The relation of oxygen to the heat of combustion of organic compounds. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 33(194), 196-203.
- [3] Huggett, C. (1980). Estimation of rate of heat release by means of oxygen consumption measurements. *Fire and Materials*, 4(2), 61-65.
- [4] Babrauskas, V. (1984). Development of the cone calorimeter—a bench-scale heat release rate apparatus based on oxygen consumption. *Fire and Materials*, 8(2), 81-95.
- [5] International Organization for Standardization. (2015). ISO 5660-1, 2015, Reaction-to-fire tests—heat release, smoke production and mass loss rate—Part 1: heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement)
- [6] International Organization for Standardization. (2013). ISO 19701, 2013 Methods for sampling and analysis of fire effluents
- [7] International Organization for Standardization. (2015). ISO 19702, 2015, Guidance for sampling and analysis of toxic gases and vapours in fire effluents using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy
- [8] International Organization for Standardization. (2015). ISO 13927, 2015, Plastics -- Simple heat release test using a conical radiant heater and a thermopile detector
- [9] INTERREG IPA пројекат „Joint Training Programme for Forest Fire Prevention and Management“, бр. 2014TC1615CB007.1.31.126, бр. уговора № РД-02-29-277/22.11.2016
- [10] <http://www.fire-testing.com/mass-loss-calorimeter>

Мирјана ЛАБАН<sup>1</sup>  
Срђан ПОПОВ<sup>2</sup>  
Сузана ДРАГАНИЋ<sup>3</sup>

## АНАЛИЗА ПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКЕ РАСПОДЕЛЕ ПОЖАРА

**Резиме:** У раду је извршена анализа просторно-временске расподеле хазарда пожара у вишеспратним стамбеним објектима у Новом Саду, који су се догодили у периоду од 2011-2013. године. Анализом су обухваћени основни показатељи учесталости, времена и места настанка пожара у вишеспратним стамбеним објектима. На основу добијених резултата, идентификована су градска подручја са највећим бројем пожара. Прикупљени и обрађени статистички подаци указују на стални пораст броја пожара у овим објектима и заузимање све већег процентуалног учешћа у укупном броју свих насталих пожар.

**Кључне речи:** Просторно-временска анализа, вишеспратне стамбене зграде, статистика пожара, QGIS.

## ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL FIRE DISTRIBUTION

**Abstract:** The paper presents analysis of spatio-temporal distribution of fire hazards happened in multi-storey residential buildings in Novi Sad, in the 2011-2013 period. The analysis includes basic indicators of frequency, time and place of fire occurrence in these buildings. Based on these results, city areas with the most frequent fires were identified. Collected and analyzed statistical data show an increase in the number of fires in these buildings, as well as increasing percentage share in the total number of all fire events.

**Key words:** Spatio-temporal analysis, multi-storey residential buildings, fire statistics, QGIS

---

<sup>1</sup> Проф. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, e-mail: [mlaban@uns.ac.rs](mailto:mlaban@uns.ac.rs)

<sup>2</sup> Проф. др Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, e-mail: [srdjanpopov@uns.ac.rs](mailto:srdjanpopov@uns.ac.rs)

<sup>3</sup> Асис. Мастер, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, e-mail: [suzanav@uns.ac.rs](mailto:suzanav@uns.ac.rs)

## 1. УВОД

Статистика о пожарима пружа корисне информације које могу бити од велике помоћи приликом разумевања узрока и последица пожара. Наведени подаци се могу користити за подизање свести о опасности од пожара, као и за развој и имплементацију одговарајућих мера које би унапредиле тренутно стање безбедности од пожара [1].

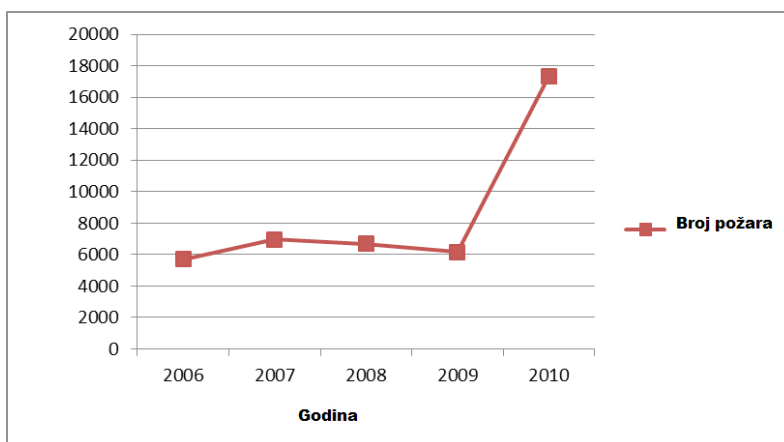
Ватра представља значајну опасност по живот и имовину у урбаним и руралним подручјима. Опасност од пожара у стамбеним зградама је изузетно велика, првенствено због великог броја особа које у њима бораве [2].

## 2. ПОКАЗАТЕЉИ ПОЖАРНЕ БЕЗБЕДНОСТИ И РИЗИКА ОД ПОЖАРА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

Досадашња искуства нас упућују на то да се статистичка анализа пожара у Републици Србији не примењује на адекватан начин. Наиме, у Републици Србији се до 2009. године статистички подаци о пожарима углавном нису прикупљали на одговарајући начин. Службе које су се бавиле превентивном заштитом регистровале су податке само о пожарима код којих је вршен увиђај, док су ватрогасне службе регистровале све пожаре на којима су интервенисали. Притом нису увек евидентирани пожари које су угасили припадници добровољних ватрогасних друштава (ДВД), индустријских професионалних ватрогасних јединица или грађани, а њихови статистички подаци нису приказивани као званични подаци о броју и врсти пожара [3].

Прихватљиви показатељи пожарне безбедности и ризика од пожара, базирани на статистичким подацима, нису дефинисани прописима у Републици Србији, па закључке можемо доносити само упоређивањем са другим земљама.

На основу истраживања *светске статистике о пожарима (CTIF-a)* [4], у Републици Србији је током 2010. године било 17.304 пожара, са 311 повређених особа и 81 изгубљеним животом. На Слици 1 можемо да приметимо да је нарочито изражен пораст броја пожара у периоду од 2009-2010.



Слика 1 – Број пожара у Републици Србији у периоду од 2006-2010. године

Од тад до данас, није видљив напредак и унапређење стања безбедности од пожара. У Србији је број ватрогасаца далеко испод европског просека у односу на број становика, као и ниво опремљености, док је превенција недовољно заступљена као и безбедносна култура у друштву.

### **3. УРБАНА СЛИКА НОВОГ САДА**

Нови Сад је највећи град Аутономне Покрајине Војводине, северне покрајине Републике Србије, као и седиште покрајинских органа власти и административни центар Јужнобачког округа. Град се налази на граници Бачке и Срема, на обалама Дунава и Малог бачког канала, у Панонској равници и на северним обронцима Фрушке горе [5].

#### **3.1. Демографија**

Према подацима из пописа становништва из 2011. године [6], на територији града Новог Сада живи 341.625 становника, од тога 250,439 становника у самом Новом Саду. Око 56 % домаћинстава су са једним или два члана, док просечан број чланова по домаћинству износи 2,61 особе.

#### **3.2. Карактеристике стамбених објеката**

Нови Сад је, поред Суботице, један од два града у Војводини са преко 10.000 станова изграђен пре 1946., али је такође један од три града у Републици Србији са преко 10.000 станова изграђених после 2001. године.

У Новом Саду укупан број стамбених јединица је 144.631, од тога 114.451 су настањене стамбене јединице, а остале су привремене или напуштене.

Према попису из 2011. године, највећи број стамбених јединица је са три или више станова, што их сврстава у стамбене зграде. Број стамбених јединица, са по два стана износи 8.668, док је број стамбених кућа 34.105.

Данас град Нови Сад карактеришу две врсте урбаних стамбених блокова: слободностојеће зграде које датирају из 1960-1990 (око 40%) и затворени стамбени блокови (зграде у низу) изграђене на традиционалан начин, подигнути после 1990. године (око 50%) [2].

### **4. ПОЖАРИ У СТАМБЕНИМ ЗГРАДАМА У СВЕТУ**

На основу података USFA-а (U.S. Fire Statistic) у Сједињеним Америчким Државама најчешћи узрок настанка пожара је кување, што је узрок настанка чак 50% пожара. Потом следе грејање и кварови на електричним инсталацијама [7].

USFA прикупља податке из различитих извора да пружи информације и врши анализе о стању и обиму проблема пожара у Сједињеним Америчким Државама. Они обрађују податке и пружају их на увид јавности, с циљем истицања кључних фактора који су до пожара довели. Такође, анализирају под којим околностима су се десили смртни случајеви, и дају препоруке за поступање у случају пожара у циљу смањења броја жртава. Ови подаци могу бити од користи ватрогасним службама приликом стварања основа за процену програма превенције и интервенција, подизања свести, мотивације грађана, корективних мера, као и одређивању приоритета.

У европским државама, у којима постоји статистика о узроцима пожара, утврђено је да су кварови на електричним инсталацијама узрочници 15-20% укупног броја пожара [8].

Од 5 милиона пожара који се годишње догоде у свету, чак 75-80% се деси у стамбеним објектима, приликом чега страда од 40.000-50.000 људи. До страдања особа, поред директне изложености пламену, долази најчешће због удисања токсичних продуката сагоревања или од последица урушавања конструкција које имају недовољну постојаност на дејство пожара [9].

## 5. ПРИМЕНА ГЕОГРАФСКОГ ИНФОРМАЦИОНОГ СИСТЕМА У УПРАВЉАЊУ РИЗИКОМ

Да би се неки статистички скуп података довео у просторни контекст употребом QGIS-а, потребно је формирати векторски приказ који представља репрезентацију реалног окружења. На пример, уколико подацима о броју пожара у Новом Саду у периоду од 2011-2013. године желимо да придружимо просторну компоненту потребно је: приказати подручје од интереса употребом одговарајуће геометрије (полигон, тачка, линија), дефинисати атрибуте који најбоље описују подручје од интереса у складу са потребама истраживања.

QGIS може бити врло користан и битан у доношењу одлука код свих фаза управљања ризиком. Првенствено се QGIS орјентисао на реакцију при догађању неке катастрофе, али се касније његова улога проширила на цели циклус доношења одлука при управљању ризиком. То проширење значи и интеграцију разних дисциплина и знања из различитих подручја. GIS се може сматрати као интерфејс између свих тих дисциплина и може се користити у свим фазама управљања ризиком [10].

## 6. АНАЛИЗА ПРОСТОРНО-ВРЕМЕНСКЕ РАСПОДЕЛЕ ХАЗАРДА ПОЖАРА ЗА ПЕРИОД ОД 2011-2013. ГОДИНЕ

За потребе истраживања која су спроведена у овом раду, у QGIS пројекат је увезена карта Новог Сада.

У циљу геопозиционирања пожара стамбених објеката на карти града Новог Сада, укупно је креирано 20 слојева, где су сваком стамбеном објекту на коме се догодио пожар додељени следећи атрибути:

- улица и број објекта где се догодио пожар;
- број евакуисаних особа, од стране ватрогасне јединице у Новом Саду;
- број повређених или страдалих особа у пожару;
- врста опреме која је кориштена за гашење пожара.

Креирани слојеви су груписани у две основне групе које се односе на временску и просторну расподелу пожара.

У оквиру групе која се односи на просторну расподелу пожара, креирано је две подгрупе које дефинишу место настанка пожара:

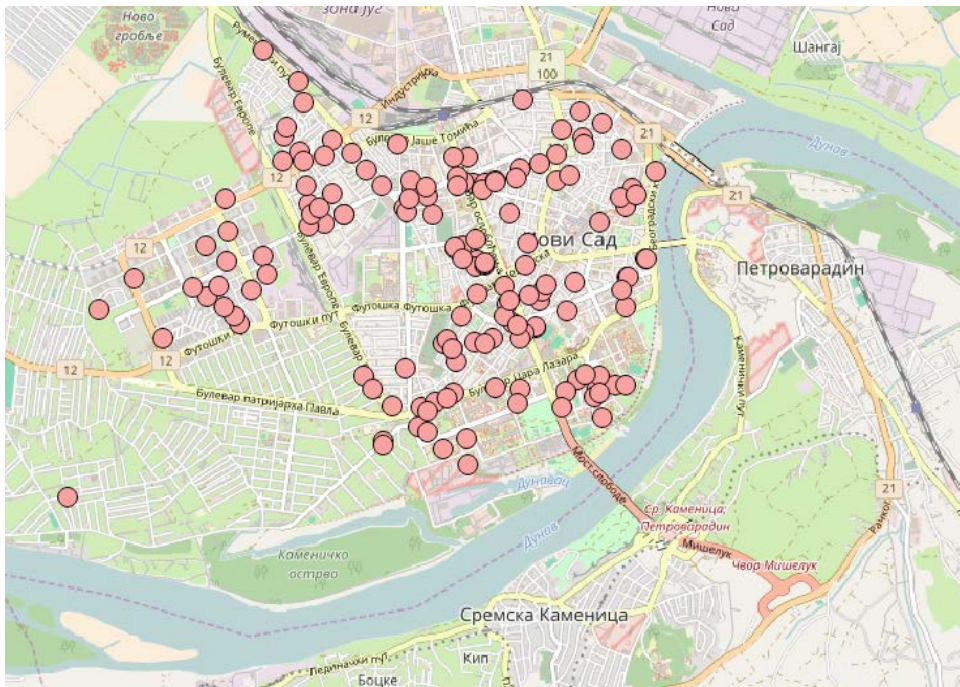
- у згради – у зависности од тога да ли се пожар догодио у приземљу, подруму, лифту, крову или спрату;
- у стану – у зависности од тога да ли се пожар догодио на тераси, у ходнику, купатилу, дневном боравку или кухињи.

У оквиру групе која се односи на временску расподелу пожара, креирано је три подгрупе које дефинишу време настанка пожара :

- годишње доба – у зависности од тога да ли се пожар догодио у јесен, лето, пролеће или зиму;
- доба дана – у зависности од тога да ли се пожар догодио ноћу, послеподне или преподне;
- дан у недељи – у зависности од тога да ли се пожар догодио за викенд или у току радног дана.



У периоду од 2011-2013. године у Новом Саду је забележено 2.939 пожара, од тога се 366 пожара догодило у стамбеним објектима, што чини око 12,5% од укупног броја пожара. Просторни распоред пожара забележених у 2013. години је приказан на Слици 2.



Слика 2 – Приказ пожара у вишеспратним стамбеним зградама у Новом Саду у 2013. години

На Слици 2 можемо уочити да су током 2013. године пожари били учесталији на градском подручју Лиман, Детелинара, Банатић, Роткварија и Стари град, док је на Телепу и Сајмишту евидентиран значајно мањи број пожара.

## 6.1. Посторна расподела пожара

### Локација пожара у згради

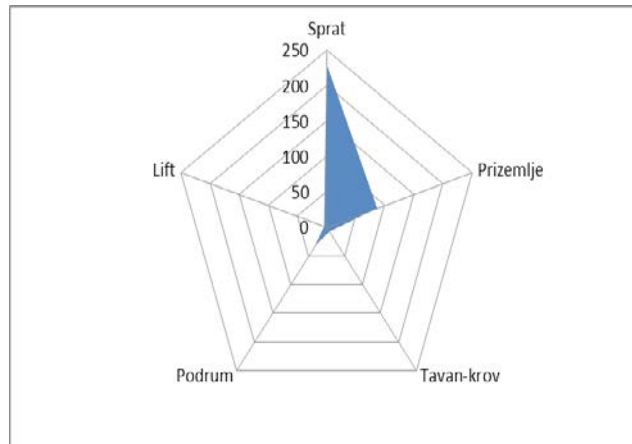
Од укупног броја пожара у период од 2011-2013. године, на територији Новог Сада, највећи број пожара (око 72%) је настало на спрату, а затим у приземљу (око 24%) , док се је нешто мањи број пожара настао у подруму, лифту и на тавану-крову (Слика 3).

Разлог за велики број пожара у приземљу су неисправни струјни ормари, као и намерно паљење разног папира, картона или рекламног материјала.

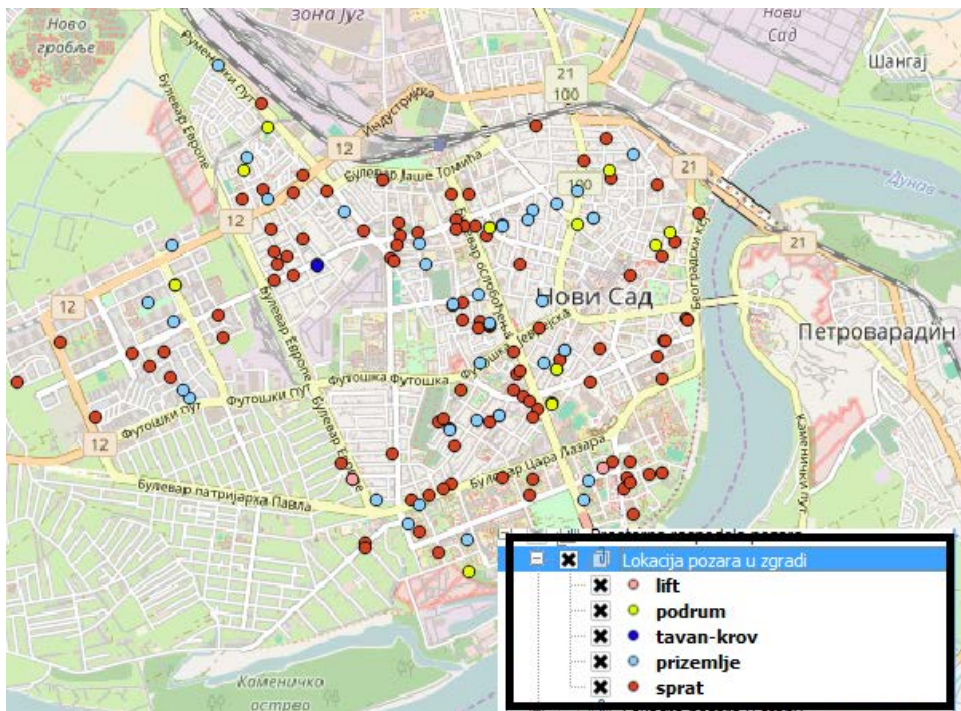
Најмањи број пожара је забележен у подруму и крову због чињенице да велики број вишеспратних зграда има раван кров, чиме је избегнут тавански простор или је сам тавански простор претворен у стамбени простор.

Просторни приказ пожара у 2013. години, у зависности од локације пожара у стамбеном објекту, је дат на Слици 4.





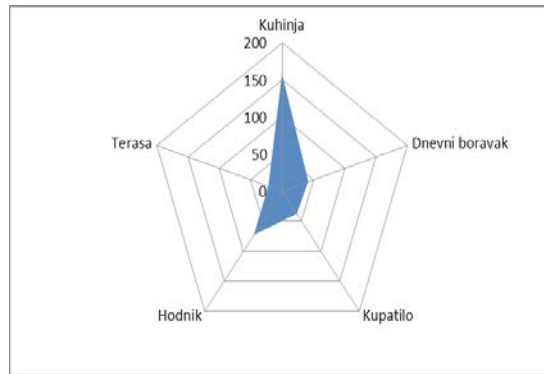
Слика 3 – Пожари у периоду од 2011-2013. године у зависности од места настанка у згради



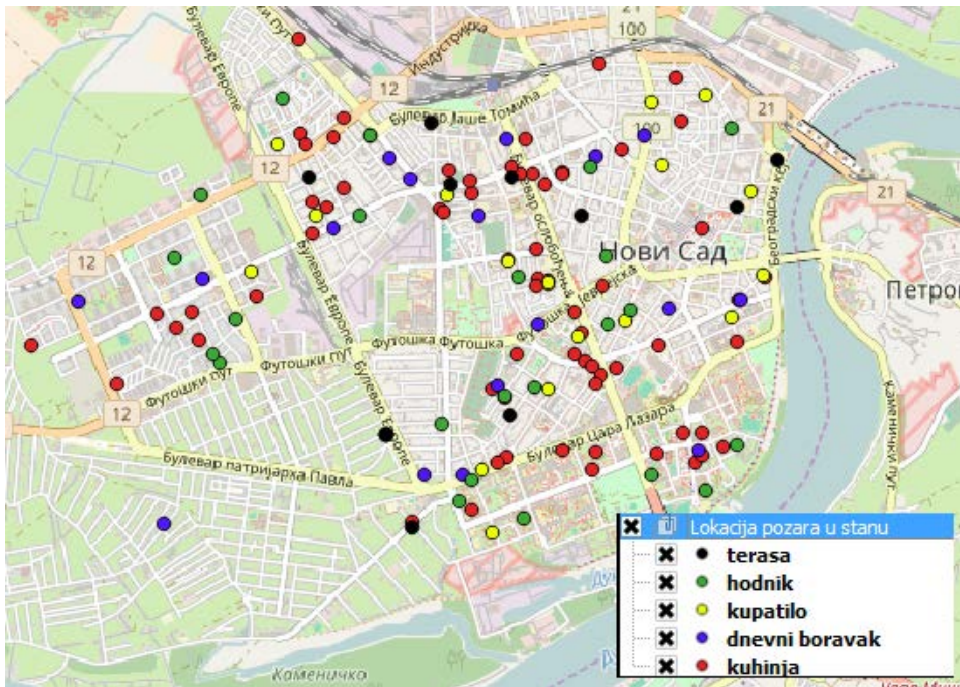
Слика 4 – Просторни приказ пожара у 2013. години у зависности од локације пожара у згради

### Локација пожара у стану

На Слици 5 је приказан број пожара који су се десили у Новом Саду у периоду од 2011-2013. године, а на основу локације у стану. Просторни распоред на основу локације настанка пожара у стану је приказан на Слици 6.



Слика 5 – Пожари у периоду 2011-2013. Године у зависности од места настанка у стану



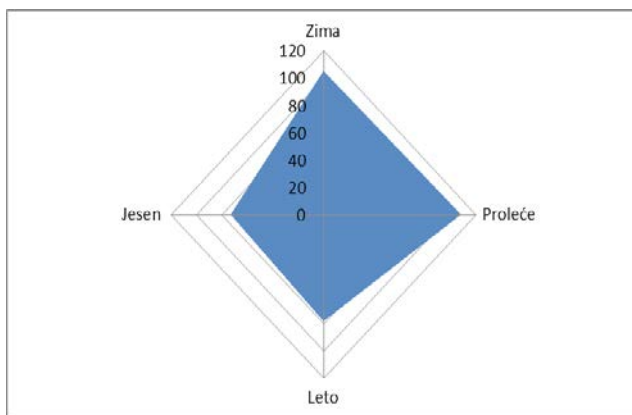
Слика 6 – Просторни приказ пожара у 2013. години у зависности од локације пожара у стану

У погледу локације настанка пожара у стану, најкритичнија је кухиња са 47%. Разлог томе је што се у њој користе грејна тела за припремање хране. Евидентан је и велики број пожара који отпочињу у ходницима, узрок је неадекватно одржавање и руковање таблама са електричним осигурачима, што најчешће доводи до појаве пожара.

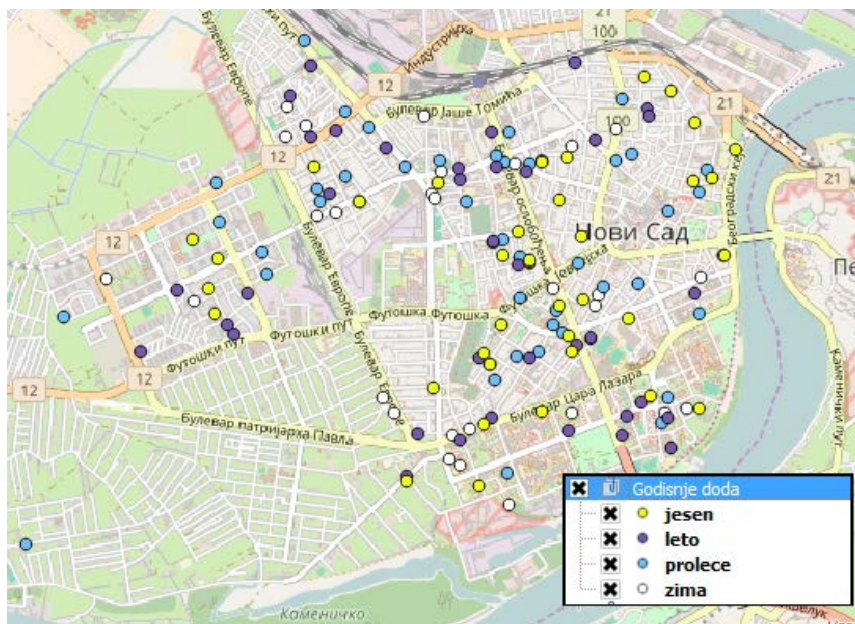
## 6.2. Временска расподела пожара

### Време настанка пожара

Већина пожара у анализираном периоду се догодила зими и у пролеће. Нешто мањи број пожара је забележен у јесен и лети. На Сликама 7 и 8 је дат приказ пожара у зависности од годишњег доба када се пожар догодио.



Слика 7 – Приказ пожара у периоду од 2011-2013. године у зависности од годишњег доба када се пожар догодио



Слика 8 – Просторно-временска расподела пожара у 2013. години у зависности од годишњег доба када се пожар догодио

Већина пожара се догодила у зимском периоду током грејне сезоне. Узрок томе су сијалице за јелку (које су један од најчешћих узрока пожара), кварови на инсталацијама, неисправне грејалице, сушење одеће на радијаторима, украсне свеће или фењери без надзора.

У поподневним часовима и ноћу су пожари учесталији. Разлог томе је што је већина особа у преподневним часовима одсутна из станова (на послу, у школи и сл.) па је и мања вероватноћа да ће доћи до пожара. Највећу опасност представљају пожари који се догађају ноћу, у време кад станари спавају. Најчешћи узроци пожара ноћу су људски немар, односно немарно бацање опушака, грејна тела сувише близу намештају или другим запаљивим предметима. Ови пожари могу бити изузетно опасни из разлога што могу тињати одређен период пре него их примети неко од станара који спавају.



## **7. ЗАКЉУЧАК**

У раду је извршена анализа просторно-временске расподеле хазарда пожара у вишеспратним стамбеним зградама у Новом Саду, који су се догодили у периоду од 2011-2013. године. Закључци изведени на основу прикупљених и обрађених статистичких података указују на стални пораст броја пожара у вишеспратним стамбеним зградама и заузимање све већег процентуалног учешћа у укупном броју свих насталих пожара.

Према анализираним статистичким подацима, пожар најчешће започиње на вишим етажама, а затим на приземљу. На крову, односно тавану или поткровљу пожари се ретко дешавају. Кухиња је веома ризично место у погледу пожарног ризика, док друго место заузима ходник. Највише пожара током године дешава се у зимском периоду и у пролеће. Такође, већи број пожара се десио радним данима, него викендом.

Увидом у просторни распоред, примећујемо да је најбезбеднији део онај са најмање вишеспратних стамбених објеката, а то је Телеп. Такође се дало уочити да су на подручју Сателит, Бистрица и Ново Насеље пожари нешто ређи. Узрок томе је мала густина насељености у тим деловима, иако су у питању стамбене зграде, оне нису присутне у тако великом броју, као у најугроженијим деловима са аспекта безбедности од пожара (Детелинара, Роткварија, Лиман, Сајмиште).

Овакве анализе могу бити значајне јер пружају информације о хазардима, рањивости и ризицима у одређеној градској области и самим тим подржавају процес процене ризика и свеукупну стратегију контроле и смањења ризика.

## **8. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Драганић С, Шупић С, Бонцић Ј, Лабан М, Голочевац Р. Пожари у стамбеним објектима у општини Пљевља.
- [2] Laban M, Milanko V, Mišulić K. T, Draganić S. FIRE STATISTICS AND RISK ANALYSIS IN WOODEN BUILDING STRUCTURES IN SERBIA.
- [3] Milojković B. 2009. Bezbednost
- [4] CTIF (2015) World Fire Statistics, Report No. 20, Centre of Fire Statistics of CTIF.
- [5] <https://sr.wikipedia.org/sr/>
- [6] Republički zavod za statistiku, Beograd 2013.
- [7] <https://www.usfa.fema.gov/data/statistics/>
- [8] Хаџиефендић Н., Београд. Електичне инсталације.
- [9] Миланко С. 2015. Анализа оптимизације пута ватрогасно-спасилачке јединице до високих стамбених зграда у Новом Саду. Дипломски рад. ФТН, Нови Сад.
- [10] Vuković O. 2011. Geoinformacije u upravljanju u hitnim situacijam, Diplomski rad, Geodetski fakultet, Zagreb.

Стеван ЂОРЂЕВИЋ<sup>1</sup>

Сања МИЛАНКО<sup>2</sup>

Верица МИЛАНКО<sup>3</sup>

Саша СПАИЋ<sup>4</sup>

## УПОРЕДНА АНАЛИЗА ПОТРЕБНОГ ВРЕМЕНА ЗА ЕВАКУАЦИЈУ ИЗ ЗГРАДЕ ВИСОКЕ ТЕХНИЧКЕ ШКОЛЕ СТРУКОВНИХ СТУДИЈА ПРИМЕНОМ РАЧУНСКЕ МЕТОДЕ И МЕТОДОМ СИМУЛАЦИЈЕ

**Резиме:** Циљ евакуације је да се она изврши у што краћем временском периоду и без већих повреда особа које се спасавају. Добра процена времена потребног за евакуацију је нарочито важна за објекте са великим бројем корисника као што су јавни, пословни и стамбени објекти. У раду су анализирани резултати времена потребног за евакуацију за зграду Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду који су добијени применом рачунског модела и софтверског модела симулације евакуације.

**Кључне речи:** евакуација, прорачун евакуације, модел симулације

## THE COMPARATIVE ANALYSIS OF NECESSARY EVACUATION TIME FOR THE BUILDING OF HIGHER EDUCATION TECHNICAL SCHOOL OF PROFESSIONAL STUDIES BY USING THE COMPUTING METHOD AND SIMULATION METHOD

**Abstract:** The aim of evacuation is to carry it out in as short time as possible and without major injuries to persons being saved. A good estimate of evacuation time is particularly important for facilities with a large number of users, such as public, business and residential buildings. The paper analyses the results of the required evacuation time for the building of the Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, obtained through the calculation model and the evacuation simulation software model.

**Key words:** evacuation, evacuation calculation, simulation model

<sup>1</sup> Мас. студ., Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1,  
e-mail: steva@elping.co.rs

<sup>2</sup> Мас. студ., Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6,  
e-mail: sanya6216@gmail.com

<sup>3</sup> Доктор наука, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1,  
e-mail: milanako@vtsns.edu.rs

<sup>4</sup> Доктор наука, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1,  
e-mail: spaic@vtsns.edu.rs

## 1. УВОД

Евакуација је планско и организовано премештање људи, животиња, материјалних и културних добара из угроженог објекта на сигурно место [1]. Појам евакуација је кроз историју прво коришћен у војној терминологији приликом склањања људи из ратом угрожених области, а након тога је узет за коришћење и у другим ситуацијама. Под угроженим објектима, у којима је потребно извршити евакуацију, могу се сматрати и пожаром захваћени објекти, објекти оштећени земљотресом или објекти угрожени поплавом и клизиштем. Приликом евакуације корисници објекта се крећу од полазног места преко коридора до безбедног места. Циљ је да се иста изврши у што краћем временском периоду и без већих повреда особа које се спасавају. У зависности од степена опасности евакуација може бити делимична или потпуна.

Једна од битних превентивних мера заштите од пожара је и планирање евакуације. Према Закону о заштити од пожара [2] основни захтев приликом пројектовања и изградње објеката, који се граде према закону који уређује област планирања и изградње, је да се мора омогућити сигурна и безбедна евакуација људи, односно њихово спасавање. Како би се остварило што боље планирање, потребно је извршити прорачун потребног времена евакуације из објекта. Добра процена времена потребног за евакуацију је нарочито важна за објекте где је присутан велики број људи, као што су јавни, пословни и велики стамбени објекти.

У инжењерској пракси за одређивање времена евакуације користе се разне методе, од најједноставнијих рачунских метода до најсавременијих програмских симулација. Ово омогућава избор најпогоднијег приступа и метода за израчунавање времена потребног за безбедну евакуацију. Од пресудног је значаја дизајнирање путева и времена евакуације у односу на растојање од места угрожавања до сигурног места. Софтверски модели симулације евакуације доприносе бољој процени тока евакуације у реалном времену и могу да укажу на критичне тачке на путу кретања.

У раду су на основу компаративне анализе резултата прорачунског и софтверског модела евакуације за зграду А Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду предложене мере за унапређивање безбедности корисника објекта.

## 2. ПРОРАЧУН ПОТРЕБНОГ ВРЕМЕНА ЗА ЕВАКУАЦИЈУ ИЗ ЗГРАДЕ А

### 2.1. Прорачун времена потребног за евакуацију применом рачунске методе према СРПС ТП 21

Време које је потребно за евакуацију из посматраног објекта је рачунато према необавезујућим техничким препорукама СРПС ТП 21 [3]. По овој методи време за евакуацију се рачуна као збир времена и то: време које је потребно да корисници објекта напусте простор који је захваћен самим пожаром, затим време које је потребно да стигну до излаза из објекта крећући се кроз објекат и времена да после напуштања објекта стигну до безбедног места, односно места изван утицаја пожара. На ова времена се додаје још и време које је неопходно за припрему лица за почетак евакуације. Времена за припрему евакуације усвајају се као стандардна у зависности од намене објекта и то:

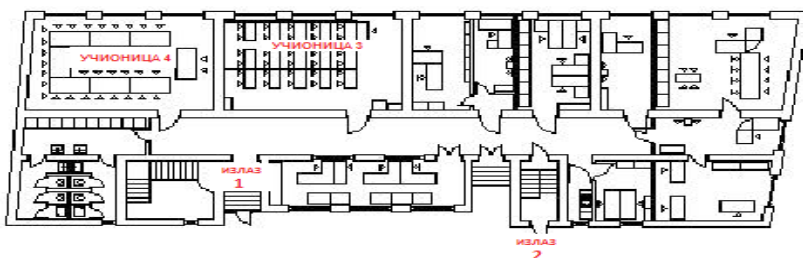
- за стамбене објекте 10 минута
- за пословне објекте 5 минута
- за јавне објекте 3 минута
- за стадионе и спортске хале 2 минута

Приликом евакуисања, време кретање корисника објеката је дефинисано етапама. Као време за које је потребно да се изврши прва фаза евакуације је максимално 30 секунди, осим у објектима где се седи у столицама које се налазе у дужим редовима као у биоскопима,

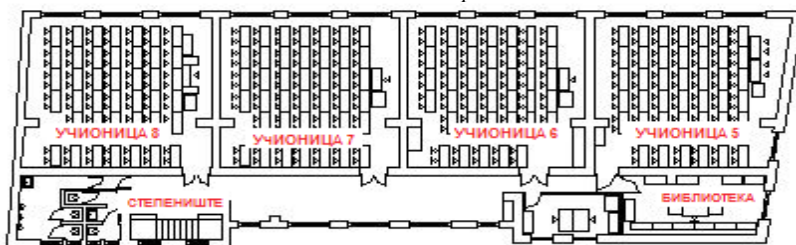
позоришту и амфитеатрима код којих се оно повећава спрам броја особа. Друга фаза евакуације је потребно да се заврши за максимално 60 секунди, а трећа за максимално 180 секунди. Као параметри који утичу на брзину кретања особа се користе ширина и дужина путева евакуације, наилазак на сужавања коридора, кретање уз и низ степенице или рампу и скретања на путевима. Приликом кретања уз или низ степенице или рампу брзина неометаног кретања се множи са одређеним фактором успорења, а приликом наилазак на сужења и скретања укупном времену се додаје фактор корекције који је одређени овом Техничком препоруком.

### 2.1.1. Прорачун потребног времена евакуације из зграде А

Зграда А је спратни објекат који се састоји од приземља (слика 1) и спрата (слика 2) и како висина пода последње етажне не прелази 30 m у односу на околни терен, објекат не припада групи високих објеката [4], а класификује се према намени, издвојености и висини према стандарду [3], као II 1 објекат. Садржај објекта чине учионице, библиотека, канцеларије различите намене (студентска служба, рачуноводства, секретар, директор, помоћници директора). Максималан број присутних особа у објекту износи 443, те према [5] објекат припада II категорији угрожености од пожара.



Слика 1 – Основа приземља



Слика 2 – Основа спрата

Прорачун је вршен на основу максимално очекиваног броја особа које могу да се затекну у објекту, 337 лица на спрату и 106 на приземљу. Број лица у згради је одређен према максималним капацитетима појединих просторија.

Према сценарију је предвиђено да се сва лица са спрата евакуишу на излаз 1, а све особе са приземља на излаз 2. Предвиђено је да се евакуација из свих просторија одвија истовремено. Особе се евакуишу од полазног места (појединих просторија), а затим ходником до степеништа, степеништем до нижег нивоа те до крајњег излаза из зграде и преко платоа до препорученог безбедног места. Најдуже потребно време прве фазе евакуације са спрата износи 195 s, што свакако не задовољава критеријум који је постављен стандардом од 30 s. Ово време евакуације је добијено само за административне просторије са малим бројем лица. Добијено потребно време за другу фазу евакуације са спрата износи 19,33 минуте. Потребно је узети у обзир да степениште није пожарно издвојено од ходника те да се евакуација до излаза из зграде одвија кроз незаштићени простор. Из приземног дела објекта време друге фазе евакуације износи

2,41 минута. Ни једно од ових времена добијених прорачуном за другу фазу евакуације не задовољава критеријум од 60 s. Укупно време које је потребно за евакуацију до безбедног места, када се дода и време припреме за евакуацију од 3 минуте износи 31,47 минута.

### 3. ПРИМЕНА СОФТВЕРСКОГ МОДЕЛА “PATHFINDER” ЗА СИМУЛАЦИЈУ ЕВАКУАЦИЈЕ

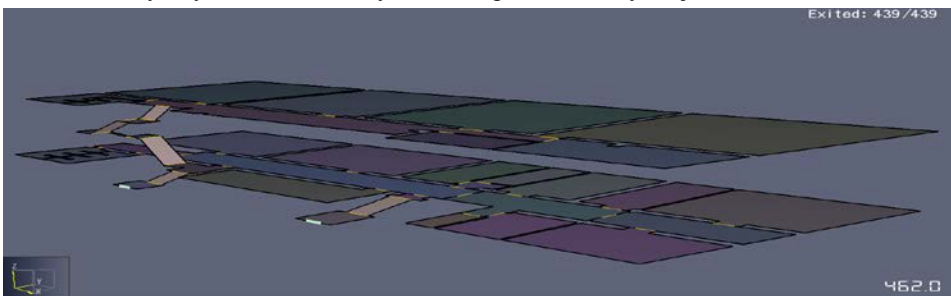
Pathfinder је симулатор евакуације који користи интегрисани кориснички интерфејс и 3D визуализацију резултата [6]. Омогућава ефикасно креирање модела евакуације у складу са различитим сценаријима. Улазни подаци за креирање симулационог модела су релевантне физичке карактеристике објекта (намена објекта, површина корисног простора, спратност, положај и димензије вертикалних комуникација, ...) и број корисника објеката. Програм Pathfinder приказује визуелно људске моделе, стазе кретања, подне расподеле, степенишне просторе и друге аспекте 3D приказа [7]. Динамички ниво омогућава да се до детаља види кретање свих актера у реалном времену.

У Pathfinder-у је креиран модел евакуације и урађена симулација. У циљу добијања што реалнијих резултата приликом дефинисања кретања актера примењени су параметри из рачунског модела СРПС ТП 21.

У раду су приказана три сценарија модела симулација евакуације из зграде А Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду [8]. Због потреба израде симулације у програм су унете основе приземља и спрата са стварним димензијама просторија, пролаза и излаза. У сваку просторију је унет максималан број људи који може да се нађе у њој тј. према броју седећих места. Код свих сценарија, узете су у обзир одрасле млађе особе и особе средњих година са брзином кретања по равном путу од 1,2 m/s до 1,5 m/s. Подешени излази, на које ће се усмеравати евакуација, су излаз 1 који је обележен као ИЗЛАЗ СПРАТ и излаз 2 обележен као ИЗЛАЗ ПРИЗЕМЉЕ.

#### 3.1. Модел симулације сценарио 1

У сценарију 1 модел симулације је подешен тако да све особе са спрата излазе на излаз 1, а све особе из приземља на излаз 2, осим особа из учионице 4 у приземљу које ће исто изаћи на излаз 1. Овај сценарио је урађен као најреалнији пошто особе које излазе из учионице 4 у приземљу прво виде излаз 1 и вероватно ће махинално кренути ка том излазу. Приликом учитавања симулације добијено је време за које ће бити извршена евакуација од 462 s, односно око 8 минута (слика 3). У ово време није урачунато време припреме евакуације које се за јавне објекте узима 3 минута, нити време треће фазе евакуације до безбедног места. При симулацији у PATHFINDER програму није могуће узети у обзир ефекат панике као ни ставку да особе у учионицама седе у клупама што исто утиче на времена евакуације.



Слика 3 – Крај евакуације из објекта



Из симулационог модела тока евакуације уочава се да је критична тачка где долази до успоравања брзине евакуације због гомилања актера и застоја сужење ходника код учионица 5, 6 и библиотеке на спрату (слика 4).



Слика 4 – Критична тачка код учионица 5 и 6, и библиотеке

Следећа критична тачка је степениште за силазак ка излазу 1 и само сужење на изласку из објекта (слика 5).



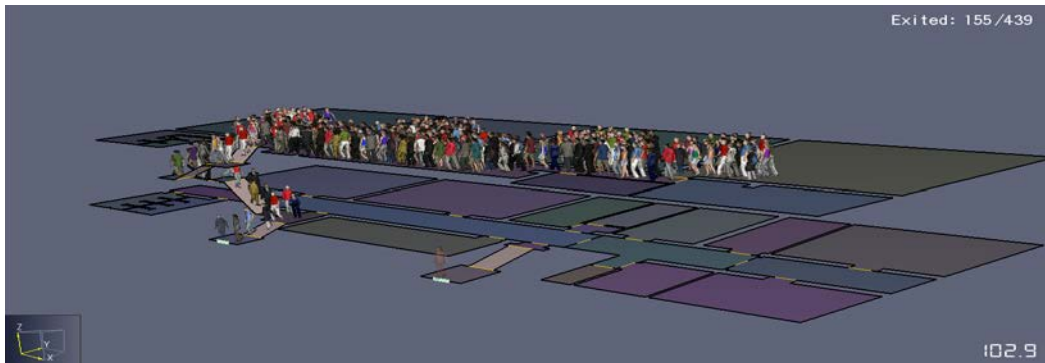
Слика 5 – Критична тачка код излаза 1 из објекта

Када је у питању евакуација из приземља критично место је сужење при излазу 2 где је очигледно створена гужва (слика 6).



Слика 6 – Сужење на излазу 2 при евакуацији приземља

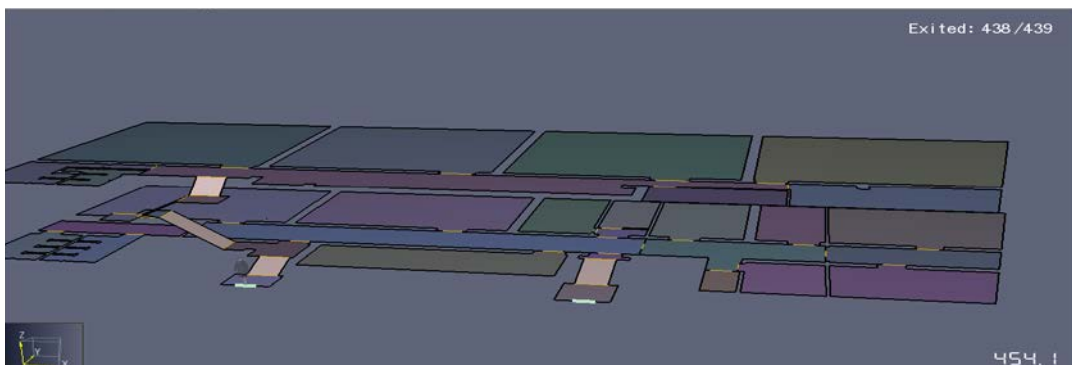
Евакуација из самог приземља објекта траје 103 секунде (слика 7).



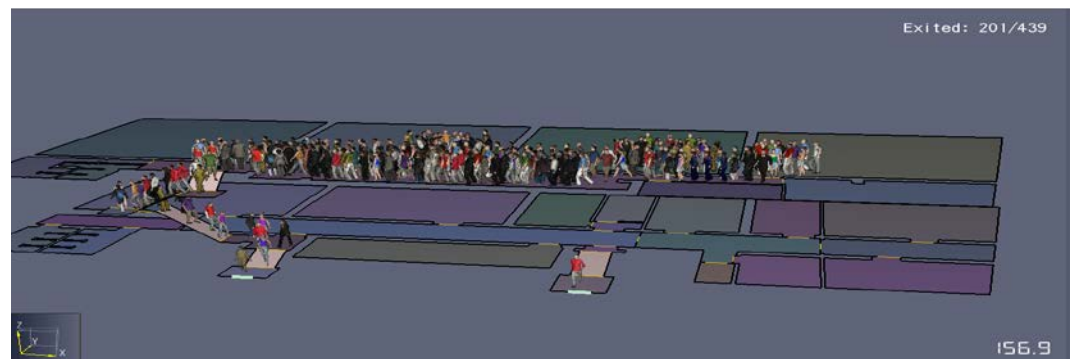
Слика 7 – Завршетак евакуације приземља.

### 3.2. Модел симулације сценарио 2

Код сценарија 2 сва лица са спрата излазе на излаз 1, а из приземља на излаз 2. За овако усмерену евакуацију неопходно би било ангажовати додатно обучено лице. У овом сценарију време евакуације са спрата износи 454 секунде (слика 8) и краће је за 8 секунди у односу на претходни сценарио, али је зато време које је потребно за евакуацију кроз излаз 2 дуже и износи 157 секунди. Ово се и могло очекивати пошто је повећан број особа (за број из учионице 4) и ствара се већа гужва при изласку (слика 9).



Слика 8 – Крај евакуације у сценарију 2



Слика 9 – Крај евакуације приземља у сценарију 2

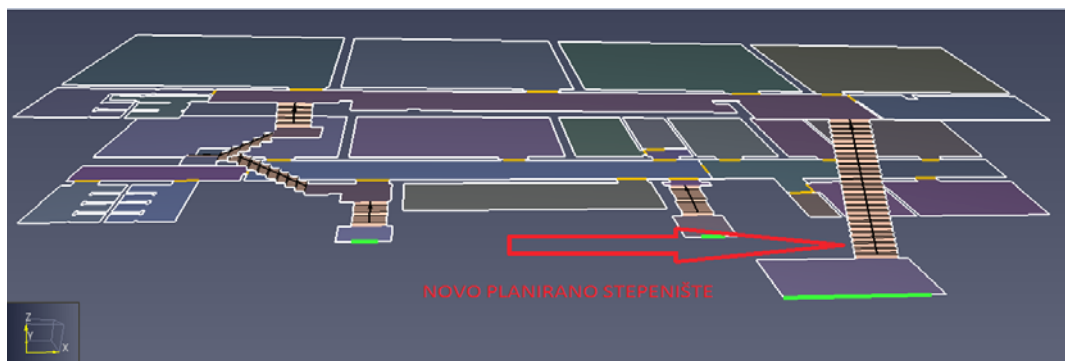
И код овог сценарија 2, критична тачка је на спрату објекта тј. у ходнику где се стварају велике гужве приликом наилаaska на сужење код степеништа (слика 10).



Слика 10 – Гужва на спрату на месту сужења коридора (у ходнику)

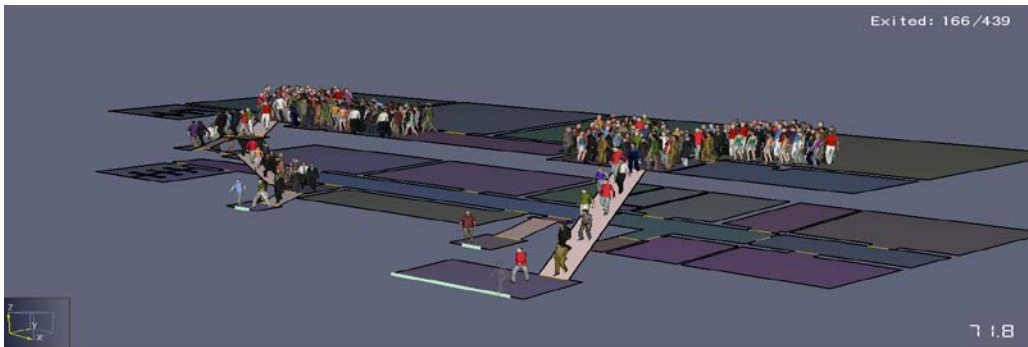
### 3.3. Модел симулације сценарио 3

Сценарио 3 је моделован у циљу решавања проблема стварања гужве у ходнику на спрату. У ту сврху је урађена симулација са предлогом да се изгради још једно независно спољашње степениште за евакуацију. Предлог је да се изврши адаптација једне просторије, која је накнадно дограђена од гипсаних монтажних зидова, на спрату. На месту прозора те просторије потребно је поставити двокрилна врата ширине 160 cm која ће се отворити ка напоље. Кроз та врата би се прилазило спољном степеништу које би требало извести тако да се силази директно у двориште школе. Степениште треба димензионисати тако да ширина крака буде 1,6 m и да нагиб не буде већи од  $45^\circ$ . На степениште је обавезно да се постави заштитна ограда минималне висине 1,2 m (слика 11).



Слика 11 – Предложене грађевинске измене

На ово степениште би се усмерили корисници из учионица 5 и 6 и библиотеке. Оваквим решењем би се допринело смањењу настајања гужве на првој критичној тачки на спрату, у малом ходнику код библиотеке и учионица, где долази до сужења коридора евакуације. На овај начин би се решио и проблем стварања гужве у ходнику на спрату и унутрашњим степеницама које воде ка излазу 1 из објекта. Усмеравање особа на спрату, захтева обавезно ангажовање лица обучених за вођење евакуације. После подешавања свих нових параметара и учитавањем симулације, добија се време евакуације које износи 247 секунди. Праћењем симулације констатовано је да се приземље евакуише у овом случају најбрже, и то време износи 72 секунде (слика 12), што може да буде прихватљиво и у погледу техничких препорука СРПС ТП 21.



Слика 12 – Крај евакуације приземља

Што се тиче евакуације са спрата, време које је сада добијено скоро је упола смањено у односу на она времена која су добијена код претходна два сценарија. При кретању ка излазним вратима и даље се на спрату стварају гужве, али се евакуација одвија много брже (слика 13).



Слика 13 – Приказ распоређивања гужве на спрату

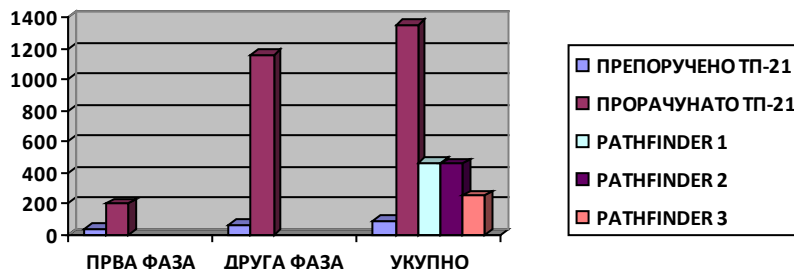
#### 4. ЗАКЉУЧНО РАЗМАТРАЊЕ

У раду су приказани резултати прорачуна времена неопходног за евакуације из зграде А Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду према техничкој препоруци СРПС ТП 21 и уз помоћ софтверског модела програма Pathfinder. У табели 1 и дијаграму 1.

Табела 1 – Време евакуације добијено прорачунском методом и методом симулације

МЕТОДЕ ЗА ПРОРАЧУН ПОТРЕБНОГ ВРЕМЕНА ЗА ЕВАКУАЦИЈУ	ПРЕПОРУЧЕНО ТП-21	ПРОРАЧУНАТО			
		ТП-21	PATHFINDER Сценарио		
			1	2	3
ВРЕМЕ ПРВЕ ФАЗЕ ЕВАКУАЦИЈЕ	30s	195s			
ВРЕМЕ ДРУГЕ ФАЗЕ ЕВАКУАЦИЈЕ	60s	1160s			
<b>УКУПНО ВРЕМЕ ЕВАКУАЦИЈЕ</b>	<b>90s</b>	<b>1355s</b>	<b>462s</b>	<b>454s</b>	<b>247s</b>





Дијаграм 1 – Упоредни приказ прорачунатих времена евакуације са препорученим

Време потребно за евакуацију разликује се у зависности од примењене методе која се користи при прорачуну. У техничким препорукама евакуације се прати кроз фазе, од момента детектовања пожара, реаговања и кретања ка безбедном месту. Рачунарске технологије дају значајне информације о току евакуације, критичном путу и критичним тачкама пута.

Моделовање и симулација су корисни савремени алати за развој виртуелних сценарија. Кроз симулацију добија се време трајања евакуације и могућност праћења критичних тачки у објекту, мењањем улазних података могу се релативно брзо моделовати различити сценарији.

Студије евакуације се концентришу на одређивању времена евакуације, односно времену када ће корисници објекта моћи да га безбедно напусте, без повређивања или губитка живота. Коришћењем у прорачуну одређених параметара: димензија коридора евакуације, препрека при кретању, броја људи у објекту, пожарног оптерећења објекта, брзине ширења пожара, студије о понашању људи приликом пожара, утицаја задимљености коридора евакуације, осветљења коридора евакуације и брзине реакције аутоматских система, добило би се најреалније време потребно за евакуацију из посматраног објекта. Међутим, често када се узимау обзир велики број параметара, могу при процени настати и веће грешке.

Разматрајући све до сада приказано у раду можемо са сигурношћу да констатујемо да евакуација из посматраног објекта Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду са или без предложених грађевинских преправки није могућа да се изведе са потпуном сигурношћу и да неће доћи до повређивања лица у објекту. Оно што би безбедност особа које се налазе у овом објекту могло да подигне на виши ниво било би постављање аутоматског система за рано откривање и дојаву пожара као и аутоматског система за гашење пожара који би били у међусобној спрези. Пошто се у овом делу објекта налази школска библиотека, скриптарница, студентска служба, учионица опремљена рачунарима за рад судената, а у канцеларијама се налази велика количина архивског материјала потребно је правилно одредити врсту система за гашење пожара како не би дошло до уништавања наведене опреме и битне школске архиве.

Препоручује се и експериментална провера прорачунских и софтверских модела организацијом периодичних вежби евакуације које доприносе већој припремљености корисника објеката да брже реагују у случају пожара у објекту.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о ванредним ситуацијама, „Сл. гласник РС“, бр. 111/2009, 92/2011 и 93/2012.
- [2] Закон о заштити од пожара, „Службени гласник Републике Србије“, бр. 111/2009. и 20/2015.
- [3] Техничка препорука за заштиту од пожара стамбених, пословних и јавних зграда, СРПС ТП 21, Савезни завод за стандардизацију, Београд, 2002.
- [4] Правилник о техничким нормативима за заштиту високих објеката од пожара, „Сл. гласник РС“, бр. 80/2015.
- [5] Уредба о разврставању објеката, делатности и земљишта у категорије угрожаности од пожара, „Сл. гласник РС“, бр. 26/2010.
- [6] Упутство за кориштење Pathfinder 2013, Thunderhead Engineering, децембар 2014.
- [7] Laban M., Popov S., Vukoslavčević S., Šupić S., *Performanse puteva evakuacije i bezbednost zgrada od požara*, TEHNIKA – NAŠE GRAĐEVINARSTVO 69 (2015) 4, str. 599-606.
- [8] Ђорђевић С., *Упоредна анализа метода за прорачун потребног времена за евакуацију у случају пожара из објекта Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду*, Завршни рад, ВТШСС, Нови Сад, 2018.

Зоран НЕШКОСКИ<sup>1</sup>

## ПОТЕНЦИЈАЛНЕ ОПАСНОСТИ ОД ПОЖАРА ОБЈЕКТА СА ЕНЕРГЕТСКО ЕФИКАСНИМ ФАСАДАМА

**Апстракт:** Практична искуства говоре да је потребно анализирати потенцијалне опасности од пожара на објектима са енергетско ефикасним фасадама и специфичностима са којима се могу сусрети ватрогасци приликом интервенција гашења, евакуације и др.

Потребно је познавати типове фасада, изолација и карактеристике грађевинског материјала због могућности настајања и ширења пожара као и ограничавања даљег преношења пожара. Ово све утиче и на начин спровођења евакуације приликом активног пожара и улогу спасилачких служби. Примена стандарда и прописа које уређују ову област. У раду су приказани примери из праксе у Р. Македонији и из иностранста који укључују и анализе ширења пожара, гашења и спашавања. Дате су препоруке за спровођење превентивне заштите од пожара, гашење и спашавање када су у питању ове врсте пожара.

**Кључне речи:** опасност, пожар, фасада.

## POTENTIAL FIRE HAZARDS ON ENERGY EFFICIENT FACADES OBJECTS

**Abstract:** Practical experience suggests that it is necessary to analyze potential fire risks caused by buildings with energy efficient façades. The specificities that firefighters can encounter on this type of fire during an intervention for fire fighting, evacuation, etc.

It is necessary to know all types of façade, insulation and characteristics of building materials. Evacuation of an active fire and the role of rescue services. Type of buildings and facades, possibilities of formation and spread of fire as well as their restriction in further expansion. Application of standards and regulations governing this area. Examples from fire practice in buildings in the Republic of Macedonia and abroad that include fire, fire fighting and rescue analyzes. Preventive protection against fire, fire fighting and rescue of this type of fire.

**Key words:** danger, fire, facade.

---

<sup>1</sup> Министарство унутрашњих послова Р. Македоније, ул. Димче Мирчев бр. 9, 1000 Скопље, [zoran\\_neskoski@moi.gov.mk](mailto:zoran_neskoski@moi.gov.mk), [zoranneskoski@yahoo.com](mailto:zoranneskoski@yahoo.com)

## 1. УВОД

Сваки објекат који се гради захтева пуно материјала и средства да би се постигао жељени циљ, а ту је у свакако укључен и његов естетски изглед или фасада. Израз фасада је изведена од латинске речи „*facies*“, што значи „лице“ и заузима важно место у испуњавању додатних енергетских захтева.

Савремена архитектура захтева стандарде у дизајну и праву слободу обликовања, које могу да се остваре само уз помоћ најмодернијих технологија. Иновативни системи фасада, као што су висеће и вентилисане фасаде омогућавају топлотно-енергетски омотач. Уз помоћ конструкцијске раздвојености заштите од топлоте и временских утицаја, овакви ситеми су енергетски врло ефикасни, дуготрајни и економични. Са аспекта отпорности и заштите, фасада мора бити отпорна на деловања ветра, кише, леда, потреса и отпорна на пожар.

Данас се користе различити типова фасада, а могу се поделити према саставу саме фасаде које могу бити изграђене од тешких и лаких елемената облоге. У основној подели спада и она према материјалу: стиропор фасаде, дрвене, стаклене, металне (од алуминјумских и челичних плоча и сендвич панела), и фасаде од тешких елемената облоге-камен, опека и керамичких плоча. Од свих употребљених материјала са циљем постизања енергетске ефикасности фасадне облоге, користе се и неки гориви материјали, што ће утицати на опасност од пожара [2].

У пракси пожари на фасадама су све присутније како у свету тако и код нас, и у раду су приказане неке опасности код грађевинских објеката јавне намене [1]. Ово намеће потребу за примену мера превентивне заштите, примену стандарда и доношења прописа за регулисање ове проблематике.

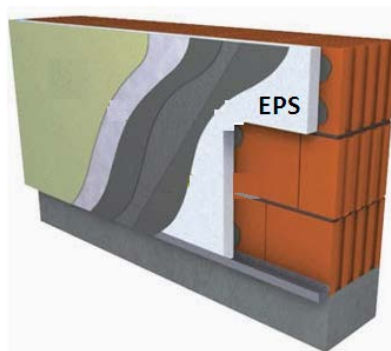
## 2. ВРСТЕ ФАСАДА

Класичне фасаде су фасаде већином од цементног малтера. Овакава фасада нема функцију топлинске изолације, а једина карактеристика је заштита зидова од атмосферско деловање и естетска функција. Изолацијски слој је могуће поставити изнутра као једно старо решење, које је било чешће примењивано. За разлику од слабе топлинске изолације, ове врсте фасаде имају дужи век трајања и имају одређену ватроотпорност.

Камене фасаде израђују се од клесаног или резаног камена. Могу бите постављени као појединачни делови у већ готовим панелима. Постављају се на два начина: суви и мокри поступак. Мокри поступак се углавном примењује на мање објекте и ради се на начин класичног зидања цементним малтером или лепилима. Суви поступак се углавном сусреће на сувременим објектима. Сам камен нема топлинско изолацијских својстава па се испод камена поставља топлинска изолација. Ту настаје проблем причвршћавања камене облоге, посебно ако постоји и вентилирани слој. Због своје тежине и начина постављања овакав тип се углавном ради на зидовима од армираног бетона, где их је могуће добро причврстити помоћу држача за фасаде.

Термо фасаде су фасаде данашњице који уз естетски изглед имају и топлинску изолацију. Зими спречавају губитак топлинске енергије из објекта, а лети спречавају да топлина улази у објекат. Ова својства допринела су овим врстама фасаде да имају велику примену у паракси јер могу донети до 40% уштеде на трошковима хлађења и гријања. Исто тако се мора истаћи да ова врста фасада има и бољу звучну изолацију. Још једна велика предност је и да оваква фасада штити конструкцију од великих топлинских напрезања (ширења и скупљања). Може бити од различитог материјала, а у пракси највише су примењивани минерална вуна и EPS - експандирани полистирени (стиропор, слика 1) [2].

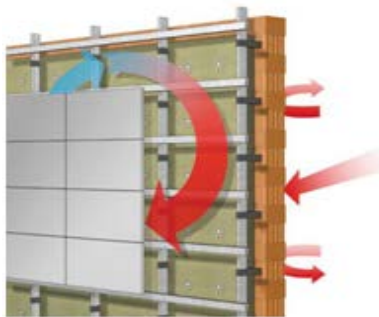




Слика 1 – EPS - експандирани полистирени

Стаклена фасада је незаобилазан облик фасаде на пословним зградама и ексклузивним стамбеним објектима. Осим сигурности, топлинске те звучне изолације, стакло у овом случају има и велику естетску важност. Углавном се изводе тако да се носива конструкција од алуминијума не види, те се тако не виде и отвори који се углавном отварају према ван, тако да фасада изгледа као из једног комада стакла или се познају минимални размаци између појединих стакла [4]. У случају пожара, код оваквих објеката, велика опасност је од пуцања или прскања стакла на све стране, што ће отежати интервенцију ватрогасаца око евакуације и гашења пожара [2].

Вентилисане фасаде су врста фасаде које задовољавају све важне услове за обликовање модерних пословних објекта протеклих неколико година. Код ове врста фасада завршна облога, која може бити од различитог материјала, одвојена је од носиве конструкције грађевине с вентилираним простором, сличним као код хладних вентилираних кровова. Вентилирани простор који се налази између завршне облоге и топлинске изолације име вишеструку функцију. У смислу физике зграде, систем доприноси у летњем и зимском периоду бољј ефикасност топлинске изолације. У литератури често се користи термин „ефект димњака“, којим се описује физичка појава кретања ваздуха (дима). Под утицајем термодимачких сила, ваздух или дим се креће одоздо према горе. Што је простор ужи, то је његово кретање усмереније. У вентилисаним фасадама, простор који је намењен кретању зрака, обично је од 2 до 4 cm ширине. Како би се избегло нежељено прохладивање и декомпозиција вањског слоја топлинске изолације, штићење се врши на разне начине: стакленом вуном, паропропусном фолијом, минералном вуном и друго. Ова врста фасада има и значајне еколошке и економске ефекте, штити од атмосферског деловања и доприноси дуговечности зграде. У вентилираном простору могућа је регулација влажности зграде [4]. Неке од завршних облога (омотача) код вентилираних фасада могу бити: камен, стакло, алуминијум, дрво, керамика и друго (слика 2).



Слика 2 – Вентилисана фасада

Основни захтев заштите од пожара је врло битна ствар. Време у коме конструкција и елементи морају задржати носивост и друга својства током одређеног времена у пожару, важно је како би људи имали довољно времена напустити објекат, а ватрогасци спасиоци интервенисали, локализовали и угасили пожар, спасили и евакуирали преостале људе, а да за то време објекат остане стабилан.

Енергетска експанзија око обнове постојећих зграда је тренд на нашим просторима, а један од захтева код фасаде је, да као елеменат објекта, морају испунити и стандарде и прописе за заштиту од пожара, поред топлинске заштита и естетски изглед [2].

### 3. ОПАСНОСТИ ОД ПОЖАРА И МЕРЕ БЕЗБЕДНОСТИ

Искуства из праксе, као нпр. пожар на објекту у Лондону (Grenfell tower, 71 мртви људи) (слика 3), грађевинске стручњаке усмеравају на решења која морају бити таква да не угрожавају људске животе и не уништавају објекте са неадекватним облогама фасада [2]. Прописи јасно указују како све вентилисане фасаде морају бити изведене од негоривог материјала. Композитни материјал пожарне „класе В“ је сендвич од два танка вањска слоја алуминијума од по 0,5 mm дебљине и средњег слоја дебљине 3 mm испуњен полиуретаном (PU). То је био материјал који је кориштен као вањска облога вентилисане фасаде у Лондону. Реч је о запаљивом материјалу који код извора довољне тоpline гори великом брзином посебно ако је објекат на више спратова [2].

Исто и композитни алуминијумски системи испуњени полиуретаном и алуминијумским хидроксидом, који спадају у „класе А“ горивости, морају имати уграђену пожарну баријеру. Европске норме траже да се код свих вентилисаних фасада на зградама са више спратова код свих врста обложених материјала изнад прозора уграђују пожарне препреке.

На високој згради у Лондону није било уграђених пожарних препрека. Инспекцијске службе интензивно су радиле на терену да провере усклађеност са нормама заштите од пожара високих објеката одмах после овог пожара. У САД-у већина савезних држава забранила је ову врсту фасадних облога за високе објекте. Међународне норме траже примену ригорозних тестова фасада високих објеката које су развиле и Национална удружења за заштиту од пожара (NFPA Standard 285) [2, 5].



Слика 3 – Лондон „Grenfell tower“

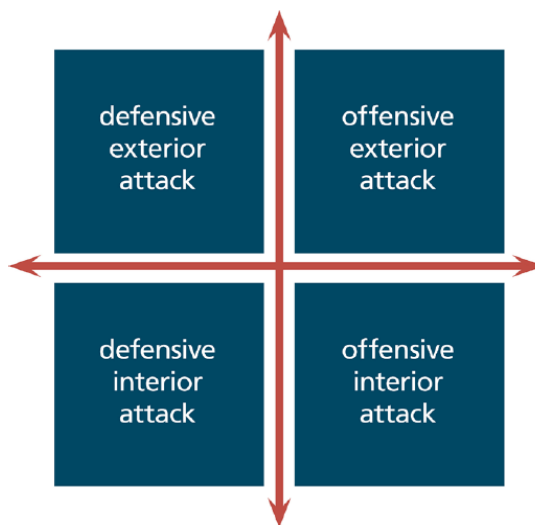
### 4. ВАТРОГАСНЕ ИНТЕРВЕНЦИЈЕ НА ОБЈЕКТИМА ЗАХВАЋЕНИМ ПОЖАРОМ ФАСАДЕ

Постоји мишљење да фасаде имају јако мали или никакав утицај на настанак, развој и ширење пожара. Да би се створила свест и проширила знања из тог подручја организују се семинари и конференције, вежбе и пожарна испитивања. Статистика показује да се пожари на зградама јаче и брже шире него прије, разлог је врста и количина горивог материјала уграђеног у грађевину.

Ватрогасци своја знања и скуства граде највише из праксе што се доказује управо преко анализе великих пожара и догађаја. Због тога ватрогасна тактика никада неће бити комплетна и увек се мора прилагођивати откривањем нових могућности [8].

Досадашња пракса у ватрогасству, ватрогасна служба је тактички интервенирала преко унутрашњих напада или навала и одбрамбених спољњих напада. Дефанзивна спољашња интервенција би се извршила када се стандардна унутрашња интервенција више не би могла извршити. Ватрогасна служба превентивно се повлачи, одустаје од зграде и фокусира се на спречавање ширења пожара на суседне објекте. Ватрогасци (пример у Холандији) тактички разрађују такозвани модел „квadrанта“ који описује алтернативе за унутрашње и спољашње интервенције или напад као што су пожари на објекти и фасаде [6].

Модел квадранта постаје део тактике ватрогасне службе и то је алатка за избор типа интервенције (напада), сваки од четири квадранта има своје циљеве као на приказаној слици 4.



Слика 4 – Модел „квadrант“

Модел квадранта пружа добру основу и могућност за одређивање тактичког начина и контроле приликом одлучивања тактичког наступа гашења пожара. Руководиоци интервенције могу да користе квадрантски модел да би лакше и брже одлучили о одговарајућем тактичком наступу.

У суштини, модел квадранта омогућава још две оперативне тактике и на тај начин руководиоц интервенције или одговорна особа има више опција на избору око тактичког наступа. На основу информација из поступка извиђања, мора се донети разумна одлука о томе која оперативна тактика ће се користити. Ватрогасци ће увек вршити или имати унутрашњи напад, осим ако је одлучено да то више није могуће. Може се констатовати да увођењем модела квадранта мења се начин размишљања код ватрогасне службе још при самом доласку на лице места, приликом вршења извиђања објекта.

При избору циља и оперативне тактике, руководиоц интервенције ватрогасне службе мора узети у обзир следеће карактеристике:

- Карактеристике развојне фазе пожара;
- Карактеристике објекта – грађевине (пројектно решење, мере заштите од пожара и др.);
- Људске карактеристике (број угрожених људи, понашање људи у згради и др.).

На лицу места инцидената, пожара и слично увек се мора правити комбинација ових карактеристика, а извиђањем мора се дати приоритет које су то карактеристике значајне за

безбедан и правилан тактички наступ. Руководилац интервенције или одговорна особа мора да утврди како се карактеристике међусобно повезују да би ватрогасцима изадо команду на основу модела-одговарајућих квадранта. Због тога је од велике важности да се спроведе ефикасно и потпуно извиђање на лицу места.

Када је изабран тактички наступ „квадрант“, интервенција не мора остати у изабраном „квадранту“. У току интервенције ако се мења сама ситуација, руководилац интервенције може преиспитати своју одлуку и применити другу тактику. Промена тактике може бити резултат многих разлога. Околности на лицу места могу се променити као на пример промена интензитетат ватре и дима, промене које настају на самој згради (рушења, оштећења) и информације о броју људи и угрожених људских живота [3]. Када је ватра интензивнија, ризик од ширења ватре и пожара или рушење делова зграде, ризик опасности се повећава, а тиме и шансе за опстанак људи у објекат смањују. Приликом промене у тактичком наступу морају се међусобно разменити све битне информације самог догађаја.

## 5. ПРАКТИЧНИ ПРИМЕРИ ПОЖАРА НА ФАСАДАМА ОБЈЕКТА

Пројекат за обнову јавних институција, колективних и индивидуалних стамбених зграда са енергетско ефикасним и естетским фасадама у Скопљу, допринео је појави неколико пожара. Настала је материјална штета без људских жртава. За ватрогасне службе јавља се потреба о примени правилног тактичког приступа и примени одговарајуће ватрогасне опреме и средства за рад [1, 9]. Оно што наука објашњава и групише су три типична начина преноса пожара по фасади [7]:

- Пожар у непосредној околини зграде који се преноси зрачењем;
- Опасност од ширења пожара по фасади и пренос пожара унутар зграде и
- Пожар у унутрашњости зграде који избија преко отвора, претставља опасност од ширења пожара по фасади зграде и друге суседне објекте.

У Р. Македонији у претходном периоду су се догодили пожари који су специфични према начину преношења:

*Пример 1:* Пожар на „колективној стамбеној зграда“ – Скопље 2005. Пожар од унутрашњости зграде избија преко отвора (прозора), проширио се по балконима и фасади објекта (слика 5).



Слика 5 – Пожар на „колективној стамбеној зграда - Скопље 2005

*Пример 2:* Пожар на Националном театру – Скопље 2011. Узрок паљења је био отворени пламен, пожар се проширио на фасаду и кровни део објекта у изградњи (слика 6).



Слика 6 – Пожар на Националном театру – Скопје 2011

Пример 3: Пожар на објекту „Влада РМ“ – Скопје 2014. Узрок паљења је употреба отвореног пламена, пожар се проширио по фасади – „вентилирана фасада“ (слика 7) [2].



Слика 7 – Интервенција ватрогасаца на објекту „Влада РМ“ Скопје 2014

Пример 4: Пожар на јавно-пословном објекту – Скопје 2016. Узрок паљења је употреба отвореног пламен, пожар се проширио по контактної фасади од стиропора (слика 8) [2].





Слика 8 – Пожар на фасади јавног објекта у Скопљу 2016

Пример 5: Пожар на јавном објекту – Скопље 2018. Пожар од унутрашњости зграде избија преко отвора (прозор), пожар се проширио по фасади објекта (слика 9) [2].



Слика 9 – Пожар на фасади јавног објекта у Скопљу 2018

Ови примери из праксе допринели су унапређењу превентивних, репресивних и оперативних приступа у подручју заштите од пожара у Р. Македонији.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Енергетска обнова простојећих зграда и објеката је у тренду широм региона и Европе. Ове анализе догађаја, испитивања и остале активности омогућују спознавања проблема везано за енергетску ефикасност објеката и опасности од пожара као и побољшање превентивне заштите. Анализе овог типа пожара показују да у 80% случајева долази до смртог исхода услед тровања од токсичног дима при сагоревању полимера и осталих горивих материјала уграђених у зграде. Ово је видљиво и из примера који су дати у овом раду: Лондон (Grenfell tower, 2017., број мртвих 71, слика 3); други пример – колективна стамбена зграда, Скопје, 2005., број мртвих 5, (слика 5) и др. [2].

У циљу смањивања опасности и повећања безбедности корисника објеката, надлежне институције треба да раде на повећању сигурности објеката преко доношења адекватних стандарда и регулатива везаних за ову проблематику. Повећању безбедности објеката доприноси правилан избор нових незапаљивих и нетоксичних материјала, као и осталих елемената који су тестирани у условима који одговарају реалној изложености ватри, и задовољавају квалитете везане за смањење ризика од настајања и ширења пожара [5, 2].

Потребно је да ватрогасне службе анализирају и обрађују објекте на своме интервентном подручју, прилагођавају тактику гашења и спасавања људи и имовине, и унапређују личну самозаштиту приликом интервенција на високим објектима са енергетско ефикасним фасадама [9].

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Нешкоски З.: Заштита од пожара у урбаним срединама, Ватрогасни Савез Македоније, 2012.
- [2] XIV-Стручни скуп, Зборник радова, Хрватска Ватрогасна Заједница, Приморско-Горанске Жупаније, Ријека, Опатија, 2018.
- [3] [https://cdn.ymaws.com/www.sfpe.org/resource/resmgr/roadmap/180703\\_SFPE\\_Research\\_Roadmap.pdf](https://cdn.ymaws.com/www.sfpe.org/resource/resmgr/roadmap/180703_SFPE_Research_Roadmap.pdf), (јули 2018.)
- [4] <https://repozitorij.gfos.hr/islandora/object/gfos:334/preview>, (august 2018).
- [5] <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.832.2786&rep=rep1&type=pdf> (august 2018.)
- [6] <https://www.ifv.nl/adviesennovatie/Documents/201411-BA-Quadrant-Model-for-Fighting-Structure-Fires.pdf> (august 2018.)
- [7] <http://www.sfpe-biv.se/attachments/article/10282/Facade%20BIV%202016.pdf> (јули 2018.)
- [8] <https://www.osha.gov/Publications/OSHA3256.pdf> (august 2018.)
- [9] [http://wood-works.ca/wp-content/uploads/UFV-CWC-Construction-Site-Fire-Safety\\_Apr-2015-1.pdf](http://wood-works.ca/wp-content/uploads/UFV-CWC-Construction-Site-Fire-Safety_Apr-2015-1.pdf) (јули 2018.)

Божо ИЛИЋ<sup>1</sup>  
Бранко САВИЋ<sup>2</sup>

## ЕЛЕКТРИЧНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ КАО УЗРОК ПОЖАРА

**Резиме:** Узрок великог броја пожара у стамбеним, пословним и јавним објектима су кварови у електричним инсталацијама. Према статистичким подацима од укупног броја пожара 10% пожара у свету је узроковано кваровима у електричним инсталацијама. Велике материјалне штете, повреде људи а неретко и губици људских живота су последице пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама. Циљ овог рада јесте да размотри кварове у електричним инсталацијама који могу узроковати пожар, као и да предложи мере за спречавање пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама.

**Кључне речи:** електричне инсталације, кварови, пожари, превентивна заштита, термографске контроле.

## ELECTRICAL INSTALLATIONS AS A CAUSE OF FIRE

**Abstract:** The cause of a large number of fires in residential, commercial and public buildings are electrical failures. According to statistics from the total number of fires, 10% of the world's fire is caused by electrical faults. The great material damage, injuries to people and often the losses of human lives are the consequences of fire caused by electrical faults. The aim of this paper is to consider faults in electrical installations that can cause fire, as well as to propose measures to prevent fires caused by failures in electrical installations.

**Key words:** electrical installations, failures, fires, preventive protection, thermographic controls.

### 1. УВОД

Због сталног пораста броја електричних потрошача у становима и старења електричних инсталација у стамбеним, пословним и јавним објектима, постоји тенденција раста броја пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама. Ако се томе додају чињенице да се на нашем тржишту електричних компоненти појављују некавалитетни производи, чије се електричне карактеристике не подударају са декларисаним, као и да велики број нестручних лица врши извођење, поправке и преправке електричних инсталација и уређаја може се закључити да је вероватноћа настанка пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама већа у нашој земљи него у другим земљама у којима је строжија законска регулатива. Узроци настанка кварова у електричним инсталацијама који могу узроковати пожар су:

- механичка или термичка оштећења инсталационих водова и уређаја,
- грешке приликом производње компоненти електричних инсталација,
- грешке приликом монтаже и коришћења електричних инсталација
- старе електричне инсталације итд.

<sup>1</sup> Др Божо Илић, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, e-mail: ilic@vtsns.edu.rs

<sup>2</sup> Др Бранко Савић, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, e-mail: savic@vtsns.edu.rs



## 2. ВРСТЕ КВАРОВА ИЛИ НЕПРАВИЛНОСТИ У ЕЛЕКТРИЧНИМ ИНСТАЛАЦИЈАМА КОЈИ МОГУ УЗРОКОВАТИ ПОЖАР

Кварови или неправилности у електричним инсталацијама који могу узроковати пожар су [1]:

- прегревање проводника и уређаја кроз које протиче електрична струја,
- кратки спој (примарни и секундарни),
- велики прелазни отпор (због лоших електричних спојева),
- варничење и електрични лук (редни и паралелни),
- кварови у електричним уређајима (електротемичким уређајима, електромоторима итд.)
- спољашње загревање,
- комбиновани кварови итд.

### 2.1. Прегревање (прекомерно загревање) проводника и уређаја кроз које протиче електрична струја као узрок пожара

Електрична струја при пролазу кроз проводник, или приликом коришћења у машинама и уређајима, делом се претвара у топлотну енергију, која може довести до оштећења изолације а тиме и до пожара. Свакој вредности електричне струје одговара одређена температура која може довести до оштећења изолације, а тиме и до пожара. Због тога тај пораст температуре мора бити ограничен, тј. температура не сме достићи тачку паљења изолације, околних предмета и материјала. Материјали у непосредној близини могу да буду различити: изолација, конструктивни елементи зграде, било које друге запаљиве и експлозивне материје. Узроци прегревања проводника су [2]:

- струјно преоптерећење проводника,
- додатна топлотна изолација водова,
- лугајуће струје,
- значајан пораст напона изнад номиналне вредности итд.

#### 1. Струјно преоптерећење проводника као узрок прегревања

Струјно преоптерећење проводника доводи до превеликог (недозвољеног) загревања изолације и слабљења (смањења отпорности) изолације чиме се стварају услови за настанак пробоја, односно квара и пожара. Настало преоптерећење највише утиче на контакте и на спојеве проводника, посебно ако нису правилно изведени, па до паљења изолације долази баш на тим местима. Према Џуловом закону количина топлотне енергије  $Q$  која се ослободи приликом протицања електричне струје кроз неки проводник директно је пропорционална отпорности тог проводника  $R$ , квадрату јачине струје  $I^2$  и времену протицања струје  $t$ :

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t, \text{ J} \quad (1)$$

где је:  $I$  - јачине струје, у А;  $R$  – отпорност проводника, у  $\Omega$ ; и  $t$  – време протицања струје, у s.

Сваки електрични пријемник предвиђен је да ради на одређеном напону и да при нормалном раду узима одређену струју, табела 1. Напојни водови потрошача прорачунати су тако да у нормалном режиму рада струја потрошача не доводи до повећаног загревања проводника, које би могло довести до слабљења електричне изолације и кратког споја. Већина европских и национални прописа предвиђа да пораст температуре за електричне проводнике не сме бити већи од 25 °C у односу на температуру околине.

Табела 1 – Дозвољене струје за одређене пресеке проводника

Пресек проводника, у mm <sup>2</sup>	Дозвољена струја, у А	
	за бакар	за алуминијум
1,0	12	-
1,5	16	-
2,5	21	16
4,0	27	21
6,0	35	27
10,0	48	38
16,0	85	51
25,0	88	69

До струјног преоптерећења проводника може доћи због:

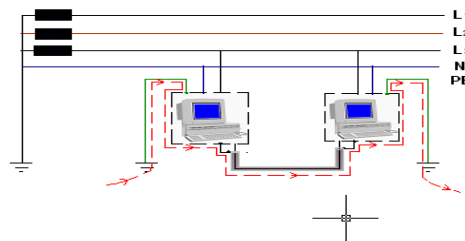
- смањења попречног пресека финожичних проводника који су оштећени током употребе,
- неправилног димензионисања проводника,
- неправилног избора заштитних уређаја,
- продужних каблова лошег квалитета (нпр. кинеске производње),
- „лицнованог“ осигурача,
- непажње руковаоца (нпр. због укоченог ротора),
- испада једне фазе,
- несиметричног оптерећења,
- виших хармоника струје итд.

## 2. Додатна топлотна изолација каблова као узрок пожара

Било какво спречавање одвођења топлоте са водова у околни простор, прекривањем прикључних водова робом или различитим материјалима, намотавањем прикључних водова који могу да створе неки облик спољне топлотне изолације, може изазвати прегревање и паљење прикључних водова чак и при нормалном струјном оптерећењу.

## 3. Лутајуће струје као узрок прегревања

У пракси је веома чест случај да су крајеви омотача коаксијалних каблова рачунарских мрежа везани за различите уземљиваче, тако да лутајуће струје кроз њих могу достићи знатне вредности, услед чега они могу да се прегреју и тако изазову пожар, слика 1.



Слика 1 – Протицање лутајућих струја кроз омотач коаксијалног кабла рачунарске мреже

## 4. Значајан пораст напона изнад номиналне вредности као узрок прегревања

До значајног пораста напона изнад номиналне вредности, који може узроковати пожар, може доћи:

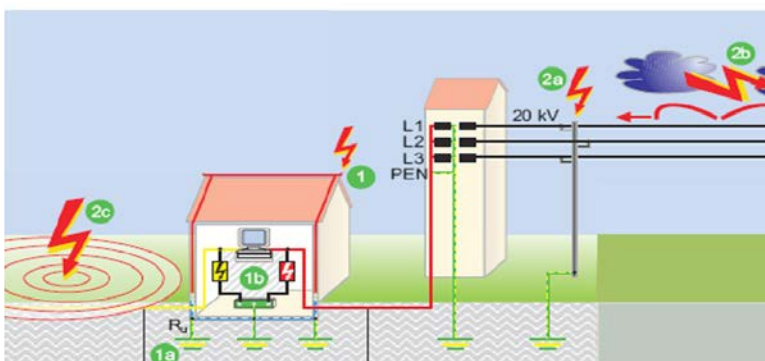
- због квара у преносно-дистрибутивном систему, при коме се нисконапонска електрична инсталација споји директно на висок напон,
- због прекида неутралног проводника и
- због пренапона који могу бити различитог порекла.

Пренапони су краткотрајни напонски шилци-транзијенти, који трају само делић секунде, а амплитуде им достижу неколико десетина kV. Узроци појаве пренапона који могу довести до оштећења електричних уређаја и пожара су:

- склопне операције или каварови на NN и VN електроенергетским мрежама или постројењима,
- удари грома (пражњење атмосферског електрицитета),
- пражњење статичког електрицитета,

Пренапони узроковани пражњењем атмосферског електрицитета настају, слика 2 [2]:

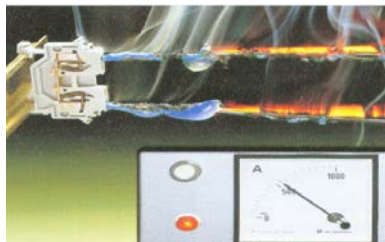
- због директног или блиског удара грома у објекат и
- због далеког удара грома.



Слика 2 – Пренапони узроковани ударом грома (пражњењем атмосферског електрицитета)

## 2.2. Кратак спој као узрок пожара

Кратак спој је назив за изненадан квар који настаје услед наглог смањења отпора и повећања струје у струјном колу. До кратког споја може доћи између фаза и земље, тада говоримо о земљоспоју, или између фаза, тада говоримо о међуфазном кратком споју. Код вишежилних проводника и каблова, међусобни кратак спој најчешће прераста у вишефазни земљоспој. Температура кратког споја се креће од 1.500 до 4.000 °C, слика 3 [2].



Слика 3 – Топљење изолације због кратког споја

Најчешћи узрок настанка кратких спојева је оштећење изолације проводника, до кога може доћи:

- због механичких оштећења изолације (која могу узроковати и животиње),
- због старења изолације,
- због преоптерећења проводника и
- због деловања влаге и агресивних хемијских средстава итд.

Примарни кратак спој настаје пре пожара и он је узрок пожара. Секундарни кратак спој настаје у току пожара и он је последица пожара.

Уколико дође до квара, као последица квара може да се јави повећана вредност струје, која може оштети и потрошач и напојне водове, што у најгорем случају може изазвати и пожар у објекту. Да би се то спречило, у струјно коло се уграђују осигурачи (топљиви и аутоматски) који имају задатак да прекину електрично коло при повећаној струји у случају квара (кратког споја или преоптерећења).

### 2.3. Велики прелазни отпори

Код добро остварених електричних спојева прелазни отпори су мали тако да се не разликују од отпора у другим деловима електричне инсталације.

Велики прелазни отпори се појављују на местима где су остварени лоши електрични спојеви тако да се та места интензивно загревају услед чега долази до топљења изолације и, на крају, паљење околних запаљивих материјала. Експерименти су показали да лоши електрични спојеви при струји јачине од 10 А достижу температуру од 50 до 90 °С, а да при струји од 20 А достижу температуру од 130 до 300 °С.

Лоши (слаби, лабави) електрични спојеви настају због [3]:

- недовољно притегнутих (лабавих) веза, нпр. због недовољно притегнутих завртњева, слика 4,
- разних потреса и вибрација, који допринесе да спојеви олабаве и да се јаве велики прелазни отпори.
- оксидације места споја итд.



Слика 4 – Велики прелазни отпор због недовољно притегнутих завртњева

### 2.4. Варничење и електрични лук као узрок пожара

Варничење и електрични лук су веома чести узроци пожара.

Варничење је утолико опасније уколико се у близини налазе лако запаљиве и експлозивне материје. Најчешћи узроци варничења су:

- прекид струјног кола разним уређајима,
- прекид струјног кола механичком силом,

- као пратећа појава електричног заваривања или сечења метала,
- лоши (слаби, лабави) електрични спојеви,
- варничење у електричним машинама (колектор, клизни прстенови, четкице),
- оштећење изолације и додиривање проводника положених на малом међусобном растојању или близу уземљених конструкција или додиривање голих проводника итд.

Електрични лук представља протицање струје кроз непотпуно јонизовану плазму насталу ударном јонизацијом гасова и пара, створених загревањем до виших температура делова око врхова електрода (два проводника на различитим електричним потенцијалима). Електрични лук најчешће има температуру од 1.500 до 4.000 °С и може запалити сваки материјал било додиром било зрачењем.

## 2.5. Кварови и неправилна употреба електричних уређаја као узрок пожара

Неправилна употреба електротермичких уређаја може да изазове пожар. Већина електротермичких уређаја развија довољно високу температуру да може да запали запаљиву материју, слика 5. Било који уређај који електричну енергију претвара у топлотну (електрични решои, грејалице, електрични шпорети, пегле, импровизоване направе за грејање и сл.) може да изазове пожар [3]:

- ако је његова грејна површина усијана, односно ако даје довољну топлоту да може запалити запаљиви материјал и
- ако се његова грејна површина доведе у додир или близину запаљивог материјала.



Слика 5 – Грејалице као узрок пожара

На згаришту могу да се нађу грејни електрични апарати у искљученом положају, а да су ипак проузроковали пожар. То се објашњава тиме, да су грејне површине остале још довољно топле и после искључења и да су запалиле запаљиви материјал, а често и изолацију спојног кабла који се непажљиво пребаци преко ње после искључења. У том случају треба са грејне површине узети узроке за анализу ради испитивања врсте изгорелог материјала.

Такође и сијалице могу да узрокују пожар када додирују запаљиви материјал или се налазе у његовој непосредној близини. Посебну опасност представљају сијалице са жарном нити (чије су температуре 200 до 250 °С), док су флуоросцентне сијалице мање опасне (чије температура не прелази 50 °С).

Електромотори такође могу да проузрокују пожар, нарочито када се преоптерете. До преоптерећења електромотора може доћи:

- због неправилног избора мотора за обављање радног задатка,
- због непажње руковоаца,
- услед заривавања осовине и мотора,
- услед заривавања и заглављивања механизма који покреће електромотор,
- због рада мотора на две фазе (нпр. због прегоривања осигурача у једној фази) итд.

## 2.6. Спољашње загревање као узрок пожара

У већини случајева спољашњег загревања проводници и остале компоненте електричне инсталације су жртва, а не узрок пожара, јер се електрични лук у многим случајевима јавља као последица деградације изолационог материјала и јонизације околног ваздуха, узрокованих спољашњим загревањем. Експерименти су показали да се квар (кратак спој) на електричним проводницима изолованим умреженим полиетиленом дешава на температурама од око 270 °С, а на проводницима са PVC изолацијом и PVC омотачем на 250 °С.

## 2.7. Комбиновани кварови као узрок пожара

Пожар углавном настаје комбинацијом више описаних узрока. Већина пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама настаје тако што прво дође до прегревања компоненте, које је потом праћено варничењем, а на крају и паљењем. На пример, проводник се може прегрејати услед струјног преоптерећења или због лошег електричног споја. Прегревање може да смањи диелектричну чврстоћу изолације проводника, услед чега може доћи до појаве кратког споја на местима где је проводник савијен или прелази преко метала.

## 3. ПРЕДЛОГ МЕРА ЗА СПРЕЧАВАЊЕ ПОЖАРА УЗРОКОВАНИХ КВАРОВИМА У ЕЛЕКТРИЧНИМ ИНСТАЛАЦИЈАМА

Да би се смањио број пожара узрокованих кваровима у електричним инсталацијама предлаже се доношење строжије законске регулативе у нашој земљи, која се односи на:

- критеријуме за периодичност прегледа електричне инсталације,
- дозволе за пласирање електричних производа на тржиште и
- казнене мере појединцима који неовлашћено врше извођење, поправке и преправке електричних инсталација и уређаја.
- организовање перманентних програма усмерених на едукацију становништва, у оквиру којих би се становништву указало на потенцијалне последице непоштовања законске регулативе из поменуте области.

Периодични прегледи нисконапонских електричних инсталација у грађевинским објектима подразумевају:

- визуелни преглед и
- испитивања електричним мерењима.

Визуелним прегледом се уочавају недостаци на електричној инсталацији до којих је дошло током њеног постављања или употребе.

Испитивање електричним мерењима обухвата мерење импедансе петље квара и отпорности изолације, проверу непрекидности заштитних проводника и проводника за главно и локално изједначавање потенцијала, као и проверу функционалности заштитног уређаја диференцијалне струје. Међутим, процедура (методологија) за превентивне периодичне прегледе која је у Републици Србији данас на снази није ни прецизна, ни комплетна. На пример, нису јасно дефинисани временски периоди у којима се мора извршити периодични преглед нисконапонских електричних инсталација, чиме је омогућено да корисници употребљавају електричне компоненте као да оне имају неограничен век трајања. Такође, савремена метода детекције лоших контаката термографским снимањем није ни прописана, а чак ни препоручена Правилником, иако она представља једини начин за ефикасно откривање и рано отклањање таквих кварова.

На сликама 6 и 7 су приказане термографске слике различитих елемената електричних инсталација, са којих се могу уочити топла места која представљају потенцијалну опасност од пожара [2].



Слика 6 – Термографска слика преоптерећеног продужног кабла



Слика 7 – Фотографска и термографска слика лошег споја утикача и утичнице у продужном каблу

Такође, није прописана контрола продужних каблова који се налазе у испитиваном објекту, иако управо они, представљају највећу опасност од електричног удара и настанка пожара. Треба користити квалитетну електричну опрему. Куповином јефтине некавалитетне електроинсталационе компоненте, могу да настану пожари или електрични удари. Код нас има пуно старих кућа и зграда са старим инсталацијама, које су један од најчешћих узрока пожара. Решење би било да се инсталације промене, али је то многим скупо. Треба водити рачуна о правилном коришћењу електричних уређаја који могу узроковати пожара, као што су: рачунари, електрични шпорети, веш машине, грејалице. Новогодишње сијалице рецимо, али и друге електронске уређаје не треба остављати упаљене без надзора. Треба водити рачуна да се не преоптереће продужни каблови са превише потрошача.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

На основу разматрања посматране проблематике може се закључити да различите врсте кварова електричних инсталација као и различите неправилности приликом руковања електричним уређајима могу узроковати пожаре. Међутим, применом одговарајућих мера појава пожара узрокованих електричним инсталацијама може се у значајној мери смањити.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хациефендић Н., Радаковић З., Трифуновић Ј., Вићковић Д., Електричне инсталације – чест узрок пожара, Зборник Заштита и безбедност, Београд, 2008.
- [2] Адамовић, Ж., Илић, Б., Савић, Б., Termografija pouzdana dijagnostička metoda, pan buk, Novi Sad 2011.
- [3] European Copper Institute, Overview of electrical safety in 11 countries, Barcelona, 2002.

Saša SPAIĆ<sup>1</sup>

Verica MILANKO<sup>2</sup>

Dragan KARABASIL<sup>3</sup>

Slobodan PURIĆ<sup>4</sup>

## FOREST FIRES IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN THE PERIOD 2005-2016

**Abstract:** The paper presents terminology related to forests, forest fires and wildfires. It deals with conditions and ways fires affect the atmosphere and ecosystems; the good and bad sides of forest fires, as well as the climate conditioning of fire periodicity. The characteristics of forest fires are shown from the aspect of formation, expansion, and specificities of eruptive fire. The expectations of fire occurrence in our region in the near future, due to the vicinity of the Mediterranean, are also given, as well as the strategy of reducing their likelihood. The ways of detecting and extinguishing forest fires are described. In the second part of the paper data on forest fire damage (source: Statistical Office of the Republic of Serbia) are correlated with data on temperatures and precipitation regime (source: Republic Hydrometeorological Service of Serbia) in the Republic of Serbia for the period 2005-2016. The relationship between forest fires and burning of agricultural waste is pointed out.

**Key words:** forest, forest fires, wildfires

## ШУМСКИ ПОЖАРИ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ У ПЕРИОДУ 2005-2016. ГОДИНА

**Резиме:** У раду су приказане термилошке одреднице везане за шуме, шумске пожаре и пожаре на отвореном простору. Обрађени су услови и начини на које ватра утиче на атмосферу и екосистеме; добре и лоше стране шумских пожара, као и климатолошка условљеност њихове периодике. Затим су приказане карактеристике шумских пожара са аспекта настанка, ширења, као и специфичности типа eruptive fire. Дата су очекивања за појаву пожара у нашем подручју у блиској будућности, услед просторне блискости са Медитераном, као и стратегија смањења вероватноће њихове појаве. Наведени су начини откривања и гашења шумских пожара. У другом делу рада корелисани су подаци о штетама од пожара у шумама (извор: Републички завод за статистику) са подацима о температурама и падавинском режиму (извор: Републички хидрометеоролошки завод) у Републици Србији за период 2005-2016. година. Указано је на везу између шумских пожара и паљења пољопривредног отпада.

**Кључне речи:** шума, шумски пожари, пожари на отвореном простору

---

<sup>1</sup> PhD, The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Skolska 1, e-mail: [spaic@vtsns.edu.rs](mailto:spaic@vtsns.edu.rs)

<sup>2</sup> PhD, The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Skolska 1, e-mail: [milanko@vtsns.edu.rs](mailto:milanko@vtsns.edu.rs)

<sup>3</sup> PhD, The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Skolska 1, e-mail: [karabasil@vtsns.edu.rs](mailto:karabasil@vtsns.edu.rs)

<sup>4</sup> MSc, The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, Skolska 1, e-mail: [puric@vtsns.edu.rs](mailto:puric@vtsns.edu.rs)



## 1. FORESTS

Forest is considered to be any area larger than 5 acres (500 m<sup>2</sup>), which is covered with forest trees and serves for the production of forest assortments, or has a protective function and a special purpose, regardless of the thickness and height of the trees (high forests - uneven-aged and even-aged forests, low forests or coppice forests, and other forest categories). Small clearings, roads, streams and other void spaces in the forest that can be closed by developing trees on the edges - are considered to be a forest. All clearings, that is, non-vegetated surfaces formed by pure cutting as a regular type of management, then by illegal cutting, devastation of forests and various calamities are also considered forests. Tree alleys, parks in populated areas, forest nurseries and groups of trees on an area less than 5 acres - are not considered to be a forest. Neither the pastures vegetated with forest trees if their primary purpose is the production of grass and if they serve for livestock grazing are considered to be a forest. Likewise, old cutting places, fire sites, degraded and devastated forests, leaf forests, scrubs and macchias, if they have received the character of pastures or other agricultural crops due to their long-term use in livestock breeding are neither considered to be a forest. Pure selections are those selections where one type of tree makes more than 90%. Mixed selections are selections composed of several types of forest trees. Any selection that, in addition to the basic species, is composed of other tree species which participate with more than 10% are regarded as mixed selections [1].

## 2. FOREST FIRES

In the English-speaking world, *forest fire* is an integral part of the wider language definition of *wildfire*, which implies uncontrolled burning of flammable vegetation outdoors. The characteristic of these fires is large spatial coverage, spreading speed, possibility of sudden change of direction, the ability to "skip" obstacles such as roads, rivers, fire protection belts. *Wildfire* sub-determinations are also: *brush fire* (a fire which "cleans-brushes" the vegetation off the terrain), a *bush fire* (the fire of bushes, shrubs, macchias), *desert fire* (the fire of the desert regions), *grass fire*, (fire of the grass terrains), *hill fire* (fire of hilly terrains), *peat fire* (fire of peat), *vegetation fire* (fire of vegetation), *veldfire* (fire of South African meadows). These fires can affect the terrain of 0.001-400 km<sup>2</sup>, and even more. They occur in warm and dry climate regions (Australia, the USA), especially in the warmer months of the year [2], causing millions of dollars of damage in particularly warm years [3]. Fossil remains, on the one hand, and written sources, on the other hand, point to the periodical occurrence of forest fires in a particular area [2]. The study of the lake sediment in the highly flammable tundra region of the Arctic Alaska indicated that the type of vegetation in this area did not significantly change over the past two millennia, where the fires of the valleys repeated at intervals of about 150 years, while higher areas burned less frequently, at about 200 years, due to slightly lower temperatures and weaker evaporation of water associated with this [4]. Forest fires endanger human lives and property, and from the aspect of the environment they have both bad and good sides [2]. Fire is one of the basic processes that change ecosystems and atmospheric composition [5].

Professor Stephen J. Pyne talks about fire as if he were in poetic fervor [6]: "The Earth has known fire for about 400 million years. The reason is simple: life made fire possible. Marine organisms made the atmosphere rich in oxygen, and the Earth's organisms supplied the Earth's crust by the fuels. When oxygen and fuel meet with a sparkle under favorable conditions, the fire begins. Lightning is an ancient and sufficient source of ignition. Chemistry of combustion lies at the heart of the living world. When it happens in a cell, it is called breathing. When it comes out of the body, it's called fire. Fire simply happens, so living organisms adapt to it, as well as to the Sun's light, frosts and floods. This adjustment process is complex. Organisms do not adapt to fire as an abstract principle, but to its particular occurrence patterns, which are called fire regimes. A regime is a statistical concept that includes many ways of combustion and often many types of fires. Individual fires refer to the fire regime like individual storms to the climate. There is a climatic basis for the fire regime, which is

based on the rhythm of humidification and drying. The climate must be sufficiently humid to provide the growth of flammable materials, and also dry enough to prepare them for combustion. Places that are chronically wet or dry do not burn, or they burn very rarely, e.g. jungles after extreme droughts, or deserts after floods that cause the overgrowth of flammable vegetation. Some areas have fire cycles at an annual level, and some other on a perennial, decadent, or even centuries-long level". Plants adapt to survive fires in such regions or even to exploit them for reproduction (fire helps seed release) or for domination on the terrain (they are easily developed in the absence of rival species). Animals flee from the fire or bury themselves in the ground. Some animals use the fire by hunting the prey escaping in the front of the flame [6].

For thousands of years, the indigenous population around the globe used fire by burning natural habitats in order to obtain land for cultivation. There are more than just a few scientists who claim that we live in the times of pyrophobia, emphasizing that forest fires in a broader sense are useful, that they have always existed and that they need to be used with control and extinguished only when they approach residential or commercial areas [7]. African savannas are traditionally burned by the local population so that pastures remain productive, without shrubs and trees. However, in the period 1998-2015, the percentage of burnt land on the global level (lawns of Asia, tropical forests of South America, savannas) has decreased by about 25%, mainly due to the expansion and intensification of agriculture. In this way, the air becomes cleaner due to the reduced emission of combustion products, as well as the higher consumption of carbon dioxide from the flourishing vegetation, but on the other hand the natural habitats of large mammals (elephants, rhinoceroses, lions) which were previously maintained by periodic fires are endangered [5,8].

There are several types of fire that can occur in forests: Underground fire, ground (low) fire, fire in crowns of trees (crown/high) and fire related to a lonely tree. Underground fires occur very rarely and on that occasion the peat burns (smolders) as well as the humus beneath the forest floor. They are difficult to detect and extinguish, and they cause damage to trees roots in the first place. Ground fires are the most common type of forest fires, which in most cases occur as a starting point for all other types of fires. They are the most harmful in young selections, while in the older ones, they lead to the damage of the crust and the adjoining trees. High fires, grab whole trees and being assisted by the wind, they quickly spread and destroy large areas under the forest, primarily of coniferous kind. Forests are endangered by forest fires in different ways. Coniferous selections are considerably more sensitive to ignition and burning, due to the presence of resin and essential oils, so that they easily burn even in the green condition, and the burning cones can be launched to a great distance. Then, according to the sensitivity to ignition, there come mixed selections, then the deciduous trees. Based on vulnerability, out of the trees species, in the first place there are white and black pine, larch, spruce, while the most sensitive among the deciduous trees is the oak, particularly the sessile oak. Sensitivity is significantly higher in young selections [9,10]. All forest fires start from the source of ignition. Lightning is a common source of ignition of the forest fires in certain parts of the United States (80%). However, almost 90% of the fire, directly or indirectly, are caused by humans: cigarette butts, sparks from the equipment in the operation mode, campfire, arson. Phases of the fire include: burning of fuel, flame development and fire spreading. The fire spreading is particularly affected by the type of fuel and terrain, as well as by weather conditions. It should be noted that fire is a chemical reaction, and the flame is its visible manifestation. When the flame is visible, it is regarded as the flame burning, while with the glowing combustion only embers are observable. Forest fires are affected by wind, temperature and humidity. Strong wind directs the fire to the yet non-ignited fuel, as well as it spreads the pieces of ember and sparks, producing new fire ignition points. Forest fires can generate their own winds. The air above the flame is heated and rises up. This movement sucks in fresh air due to the created vacuum, which supplies the fire with new quantities of oxygen. During the day, the sun's light warms the earth, and the warm air rises, allowing the air currents to climb the slopes. During the night, the process is reversed. The earth is cooled and air currents now travel down

the slopes. Often fires during the day climb along the slopes, and at night they go down the slopes. Temperature affects these fires, since it depends on the warming of fuel how quickly it will reach the point of ignition and burn out. Because of solar radiation, the burning in the sunny regions is more intense than in the shade. The moist air makes fuel wet and slows down the flame spreading, and the flame decelerates at night when the humidity is higher. The terrain effects include the shape of the landscape, the altitude, the direction of the slope, the exposure to the sunlight, steepness of the slope. If the landscape has barriers, like highways or water surfaces, the fire will not spread rapidly. When the fire begins at the base of the slope, the fuel that is situated uphill is heated by the ascending air, facilitating the ignition when it comes into contact with the flame. From the fire that starts on the hill, the bits of ember roll to the valley, allowing for several fires to start downhill [11]. The numerous heavy firefighters accidents around the world are connected with the rapid acceleration of the fire front. The effect is known as a *blow up* or an *eruptive fire*. Usually it occurs on slopes, in straits and canyons, most often with low, dry vegetation, supported by the wind, but not as a condition. Namely, preheating due to fire under the slope, the slope itself can get burned incredibly fast, so the fire-fighting & rescue teams never place themselves on the slopes above the fire front [12,13]. Fire at the Kornati archipelago in the Republic of Croatia in 2007, when 12 firefighters got killed, is an example of such a fire [14].

Forests cover more than a third of the total area of Europe. In recent years, large forest fires have been continually affecting Europe, especially the Mediterranean countries. The fire hazard is short-term weather-related, and long-term conditioned by the climate. The three countries with the greatest vulnerability are Spain, Portugal and Turkey. Greece, part of central and southern Italy, Mediterranean France, and the coastal region of the Balkans are becoming increasingly vulnerable. In the Mediterranean region, climate change will reduce the moisture content of forest cover compared to the present value. The region will become more dry, increasing over time the threat from forest fire. Below, areas with low humidity will expand north of the Mediterranean, and the area of the currently high humidity of the forest cover, which surrounds the Alps, will become more dry. The risk of forest fires shall increase in relation to the current state, especially around the Mediterranean. This suggests that an effective adaptation strategy will be essential to: reducing the adverse impacts of climate change on forest fires, reducing direct damage to European citizens and preventing the reduction of biomass, biodiversity and the performance of the natural role of ecosystems. A key strategy will be to manage vegetation in order to reduce the likelihood of serious fires, as well as the treatments of forest covers to mitigate the risk of fires in dry forests. These measures need to be adapted to different forest ecosystems and conditions. Human activity (accidental, negligent, deliberate) is among the most common causes of fire. For this reason, the main causes of fire should be minimized, which also means paying attention to social and economic factors that can induce people to cause fires, increase awareness of danger, encourage good behavior, impose sanctions to the perpetrators [15]. Our neighbors Montenegro and Croatia are following the Mediterranean trend of the vulnerability to fires [16-19].

### 3. DETECTION AND EXTINGUISHING OF FOREST FIRES

Timely detection of forest fires is a key factor in fighting them. From the firefighting towers and human patrols (motorized or not), through instant photos, infrared scanning of the terrain, also satellite and spatial monitoring (helicopters, planes, drones) [20-22] has appeared.

In every action of forest fire extinguishing, the goal is to protect material goods, but above all, human life is the priority of protection, both of those endangered in fire and the rescuers [12]. Forest fires can be extinguished from the land and from the air. The fires from the mainland are extinguished with water, chemical foam, retardants, sandy soil and sand. From the air, the fires are extinguished with water, chemical foam, retardants, by airplanes or helicopters (larger fires). For extinguishing

from the air, sea water is used only when there is no other choice (the salt is getting crystallized on the cockpit glasses which reduces visibility, and it can cause a short circuit on electrical installations). Underground fires in our country are rare and more difficult to detect. They are localized by digging a trench, with a greater depth than the height of the burning layer, and a width of about 30 cm. Ground fires can be extinguished with a shovel, sand, but preferably with water. In case of stronger fires of this type, the surrounding area is cleared of low vegetation and flammable material and a defensive line is formed by using existing obstacles (rivers, roads, railroads, clearings) or by digging up furrows up to 4 m wide. Fires in the trees crochets are extremely difficult to extinguish, they are extinguished from the airplanes, or by forming a counter-fire in front of the defensive line. Rapid bursting of fire in a small area of space can cause air turbulences and collapse of the aircrafts, and even the fall and the crew's death [16,22]. Transmission lines pose additional danger when forest fire is being extinguished, both for extinguishing from the ground (due to potential electric shock) and for maneuvering aircrafts while extinguishing from the air [12].

#### **4. FOREST FIRES IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN THE PERIOD 2005-2016**

Table 1 shows forest fires in the Republic of Serbia for the period 2005-2016, from the aspect of the fire-affected area (ha) and damaged wood mass ( $m^3$ ), the type of dominant fire (ground or high), and a description of each year of the observed interval from the aspect of average annual air temperature relative to the norm of the reference period 1961-1990 [23], i.e. 1981-2010 [24], as well as the description of the year from the aspect of the percentage of precipitation in relation to the norm of the reference period 1961-1990 [25], i.e. 1981-2010 [24]. Fire damages were taken from the Forestry Bulletin in the Republic of Serbia for the relevant years [1,26-36]. Figure 1, which is taken from the Annual Bulletin for Serbia, the year of 2017 [49], shows the order of the twenty hottest and coldest years in the Republic of Serbia for the period 1951-2017. Table 2 shows the order of years of the observed interval, by the decreasing sequence, for: damage to wood mass ( $m^3$ ) - here is also given the dominant type of fire (ground or high), the extent of the fire in the area (ha) and deviation of the average temperature in the year observed from the norm for the period 1951-2017. For estimating fire damage, the damage to the wood mass is a more important parameter than the extent of the fire in the area, which becomes clear when the older and younger forests of the same area are compared, where in the case of the older forest the damage will be higher. In the period 2005-2016, eight out of the twelve years have been extremely hot, which, in combination with the precipitation determinant of dry, or even normal, contributes to the occurrence of forest fires. The year 2011 was not extremely hot, but it was dry [43], which ranged it high in terms of fire damages in the observed period. 2016 Year was warm and rainy, with very warm February, April and June, as well as extremely dry December [48], the dominant type of fire was ground [1], which can point to the burning of stubble. In 2012, the whole of Serbia was hit by seven heat waves, and precipitation in the western and northern regions was lower than normal, and in other parts of the country within normal ranges [44]. The year 2007 was very dry in April, June and July, with the category of extremely warm in the months of June and July [44]; dominated by a ground fire [28]. Although both the temperature and the precipitation status are very important for the fire, from Table 1 and 2, for the interval of the years observed, it can be concluded that the extreme temperature dominantly affects the fire status of the year than the amount of precipitation. Table 2 indicates that high fires are associated with greater damage than ground fires.

Although the advantages and disadvantages of forest fires can be discussed on a global scale, for small and relatively poor countries, such as the Republic of Serbia, every fire is useless and harmful. For us, the prevention (education, legislation, supervision) is not only a logical choice, but very often it is the only one.

Table 1 – Forest fires in the Republic of Serbia in the period 2005-2016

Ordinal number	Year	Damage made by forest fires		Dominant type of fire by the size of damaged wood mass: ground or high (G/H)	Description of the year from the aspect of average annual air temperature in the RS compared to the norm	Description of the year from the aspect of the percentage of precipitation in relation to the norm
		Fire-affected area (ha)	Damaged wood mass (m <sup>3</sup> )			
01.	2005	52 [26]	528 [26]	G [26]	Slightly lower than average [37], for the period 1961-1990 [23]	Moist and extremely moist [37], in reference to the period 1961-1990 [25]
02.	2006	494 [27]	1080 [27]	G [27]	Slightly higher than average [38], for the period 1961-1990 [23]	Normal [38], in reference to the period 1961-1990 [25]
03.	2007	22161 [28]	5818 [28]	G [28]	One of the hottest in Serbia [39], since the measuring exists (year 1888)	Very unevenly distributed [39], [25]
04.	2008	575 [29]	7149 [29]	H [29]	Extremely hot [40], in reference to the period 1961-1990 [23]	Dry [40], in reference to the period 1961-1990 [25]
05.	2009	1210 [30]	1932 [30]	H [30]	Extremely hot [41], in reference to the period 1961-1990 [23]	Rainy [41], in reference to the period 1961-1990 [25]
06.	2010	503 [31]	57 [31]	G [31]	Extremely hot [42], in reference to the period 1961-1990 [23]	Extremely rainy [42], in reference to the period 1961-1990 [25]
07.	2011	2036 [32]	24570 [32]	H [32]	Hot [43], in reference to the period 1961-1990 [23]	Dry [43], in reference to the period 1961-1990 [25]
08.	2012	7460 [33]	63118 [33]	H [33]	Extremely hot [44], in reference to the period 1961-1990 [23]	Dry to normal [44], in reference to the period 1961-1990 [25]
09.	2013	561 [34]	7343 [34]	H [34]	Extremely hot [45], in reference to the period 1961-1990 [23]	Normal [45], in reference to the period 1961-1990 [25]
10.	2014	284 [35]	10256 [35]	G [35]	Extremely hot [46], in reference to the period 1961-1990 [23]	Extremely rainy [46], in reference to the period 1961-1990 [25]
11.	2015	827 [36]	5059 [36]	G [36]	Extremely hot [47], in reference to the period 1961-1990 [23]	Averagely rainy [47], in reference to the period 1961-1990 [25]
12.	2016	296 [1]	37114 [1]	G [1]	Hot [48], in reference to the period 1981-2010 [24]	Rainy [48], in reference to the period 1981-2010 [24]
13.	2017	-	-	-	Hot [49], in reference to the period 1981-2010 [24]	Dry [49], in reference to the period 1981-2010 [24]

Редослед најтоплије и најхладније године у Србији за период 1951-2017.



Figure 1 – The sequence of the hottest (red ones) and coldest (blue ones) years, the decreasing sequence, from the aspect of average annual air temperature relative to the norm of the reference period 1981-2010, in the Republic of Serbia for the period 1951-2017, taken from the reference [49]

Table 2 – Ranging of the years of the period 2005-2016, decreasing sequence, according to the damage to the wood mass, the extent of the fire in the area, deviation of the average annual air temperature from the norm

Ordinal number	01.	02.	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	12.
Damage to the wood mass and type of fire (G/H)	2012 (H)	2016 (G)	2011 (H)	2014 (G)	2013 (H)	2008 (H)	2007 (G)	2015 (G)	2009 (H)	2006 (G)	2005 (G)	2010 (G)
The extent of the fire in the area	2007	2012	2011	2009	2015	2008	2013	2010	2006	2016	2014	2005
Deviation of average temperature from norm	2007	2015	2014	2008	2012	2013	2009	2017	2016	2010	2005	-

The cause of a large number of fires remains unknown [17]. According to the findings of the author of this paper, and on the basis of interviews with a large number of firefighters from the Republic of Montenegro, very often forest fires are caused by pyromaniacs. Also, it is very important

not to ignite fire outdoors, which is particularly related to the burning of stubble, which is not an agrotechnical measure, and it damages the soil. Apart from a number of negative consequences, the burning of stubble results in a long-term destruction of soil, especially if it is done every year. By burning, useful microorganisms in the soil which are necessary for balance and humus creation are destroyed. Additionally, fire from the fields can spread and cause serious fires. Agronomists point out that burning of the stubble has no useful purpose and only goes to the detriment of agricultural producers. Therefore, as they point out, it is better to plough the plant remains immediately after the harvest, because the soil water regime improves by creating a loose layer on the surface of the plot, which prevents evaporation of moisture from the soil [50]. Burning of the stubble and other agricultural waste is very common in Serbia. The legislator regulated this bad behavior by a large number of regulations, and the problem is obviously in the application, i.e. in their non-application. The Forest Law prohibits the ignition of open fire in the forest and in the immediate vicinity of the forest (less than 200 m from the edge of the forest), except at the specific places determined for this purpose [51]. The Rulebook on criteria for allocation of habitat types, types of habitats, vulnerable, endangered, rare and priority types of habitats for protection and on protection measures for their preservation, prohibits the burning of the stubble [52]. The decision to establish a national environmental protection program, for ozone depleting substances, also speaks of the burning of agricultural land after harvest [53]. Provincial Assembly Decision on the Environmental Protection Program of the Autonomous Province of Vojvodina for the period 2016-2025, draws attention to the fact that the potential of agricultural waste is not exploited, but is uncontrollably burned and dumped [54]. For the arson with intent of endangering the constitutional order or safety of Serbia (diversion), the Criminal Code envisages a sentence of imprisonment in the duration of 5-15 years [55].

## 5. CONCLUSION

Forest fires represent a type of outdoors fire. Fire actively participated and is participating in the formation of the Earth's biosphere. Speaking globally, this kind of fire, in addition to the obviously bad ones, has its own good sides. However, for spatially small and not overly rich countries, such as the Republic of Serbia, fire is always a harmful phenomenon. The main type of fire protection should be prevention (education, legislation, supervision). In the observed interval 2005-2016, eight out of the observed twelve years have been extremely hot, which, in combination with the precipitation determinant of dry, or even normal, favors the occurrence of forest fires. The frequency of the occurrence of fire is also influenced by temperature and precipitation status, but there is an impression that the temperature status is of greater importance. The burning of stubble and agricultural waste is just one step away from a forest fire. The Republic of Serbia has legally covered this problem by passing a multitude of regulations, but its implementation for now seems to represent a problem.

## 6. REFERENCES

- [1] (2017): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2016., бр. 625, Београд: Републички завод за статистику (2017: Statistical Bulletin - Forestry in the Republic of Serbia, 2016, no. 625, Belgrade: Statistical Office of the Republic of Serbia).
- [2] [https://web.archive.org/web/20151016185535/http://www.bbc.co.uk/science/earth/natural\\_disasters/forest\\_fire](https://web.archive.org/web/20151016185535/http://www.bbc.co.uk/science/earth/natural_disasters/forest_fire), 19 May 2018.
- [3] <https://www.nfpa.org/-/media/Files/News-and-Research/Fire-statistics/Brush-grass-and-forest-fires/osWildfire.ashx?la=en>, 19 May 2018.
- [4] Higuera, P.E.; Chipman, M.L.; Barnes, J.L.; Urban, M.A.; Hu, F.S. (2011): Variability of tundra fire regimes in Arctic Alaska: Millennial-scale patterns and ecological implications, *Ecological Applications*, 21 (8), 3211–3226.

- [5] Andela, N.; Morton, D.C.; Giglio, L.; Chen, Y.; Van der Werf, G.R.; Kasibhatla, P.S.; DeFries, R.S.; Collatz, G.J.; Hantson, S.; Kloster, S.; Bachelet, D.; Forrest, M.; Lasslop, G.; Li, F.; Manceon, S.; Melton, J.R.; Yue, C.; Randerson, J. T. (2017): A human-driven decline in global burned area, *Science*, 356 (6345), 1356-1362.
- [6] <https://web.archive.org/web/20090808123751/http://www.pbs.org/wgbh/nova/fire/plants.html>, 21 May 2018.
- [7] DellaSala, D.A.; Hanson, C.T. (2015): *The Ecological Importance of Mixed-Severity Fires, Nature's Phoenix*. Amsterdam: Elsevier Inc.
- [8] <https://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=90493>, 21 May 2018.
- [9] Шорак, Р.; Рвовић, И. (2016.): Анализа штета од шумских пожара у Републици Србији за период од 2010-2014. године, *Зборник радова Департмана за географију, туризам и хотелијерство*, 45-1, 1-10.
- [10] Алексић, П.; Јанчић, Г. (2011): Заштита шума од шумских пожара у јавном предузећу „Србијашуме”, *Шумарство*, 1-2, 95-110.
- [11] [https://web.archive.org/web/20081105175208/http://www.nifc.gov/preved/comm\\_guide/wildfire/fire\\_4.html](https://web.archive.org/web/20081105175208/http://www.nifc.gov/preved/comm_guide/wildfire/fire_4.html), 21 May 2018.
- [12] <http://sindikativtrogasaca.org.rs/1493-opasnosti-i-mere-bezbednosti-prilikom-gasjenja-sumskih-pozara/>, 22 May 2018.
- [13] Благојевић, З.; Живановић, С.; Крстић, Д.; Зигар, Д. (2014): Анализа ветра на подручју Неготина са аспекта угрожености шума од пожара, 4. Међународна научна конференција Безбедносни инжењеринг и 14. Међународна конференција Заштите од пожара и експлозије, 2-3. Октобар, Нови Сад, Србија, *Зборник радова*, 372-381.
- [14] Viegas, D.X.; Stipanecv, D.; Ribeiro, L.; Pita, L.P.; Rossa, C. (2008): The Kornati fire accident – eruptive fire in relatively low fuel load herbaceous fuel conditions, *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 119, 365-375.
- [15] <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/forest-fire-danger-extremes-europe-under-climate-change-variability-and-uncertainty>, 22 May 2018.
- [16] Аговић, Р. (2014): *Антропогени утицаји на шумске пожаре*, Специјалистички рад. Нови Сад: Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду.
- [17] Vučetić, M.; Španjol, Ž; Bakšić, N.; Ferhatović, M. (2016): Klimatski (i vegetacijski) pokazatelji potencijalne opasnosti od požara otvorenog prostora u Republici Hrvatskoj, 5. Међународна научна конференција Безбедносни инжењеринг и 15. Међународна конференција Заштите од пожара и експлозија, 5-7. Октобар, Нови Сад, Србија, *Зборник радова*, 266-274.
- [18] Rosavec, R.; Španjol, Ž.; Ferhatović, M.; Čehajić, E. (2016): Zapaljivost nekih mediteranskih vrsta kod šumskih požara kao čimbenik protupožarne preventive i vatrogasne operative, 5. Међународна научна конференција Безбедносни инжењеринг и 15. Међународна конференција Заштите од пожара и експлозија, 5-7. Октобар, Нови Сад, Србија, *Зборник радова*, 275-280.
- [19] Ličina, M.; Bognolo, D.; Ferhatović, D. (2016): Protupožarna zaštita otoka Raba s naglaskom na požare otvorenog prostora, 5. Међународна научна конференција Безбедносни инжењеринг и 15. Међународна конференција Заштите од пожара и експлозија, 5-7. Октобар, Нови Сад, Србија, *Зборник радова*, 281-292.
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Wildfire>, 22 May 2018.
- [21] Restas, A. (2016): How drones can support fire services. Prevention, intervention and post fire monitoring, 5<sup>th</sup> International scientific conference Safety engineering and 15<sup>th</sup> International conference Fire and explosion protection, 5-7 October, Novi Sad, Serbia, *Book of proceedings*, 293-301.



- [22] [http://ekospark.com/info/03\\_sos\\_info/sos\\_info/sumski\\_pozari/sumski\\_pozari.html](http://ekospark.com/info/03_sos_info/sos_info/sumski_pozari/sumski_pozari.html), 22 May 2018.
- [23] [http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Temperaturni\\_rezim\\_u\\_Srbiji.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Temperaturni_rezim_u_Srbiji.pdf), 22 May 2018.
- [24] [http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/Klimatske\\_karakteristike\\_Srbije\\_prosirena\\_verzija.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/Klimatske_karakteristike_Srbije_prosirena_verzija.pdf), 22 May 2018.
- [25] [http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Padavinski\\_rezim\\_u\\_Srbiji.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Padavinski_rezim_u_Srbiji.pdf), 22 May 2018.
- [26] (2006): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2005., бр. 459, Београд: Републички завод за статистику.
- [27] (2007): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2006., бр. 475, Београд: Републички завод за статистику.
- [28] (2008): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2007., бр. 485, Београд: Републички завод за статистику.
- [29] (2009): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2008., бр. 501, Београд: Републички завод за статистику.
- [30] (2010): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2009., бр. 521, Београд: Републички завод за статистику.
- [31] (2011): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2010., бр. 536, Београд: Републички завод за статистику.
- [32] (2012): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2011., бр. 552, Београд: Републички завод за статистику.
- [33] (2013): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2012., бр. 567, Београд: Републички завод за статистику.
- [34] (2014): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2013., бр. 580, Београд: Републички завод за статистику.
- [35] (2015): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2014., бр. 596, Београд: Републички завод за статистику.
- [36] (2016): Статистички билтен - Шумарство у Републици Србији, 2015., бр. 610, Београд: Републички завод за статистику.
- [37] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2005.pdf>, 23 May 2018.
- [38] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2006.pdf>, 23 May 2018.
- [39] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2007.pdf>, 23 May 2018.
- [40] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2008.pdf>, 23 May 2018.
- [41] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2009.pdf>, 23 May 2018.
- [42] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2010.pdf>, 23 May 2018.
- [43] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2011.pdf>, 23 May 2018.
- [44] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2012.pdf>, 23 May 2018.
- [45] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2013.pdf>, 23 May 2018.
- [46] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2014.pdf>, 23 May 2018.
- [47] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2015.pdf>, 23 May 2018.
- [48] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2016.pdf>, 23 May 2018.
- [49] <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/ciril/2017.pdf>, 23 May 2018.

- [50] <https://www.agroklub.rs/ratarstvo/zaoravanje-korisnije-od-paljenja-strnjista/34773/>, 23 Мау 2018.
- [51] Закон о шумама („Сл. гласник РС“, бр. 30/10, 93/12 и 89/15).
- [52] Правилник о критеријумима за издвајање типова станишта, о типовима станишта, осетљивим, угроженим, ретким и за заштиту приоритетним типовима станишта и о мерама заштите за њихово очување („Сл. гласник РС“, бр. 35/10).
- [53] Одлука о утврђивању националног програма заштите животне средине („Сл. гласник РС“, бр. 12/10).
- [54] Покрајинска скупштинска одлука о Програму заштите животне средине Аутономне покрајине Војводине за период 2016-2025. године („Сл. лист АП Војводине“, бр. 10/16).
- [55] Кривични законик („Сл. гласник РС“, бр. 85/05, 88/05 – испр., 107/05 – испр., 72/09, 111/09, 121/12, 104/13, 108/14 и 94/16).

Маријола БОЖОВИЋ<sup>1</sup>

Мартина ПЕТКОВИЋ<sup>2</sup>

Лидија МИЛОШЕВИЋ<sup>3</sup>

## МОДЕЛИРАЊЕ ПОЖАРА У ФУНКЦИЈИ ПРОЦЕНЕ РИЗИКА ОД ПОЖАРА

**Резиме:** Процена ризика од пожара се у мноме може ослонити и на компјутерске моделе које можемо направити захваљујући развијеним програмима за моделирање и симулацију пожара. Моделирање пожара је значајно допринело савременом развоју науке о заштити од пожара и појави посебне дисциплине инжењеринг пожара. Прикладни нумерички алати симулације су заузели главно место за увежбавање пројектовања пожара, као и коришћење слобода које пружа приступ пројектовању заштите од пожара, који је базиран на реалним карактеристикама одређених појава. Суштина свих активности моделирања пожара у основи се заснива на анализи феномена гасова у самом пожару, који се даље може користити за процену утицаја на објекте, људе или околину. У раду је дат развој моделирања пожара, са освртом на CFD и његовом примена у процени ризика од пожара.

**Кључне речи:** моделирање пожара, процена ризика од пожара, симулација пожара

## FIRE MODELLING IN THE FUNCTION OF FIRE RISK ASSESSMENT

**Abstract:** Fire risk assessment can rely a lot on computer models that can be made owing to the software developed for fire modelling and simulation. Fire modelling has significantly contributed to the contemporary development of the fire protection science and the emergence of a special discipline of fire engineering. Suitable numerical simulation tools have taken the lead in fire design training, as well as in the use of freedom provided by the approach of designing fire protection, which is based on the real characteristics of certain phenomena. The essence of all fire modelling activities is principally based on the analysis of the phenomena of gases in the fire, which can be further used to assess impacts on objects, people or the environment. The paper presents the development of fire modelling, with a focus on CFD and its application in fire risk assessment.

**Key words:** fire modelling, fire risk assessment, fire simulation

<sup>1</sup> мр, Висока техничка школа струковних студија Звечан, Нушићева 6, е-маил: marijola.bozovic@gmail.com

<sup>2</sup> мр, Висока техничка школа струковних студија Звечан, Нушићева 6, е-маил: martinaeco@yahoo.com

<sup>3</sup> др, Факултет заштите на раду у Нишу, Чарнојевића 10а, Ниш е-маил: lidija.milosevic@znrak.ni.ac.rs

## **1. УВОД**

Значај процене ризика од пожара је да помогне послодавцу и одговорном лицу да идентификује оптималне превентивне мере заштите објекта од пожара, у циљу усаглашавања са захтевима који су прописани законском регулативом из ове области [2].

Начела битна за процену ризика од пожара су веома слична онима за процену ризика у области безбедности и здравља на раду. Разлике између њих су мале и огледају се углавном у сагледавању и анализи пројектованих и изведених мера заштите при изградњи објеката. Зато је у поступак процене ризика од пожара неопходно сагледати не само опасности које при коришћењу објекта или реализацији радног/технолошког процеса могу бити узрок настанка пожара, већ и опасности које су последица пројектовања и изградње објеката, а које превасходно могу бити препрека корисницима да правовремено реагују и безбедно се евакуишу у случају пожара [5].

## **2. ПРОЦЕНА РИЗИКА ОД ПОЖАРА**

Процена ризика од пожара је процедура за утврђивање нивоа угрожености од пожара особа и материјалних добара, уз неопходно сагледавање свих заступљених превентивних организационо-техничких мера за његову контролу.

Процедура процене ризика од пожара обухвата:

- идентификацију опасности за настанак пожара (присуство извора паљења, запаљивих материја и оксидатора), и
- процену нивоа ризика за угрожене особе (укључујући колико је људи у и око објекта, као и оних који су изложени повећаном ризику) и материјална добра која су изложена штетним последицама пожара [1].

Процедура процене ризика од пожара реализује се у оквиру пет основних поступака:

1. Идентификација опасности за настанак пожара:

- извора паљења,
- запаљивих материја, и
- могућих оксидатора;

2. Утврђивање циљних група, које би и како могле бити повређене и оштећене дејством пожара, ради процене нивоа ризика за:

- особе угрожене пожаром, и
- материјална добра која су изложена штетним последицама пожара;

3. Израда Извештаја са квалитативном и/или квантитативном проценом ризика и закључком да ли су примењене превентивне мере за контролу ризика адекватне или их треба допунити;

4. Архивирање Извештаја;

5. Анализа Извештаја и обнављање процене ризика по потреби.

## **3. МОДЕЛИРАЊЕ ПОЖАРА**

Међу многим инцидентима неконтролисаних пожара, нежељени пожари у затвореним просторима се најчешће дешавају. Значајни примери неких великих катастрофа изазваних пожаром јесу пожар Kings Cross у подземљу Лондона, који се десио 1987., и рушење кула Светског трговинског центра у Њујорку 2001. Опасности које ови пожари представљају су обично повезане са неконтролисаним природом егзотермних хемијских реакција, нарочито између органских или запаљивих материјала и ваздуха и њихове интеракције са структурним

компонентама. Оно што следи из анализе опасности од пожара је да не могу, уопштено, бити тотално елиминисани, али се могу смањити на прихватљиво низак ниво прикладним пројектовањем и процедурама.

Динамика пожара се састоји од бројних сложених физичких и хемијских интеракција, који укључују динамику флуида, термодинамику, сагоревање, радијацију, или чак вишефазних ефеката [6].

Током раних истраживања развоја пожара у затвореним просторијама, велики ниво пажње је дат на боље разумевање понашања пожара коришћењем експерименталних техника и теоретских приступа. Експерименти дају корисна посматрања и мерења процеса горења, док теоретски модели користе математичку дескрипцију кроз уношење експерименталних података.

Са појавом компјутера, употреба нумеричких методологија у моделовању пожара даје моделима пожара флексибилност симулације понашања пожара у различитим затвореним просторима, и тиме се превазилазе ограничења у експерименталним техникама и теоретским приступима. Ово су у основи две велике категорије компјутерских модела за анализирање стварања пожара у затвореним просторијама (стохастички или модели вероватноће и детерминистички модели) [3].

Код моделирања пожара, најшире коришћени физички базирани модел пожара је „зонски“ или модел „контролне запремине“. Иако су зонски модели широко прихваћени и иако су демонстрирали значајне успехе, они се и даље сматрају као прескриптивни прилаз моделирању пожара. Упркос њиховој лакоћи коришћења, они су често непрецизни у предвиђању сценарија пожара где се крше емпиријске корелације – на пример, пожари који имају ограничене затворене области или неправилне геометријске структуре.

Модел поља, алтернатива детерминистичком моделирању, побољшава просторну резолуцију зонског модела даљом поделом компјутерског домена у тродимензионалну матрицу која се састоји од много малих ћелија. Моделирање поља пожара израчунава промене у свакој ћелији коришћењем фундаменталних једначина динамике флуида. Они се обично састоје од низа тродимензионалних, временски зависних једначина, нелинеарних парцијално диференцијалних једначина које одражавају очување масе, момента и енергије. Овај процес решавања фундаменталне динамике коришћењем дигиталних компјутера се често назива као Компјутерска динамика флуида (CFD). Модел поља израчунава физичка стања у свакој ћелији, која су резултат промена у суседним ћелијама. Могућност симулирања опсега сценарија пожара без ограничења везаних за емпиријске корелације и изводљивости сложених геометрија са којима се сусрећу представљају само једну од многих предности које модел поља има у односу на зонски модел. Због еволуције компјутерске технологије, постоје интензивирани активности у правцу усаглашеног развоја модела пожара базираним на CFD.

#### 4. ТРЕНДОВИ У МОДЕЛИРАЊУ ПОЖАРА

Моделирање пожара, које наглашава примену CFD техника у инжењерству пожара, се прво појавило у касним 1970.-им годинама развојем компјутерског кода UNDSAFE-I (Zang i Chang, 1977) а потом у касним 1980.-им и раним 1990.-им применом JASMINE (развијена од стране Станице за испитивање пожара, Велика Британија) и FLOW-3D (развијена од стране Ауторитета за атомску енергију, Харвелл, Велика Британија) да се пронађу разлози смртних случајева у пожару Kings Cross у станици за подземну железницу у Лондону (Сох и сарадници, 1989, Simcox и сарадници, 1992)[6].

За разлику од модела радијације који су користили Luo и Beck (1996), аутори CFD заједно са сарадницима су користили метод изолованих ордината у кога су укључили најзаступљенији моделе сагоревања и чађи како би симулирали различите сценарије пожара у стану у свом

моделу пожара. Алгебарски модел јачине, који може да забележи анизотропно понашање турбулентне јачине, представља софистициранији турбулентни модел за моделирање пламена, али је познато да овај модел има непоуздан карактер.

## 5. ОСНОВЕ СОФТВЕРА КОМПЈУТЕРСКЕ ДИНАМИКЕ ФЛУИДА (CFD)

У скорије време, CFD истраге базиране на концепту симулације великог вртлога у моделирању турбуленције су се фокусирали на развој моделирања пожара. Основ теорије симулације великог вртлога укључује употребу модела субгрид скале како би окарактерисала покрете малих размера, док скала покрета већих размера је базирана на скали коју компјутерска координатна мрежа одређује. Као таква обезбедиће комплетнији опис пролазности тока структуре уместо  $k-\epsilon$  модела турбулентности тока, где су варијабле тока одређене просечно у односу на време. McGrattan и др. (1994) је први развио дводимензионални модел симулације пламена великог вртлога користећи коначну диференцију и функцију вртлога тока. Ово је постепено коришћено како би се инкорпорирале растуће сложености управљања динамиком пламена као што су показали Baum и др (1994), McGrattan и др. (1996, 1998) и Xin и др. (2002, 2005). Тренутно, добро познат тродимензионални компјутерски код под називом Симулатор динамичности ватре (FDS) је доступан као бесплатан програм и може се скинути са NIST интернет странице [6].

У суштини, CFD је наука о системима флуида који могу да буду статични или да се мењају у времену и простору. Компонента која се тиче динамике флуида се изводи кроз нумеричке методе на ултра-брзим дигиталним компјутерима, што у ствари представља компјутациони део терминологије. Уз ово, физичке особине флуида у покрету се обично могу описати узимајући у обзир фундаменталне математичке једначине, обично у делимично диференцираном облику, а које оправљају процесом који је од интереса. Да би се решиле ове математичке једначине, оне се конвертују у засебне форме коришћењем напредних програмских језика у компјутерске програме за инертну употребу или у комерцијалне CFD софтверске пакете. Ове алгебарске једначине се решавају помоћу одређених техника, које ће бити описане у деловима овог поглавља који следе касније. CFD у ствари покрива три главне дисциплине: механику флуида, математику и информатику. Поседовање основних знања из ове три области је обично потребно за боље разумевање CFD-а.

## 6. ПРИМЕНА МОДЕЛА

Током деценија активног истраживања и развоја, ове разноврсне технике су несумњиво сазреле током последњих година. Високотехнолошке индустрије као што су аеронаутика и астронаутика су уврстиле доста техника CFD-а у процес пројектовања и производње летилица, смемирских летилица и мотора. Дугогодишња примена ових моћних метода је темељно приказана на безбројним аеронаутичким системима који је могу наћи на аеродромима и лансирним рампама. Како CFD постаје све доступнији, многе традиционалне инжењерске индустрије убрзано усвајају ово аналитичко средство за решавање комплексних система протока. Механичко, цивилно, хемијско, електрично, електронско и инжењерство у области заштите животне средине су доста добили коришћењем CFD за разумевање и решавање проблема протока флуида који нису могли бити решени прескриптивним и исцрпљујућим приступима који користе покушаје и грешке. Механичка вентилација у зградама, процеси ливења и екструзије, хлађење микрочипова и компјутерских плоча и дистрибуција загађивача и отпадних вода у води и ваздуху су само неки од типичних примера код којих је CFD одиграо важну улогу у осмишљавању индустријских процеса и производа. Ова методологија такође налази свој пут и до ваниндустријских подручја примене, не задржавајући се само на већ поменути индустријама. Било да је у питању добијање временске прогнозе у метеорологији,

разумевање тока флуида у рекама или океанима у хидрологији и океанографији, или чак проток крви и ваздуха у нашим респираторним или васкуларним системима и биомедицинском истраживању, CFD је увелико постао економичан и робустан метод анализе, и само ће добијати на истакнутости у годинама које долазе [6].

Традиционално, и експериментални и аналитички методи су коришћени за проучавање различитих аспеката динамике флуида и као помоћ при конструисању опреме и индустријских процеса који укључују проток флуида и преношење топлоте [4]. Са напретком супер-брзих дигиталних компјутера, компјутерски аспект је настао као још један одржив приступ за решавање комплексних проблема у динамици флуида. Са падом цена компјутерског хардвера и већом брзином компјутерских чипова, тренд иде ка све већем ослањању на компјутерски приступ у индустријском пројектовању, посебно када су токови флуида веома сложени. Такође, вишенаменски CFD програми су постепено пронашли своје место како у индустрији, тако и у академским институцијама. Са напредним робусним моделима који боље обухватају физику протока, ови комерцијално доступни софтверски пакети пружају подстицај за научно усвајање CFD техника у потрази за јединственим решењима за проблеме динамике флуида и преноса топлоте. Важно је напоменути да ће се аналитички методи и даље користити за многе, посебно просте проблеме протока флуида, а експериментални методи ће бити значајни за тестирање прототипа, као и за потврђивање CFD модела. Стога су нам и даље потребне и аналитичке и експерименталне методе за допуну CFD аналитичких средстава у неким специфичним истраживачким студијама и анализама. Код већине проблема протока међутим, има много предности код примене CFD-а у односу на аналитичке и експерименталне методе. Прво и најважније, исплативост извођења вишеструких параметарских проучавања са већом тачношћу допушта конструисање нових и побољшаних конструкција система и усаглашена оптимизација која се изводи на постојећој опреми са значајним смањењем водећег времена резултује повећаном ефикасношћу и смањеним оперативним трошковима. Друго, примарни циљ је доћи до већег знања о томе како системи треба да се покажу, тако да се еволутивне промене могу правити током процеса конструисања и оптимизације.

За процену ризика од пожара код нас се примењују српске норме и нумеричке методе које уређују ту област. У случају да се процена ризика од пожара не може израдити применом само домаћих норми и метода, сагласно члану 8 Правилника о начину израде и садржају плана заштите од пожара аутономне покрајине, јединице локалне самоуправе и субјеката разврстаних у прву и другу категорију („Сл. гласник РС”, бр. 73/2010), дозвољено је користити у свету прихваћене нумеричке методе, као што су ТРВБ 100, Еуроаларм, Гретенер, ДОВ Индекс и слични. Наведени методи могу се користити искључиво за оне грађевинске објекте и постројења на начин и како је то предвиђено самим методом и прихваћеном праксом. Примена једног или више изабраних метода обавезна је у целини.

## **7. ЗАКЉУЧАК**

Управљање ризицима од пожара обухвата систем мера и активности предвиђеним законом и другим документима, програмима и напорима који се улажу у циљу унапређења ове области, обухвата пре свега праћење ризика, контроле, смањење штете и последица на основу што бољег разумевања ризика. Планирање њиховог спречавања и повећања спремности заједнице за реаговање, су једнако неопходни као и значајније инвестирање у превенцију, изградњу културе безбедности.

Коришћење поједностављених модела за решавање феномена пожара може у крајњем случају само понудити општи опис дистрибуције флуида и протока топлоте. Софистициранији приступи морају да узму у обзир многе комплексности сагоревања, зрачења, кретања и производње дима и пиролизе чврстих тела. Међутим, поједностављени приступ обично даје

основно разумевање стварне динамике правог пожара, упркос његовом поједностављеном приказу стварности. Стога, моделовање пожара је и даље велики изазов за моделаре пожара, због њихове потребе да прво схвате општу динамику система пре него што примене аналитичке технике на сам проблем.

Процена ризика се сада дефинише и у нашем законодавству, тако да је неопходно проценити ризик, водити евиденцију и писати извештаје процене, како би утврдили нивое заштите, као и потребне организационо-техничке мере које би појаву ризика од пожара свеле на минимум или елиминисале у потпуности.

## **8. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Andersson, L.: Probabilistic Risk Assessment of Fire Safety Design Alternatives Arson Risk Assessment for Industry and Commerce;
- [2] Budnick, E. K.; McKenna, L. A.; Jr., Watts, J. M.; Jr.: Quantifying Fire Risk for Telecommunications Network Integrity, in Fire Safety Science – Proceedings of the Fifth International Symposium, International Association for Fire Safety Science, pp. 691 – 700, 1997.
- [3] Desimir Jovanović, Martina Zdravković, „FIRE AS AN ENVIRONMENTAL RISK FACTOR“, Pozarna ochrana 2006 – mezenarodni konference, Ostrava, Czech Republic, 2006.
- [4] ISO/TC92/SC4/WG10 N24 Rev: Draft Material submitted describing Fire Risk Assessment Methods, 2001
- [5] Martina Zdravković, Primena inženjerskog metoda za procenu rizika od požara, magistarski rad, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš, 2013.
- [6] Guan Heng Yeoh, Kwok Kit Yuen, Computational Fluid dynamics in Fire engineering, Elsevier's Science & Technology Rights, USA, 2009



Биљана ГЕМОВИЋ<sup>1</sup>

Предраг СТАЈКОВИЋ<sup>2</sup>

## ПРИМЕНА AUTOCAD-А У ЗАШТИТИ ОД ПОЖАРА

**Апстракт:** У раду је приказана примена програма *AUTOCAD* за израду плана заштите од пожара. Дата је основа рада у овом програму и примери реализације студената Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду које су реализоване кроз предмет компјутерска графика, ЦАД и практикум. Предмете ЦАД и Компјутерска графика су студенти овог студијског програма слушали у првој и другој години студија и као један од пројеката из предмета Практикум имају задатак да ураде План евакуације.

**Кључне речи:** *AUTOCAD*, заштита од пожара, План евакуације

## APPLICATION OF AUTOCAD IN FIRE PROTECTION

**Abstract:** The application of *AUTOCAD* program for the preparation of a fire protection plan is presented in this paper. The basis of work in this program and examples of the realization of the students of the Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, which were realized through the course of computer graphics, CAD and practicum, are given. Students of this study program attended the CAD and Computer Graphics courses in the first and second year of studies and as one of the Praktikum projects have the task to perform the Evacuation Plan.

**Key words:** *AUTOCAD*, fire protection, evacuation plan

### 1. ПРОГРАМ *AUTOCAD*

AutoCad је најпознатији и најкоришћенији програм намењен цртању, пројектовању и другим видовима примене рачунара у дизајну, архитектури, грађевинарству, машинству, електротехници и другим техничким струкама.

Довољно је рећи да се Аутодеск програми користе у свим областима цртања, у више од 150 земаља. Најпознатије области у којима се примењују су:

- архитектонски и урбанистички цртежи свих врста,
- дизајн унутрашњих простора (ентеријера),
- дизајн индустријских производа,
- цртежи из области електротехнике, грађевинарства, машинства и аеронаутике,
- израда логотипова и других врста уметничких цртежа,
- филм, ТВ и дигитални медији,
- компјутерске игре,

<sup>1</sup> Др Биљана Гемовић, Висока техничка школа струковних студија, Школска 1, gemovic@vtsns.edu.rs

<sup>2</sup> Предраг Стајковић, Висока техничка школа струковних студија, Школска 1, stajkovic@vtsns.edu.rs

- 3Д дизајн, дигитални цртеж, фотографија, презентације,
- свакодневни употребни предмети,
- дигитална анимација.

## 2. КОМЕ ЈЕ НАМЕЊЕН ОВАЈ ПРОГРАМ?

*AutoCad* и *3ds Max* су моћни софтвери, али када се једном савладају основе рада постају веома лаки за коришћење. Циљ *Computer Aided Design* програма је да вас учини способним за самосталан рад у њима. Идеалан је за почетнике који желе да закораче у свет 3Д дизајна јер пружа могућност да се касније специјализујете на осталим програмима са *3D Design & Cad* департмента, али и за вас који већ имате искуства у овој области, било да сте студент, дизајнер и сл. [1]

## 3. ШТА ЈЕ *AUTOCAD*?

*AutoCad* можемо сврстати у групу програмских пакета намењених цртању, пројектовању и другим видовима примене рачунара у инжењерској пракси. Компјутерски подржано пројектовање (*Cad*) представља моћну алатку у рукама савременог пројектанта. Брзина и лакоћа с којом се цртежи креирају или модификују уз помоћ рачунара представљају неизмерне предности у односу на класичан начин рада. Може се рећи да границе примене *AutoCad* -а постављају сами корисници, јер све што се до јуче могло нацртати на стари, добро познат начин такође можемо генерисати уз помоћ *AutoCad* -а.

При цртању уз помоћ *AutoCad* -а ви стварате нешто много сложеније од самог цртежа. Рачунар може примати информације о елементима цртежа на начин који ће касније омогућити њихову лаку допуну, измену или различиту презентацију, све у циљу извлачења максимума из сваке одунетих информација. Уз све ово коришћење *AutoCad* -а не подразумева претходно познавање електронике ни програмирања, већ је његова употреба прилагођена потребама савременог корисника.

Неопходна рачунарска опрема Рачунарска опрема неопходна за рад са *AutoCad* -ом састоји се од IBM PS или њему компатибилног рачунара, и периферних уређаја као што су разни цртачи, штампачи, дигитализатори итд. За разлику од других видова употребе рачунара (нпр. у обради текста, базама података и сл.) примена у пројектовању поставља пред компјутер знатно веће захтеве, како у погледу процесорске снаге тако и у специфичностима појединих елемената конфигурације. Неопходно је пре свега обезбедити квалитетан приказ цртежа на екрану да би се омогућило праћење процесарада без замора очију оператера. Осим тога споро процесирање података наруша ваконцентрацију и отежава ефикасан рад, а недостатак одговарајуће периферне опреме онемогућава материјализацију пројекта, што све претходне напоре чини узалудним. Комплетно графичко радно место подразумева: ПЦ рачунар са брзим процесором, довољно расположиве радне меморије, Медијум за архивирање цртежа - хард диск, довољног капацитета, Графички подсистем високе резолуције и палете боја (минимум 1024x768 тачака у 256 боја), Дигитализатор за уношење података и избор команди (дигитална табла или миш), Периферне уређаје за штампање цртежа (плотери или штампачи до формата А0), Програмску подршку за повезивање претходно набројаних елемената система [1, 2].

### 3.1. Које су остале могућности *AutoCad* -а?

Врло је тешко укратко набројати све могућности тако сложеног програмског пакета какав је *AutoCad*, јер оне често нису видљиве саме по себи већ произилазе из мноштва могућих комбинација појединих функција. Ипак., овде ће бити речи о најосновнијим функцијама које пратерад у *AutoCad*-у и карактеришу његову примену. Боје и типови линија. Сваки елемент може бити исцртан одређеном бојом и типом линије. Боје су изражене нумеричком кодовима од 1 до 255 и представљају боју којом ће елемент бити приказан на екрану. Основна сврха додељивања различитих боја елементима је у томе да се постигне боља прегледност на екрану и да при штампању можемо дефинисати да се за различите бојекористе одоварајуће дебљине линија. Организација цртежа у слојевима – layers-и Највећа разлика у концепцији израде цртежа у *AutoCad*-у у односу на класичан начин цртања крије се у могућности „раслојавања” цртежа на неограничен број слојева – нивоа. Тај концепт највише подсећа на цртање појединих делова цртежа на низу провидних фолија које се међусобно преклапају и чине целину. Сваки од слојева (layer-а у терминологији *AutoCad*-а) се може користити са смештај одређеног дела цртежа (нпр. посебни слојеви за зидове, отворе, намештај, коте, инсталације, описе, итд). То значи да сваки *AutoCad* цртеж у ствари може представљати целокупну базу података о свим елементима пројекта, па да се онда по потреби одређени слојеви приказују и могу штампати или остају скривени (невидљиви) до момента када поново пожелимо да са њима радимо. [2,3].

## 4. ЗАШТИТА ОД ПОЖАРА

Заштиту од пожара у Републици Србији уређује Закон о заштити од пожара и подзаконска акта која дефинишу мере за спречавање избијања и ширења пожара, откривање и гашење пожара, спасавање живота људи и имовине угрожених пожаром, пружање помоћи у отклањању последица проузрокованих пожаром.

Према Закону о заштити од пожара, а на основу пожарне угрожености, субјекти се разврставају у три категорије угрожености од пожара и морају да израде:

- Правила заштите од пожара
- План евакуације
- Упутство за поступање у случају пожара
- Програм обуке из заштите од пожара
- Ангажовати Предузетника или Правно лице које поседује овлашћење МУП-а за послове заштите од пожара

### 4.1. Правила заштите од пожара, пожарни путеви евакуације

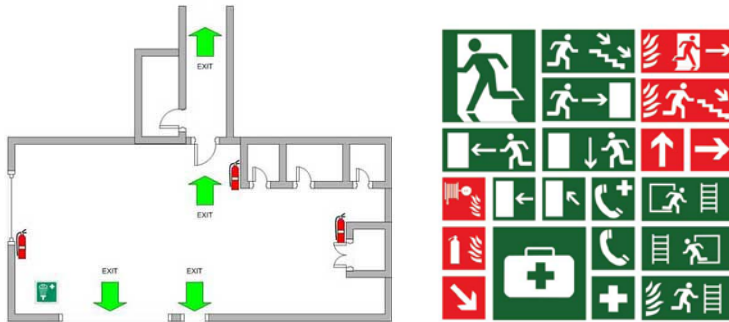
На основу Закона о заштити од пожара („Сл. гласник РС”, 111/2009, 20/2015), сва правна лица и предузетници су дужни да имају:

- План заштите од пожара уколико решењем МУП-а буду разврстани у I или II категорију угрожености од пожара (члан 27).
- Правила заштите од пожара (за III категорију) са Планом евакуације и Упутством за поступање у случају пожара (члан 28).
- Уређаје, опрему и средства за гашење пожара (члан 42 и 43).

- Програм за основну обуку и проверу знања запослених из заштите од пожара, на који се мора обезбедити сагласност МУП-а (члан 53).
- Да изврше обуку запослених и проверу знања из заштите од пожара, најмање једном у три године (члан 53).
- Да за послове заштите од пожара ангажују Правно лице или Предузетника са овлашћењем МУП-а за обављање послова заштите од пожара (члан 24 и 25).

Власник односно корисник пословних, индустријских и објеката јавне намене, објеката блоковског типа и подземних гаража и објеката у трећој категорији угрожености од пожара и скупштина зграде односно савет зграде у стамбеним објектима доносе Правила заштите од пожара која обухватају:

- Организацију технолошких процеса на начин да ризик од избијања и ширења пожара буде отклоњен, а да у случају његовог избијања буде обезбеђена безбедна евакуација људи и имовине и спречено његово ширење;
- Заштиту од пожара у зависности од намене објекта са потребним бројем лица оспособљених за обављање послова заштите од пожара;
- Доношење Плана евакуације и упутства за поступање у случају пожара;
- Начин оспособљавања запослених за спровођење заштите од пожара.



Слика 1 – План евакуације од пожара и знакови из области заштите од пожара

Заштита од пожара обухвата скуп мера и радњи за планирање, финансирање, организовање, спровођење и контролу мера и радњи заштите од пожара, за спречавање избијања и ширења пожара, откривање и гашење пожара, спасавање људи и имовине, заштиту животне средине, утврђивање и отклањање узрока пожара, као и за пружање помоћи код отклањања последица проузрокованих пожаром.

Правила заштите од пожара уређују и начин оспособљавања запослених за спровођење заштите од пожара и обавезе лица оспособљених за обављање послова заштите од пожара и других запослених.

Правила заштите од пожара у складу са Законом о заштити од пожара, а у циљу унапређења заштите од пожара унутар објекта предузећа дефинишу заштиту од пожара у зависности од намене објекта са потребним бројем лица оспособљених за обављање послова заштите од пожара;

Прописани формат за План евакуације и упутство за поступање у случају пожара је форма А3, мада је дозвољено и да план евакуације буде формата А4 и упутство за поступање у случају пожара формата А4, слика 3. План евакуације се поставља на видном месту у близини излаза и на сваком спрату. У плану евакуације се уноси распоред и врста пп апарата, позиције хидраната, главни и помоћни путеви евакуације, спољни ватрогасни пут, положај разводних ормара, положај паник расвете [5].

## 4.2. Заштита од пожара

Израда комплетне документације из области заштите од пожара обухвата:

- Израда Правила заштите од пожара
- Израда Плана заштите од пожара
- Израда Плана евакуације
- Израда елабората из заштите од пожара
- Упутство за поступање у случају пожара
- Обука радника из заштите од пожара
- Израда Програма за основну обуку из заштите од пожара обука и проверу знања запослених уз сагласност МУП-а
- Савети и надзор из заштите од пожара
- Референт заштите од пожара
- Израда Санационог плана
- Унапређење заштите од пожара
- АДР обука
- Знаци евакуације, ПП апарат, забрана, обавеза
- Поред свега Превентивне мере заштите од пожара [5].

## 5. НАЧИН РЕАЛИЗАЦИЈЕ КОРЕКЦИЈЕ ПРОЈЕКТА ПЛАНА ЕВАКУАЦИЈЕ

### 5.1. Препоручени програми

Уколико имамо само растерски формат нашег пројекта, а потребно нам је његово додатно уређивање, неопходно га је поново нацртати у неком векторском 2Д или 3Д алату. Један од начина који нам може уштедети време је да искористимо постојећи растер и да помоћу алата едитора који будемо користили цртамо преко постојећих линија.



Слика 2 – Растер плана који је потребно додатно уређивати

Програми погодни за ову врсту пројекта су:

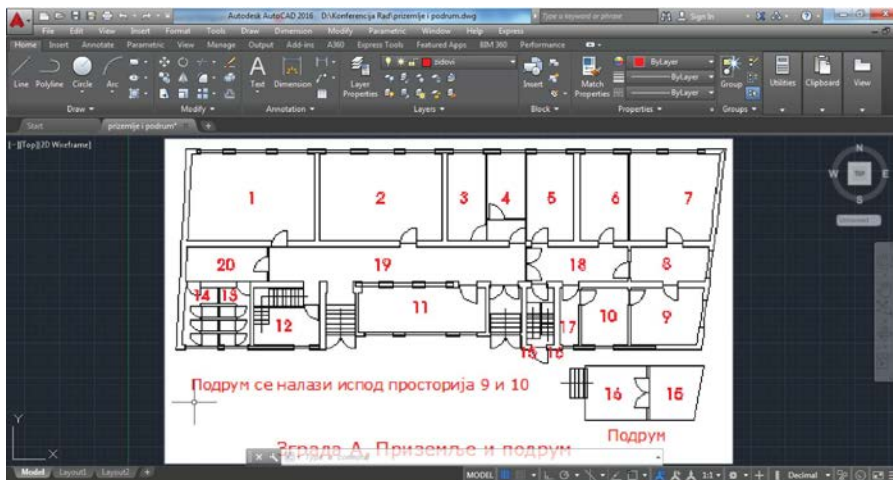
- *CorelDRAW*
- *Adobe Illustrator*
- *Auto CAD*

Прва два алата представљају 2Д програме помоћу којих је могуће решавање ове врсте проблема, међутим најпогоднији у овом случају је нека од новијих верзија програма фирме *Autodesk*, где ће се у овом случају користити само 2Д приказ.

### 5.1.1. AutoCAD 2016

За реализацију нашег задатка користили смо нама доступну верзију *Auto CAD 2016*, која нам пружа готово све могућности које има и актуелна верзија овог програма. Приликом покретања, а пре почетка рада на самом пројекту, оно што прво радимо је подешавање јединица. Пошто знамо да су димензије нашег објекта у метрима, то подешавамо тако што из *Menu* бара долазимо до поља *Format* и у падајућем менију бирамо поље *Units* где уносимо потребне промене.

Затим је потребно да у алат увеземо наш растер, тако да добијемо приказ као на слици која следи. Пре употребе алата за цртање, потребно је да помоћу команде *SCALE* наместимо димензије нашег растера тако да оно што будемо цртали буде у размери 1:1. [3,4].



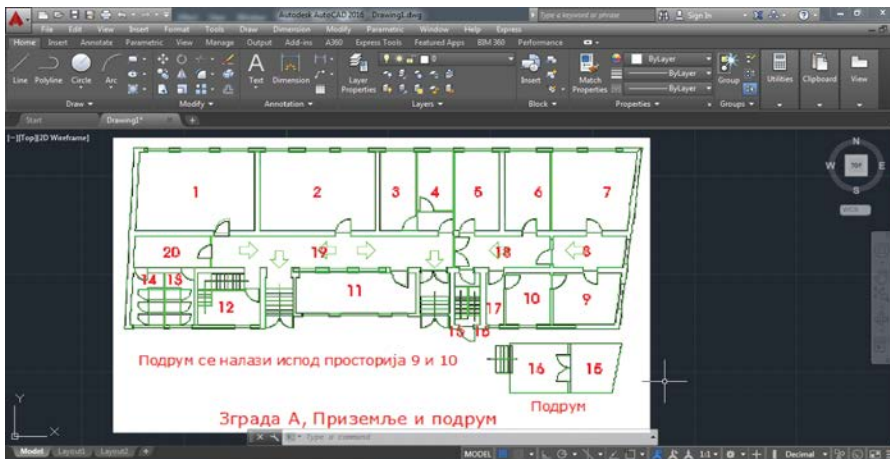
Слика 3 – Постављање растера у алату

### 5.1.2. Алати и команде које користимо

Након што смо поставили наш растер у програму, поставили јединице и размеру, можемо почети са радом. Како су линије преко којих требамо радити црне, линије које повлачимо биће у некој другој боји (нпр. зелене).

Приликом рада користили смо следеће алате за цртање:

- *LINE*
- *PLINE*
- *ARC*
- *RECTANGLE*

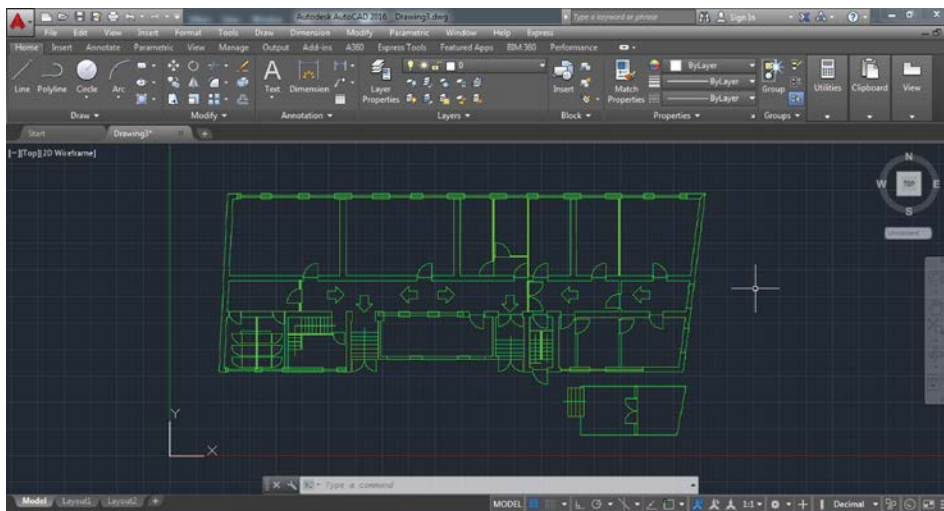


Слика 4 – Зелене линије представљају нацртани део

Такође у реализацији пројекта користили смо следеће команде:

- MOVE
- ROTATE
- TRIM
- EXTENDE
- COPY/PASTE

Поред ових алата и команди такође смо користили и неке опције у програму које олакшавају рад. Опција *ORTHOMODE* нам помаже код цртања правих линија, док нам опција *OSNAP* омогућује лакше позиционирање чворова. На слици која следи приказан је завршен цртеж са свим корекцијама и са нацртаним стрелицама које показују смер евакуације. Наравно касније је у плану да код припреме за штампу урадимо још неке корекције које се тичу боја наших линија и осталих елемената које укључује наш пројекат [6].



Слика 5 – Готов цртеж на који је потребно додати симболе карактеристичне за План евакуације, каои легенду симбола

## 6. ЗАКЉУЧАК

Све што се до јуче морало цртати руком данас можемо генерисати уз помоћ АутоЦАД програма, а брзина и лакоћа с којом се цртежи креирају или модификују уз помоћ рачунара представљају неизмерне предности у односу на класичан начин рада.

Сваки од слојева (layer-а у терминологији AutoCad-а) се може користити са смештај одређеног дела цртежа (нпр. посебни слојеви за зидове, отворе, намештај, коте, инсталације, описе, симболе итд). То значи да сваки AutoCad цртеж у ствари може представљати целокупну базу података о свим елементима пројекта, па да се онда по потреби одређени слојеви приказују и могу штампати или остају скривени (невидљиви) до момента када поново пожелимо да са њима радимо.

Ако желите да постанете стручњак у било којој области инжењеринга, у којима је рад са Аутодесковим софтверима неизбежан, онда је ово неизоставни програм за рад.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Б.Гемовић N, Компјутерска графика, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, 2016.год
- [2] Н.Субић, Б.Гемовић, Т.Крунић, Примена компјутерске анимације у циљу безбедног рада на рачунару, INFOTEN-Јахорина, Vol. 12, March 2013.
- [3] С.Ковачевић, Б.Гемовић, САД, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду 2013.
- [4] В. Gemović Computer graphics and animation to educate fire protection, ЗОП 2016. Нови Сад
- [5] Закон о заштити од пожара ("Сл.гласник РС", 111/2009, 20/2015)
- [6] [https://www.youtube.com/watch?v=HpSIBUi\\_7XQ&t=124s](https://www.youtube.com/watch?v=HpSIBUi_7XQ&t=124s)



Предраг МАРИЋ<sup>1</sup>  
Драган МЛАЂАН<sup>2</sup>  
Бобан СТЕВАНОВИЋ<sup>3</sup>  
Горан НИКОЛИЋ<sup>4</sup>  
Славиша ЂУКАНОВИЋ<sup>5</sup>

## СТАТИСТИЧКИ ПРИСТУП УТВРЂИВАЊА ИНДИВИДУАЛНОГ РИЗИКА ОД ПОЖАРА У ЕВРОПСКИМ ЗЕМЉАМА И РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

**Резиме:** Према званичним подацима током 18 година (2000-2017) у Републици Србији је регистровано 387.400 пожара и незнатним бројем експлозија, у којима је 1573 људи погинуло, 5486 повређено и 5434 спасено (за период 2006-2017). У раду је ализиран и упоређен број пожара, жртве (повреде-трауме и погинули људи) при пожарима у Републици Србији и земљама у окружењу. Примењујући критеријуме индивидуалног ризика у Европској унији (оптималан, допуштен, повишен), извршена је анализа и упоређивање овог ризика у Републици Србији и земљама у окружењу. Анализиран је и број пожара без жртава и број пожара са 1 до 5 и више од пет жртава, узроци пожара у којима су погинули становници и доба дана у којим су исти погинули. Анализа је показала да су сви показатељи индивидуалног пожарног ризика у категорији оптималног и допуштеног ризика.

**Кључне речи:** пожари, ризик, погинули, повређени, Србија

## STATISTICAL APPROACH FOR ESTABLISHING INDIVIDUAL FIRE RISK IN EUROPEAN COUNTRIES AND REPUBLIC OF SERBIA

**Abstract:** According to official data over 18 years period (2000-2017), 387,400 fires and explosions were registered in the Republic of Serbia, in which 1573 people were killed, 5486 were injured and 5434 were rescued (for the period 2006-2017). This paper analyzes and compares the number of fires, victims (injuries and traumas and deaths of people) in fires in the Republic of Serbia and surrounding countries. Applying individual risk criteria in the European Union (negligible, acceptable, unacceptable), an analysis and comparison of this risk was performed in the Republic of Serbia and surrounding countries. Also, the number of fires without casualties and the number of fires with 1 to 5 and more than five victims were analyzed, the causes of fires with fatalities and the time of the day on which people died.

**Key words:** fires, risk, killed, injured, Serbia

<sup>1</sup> Мр, Сектор за ванредне ситуације МУП РС: predrag.maric@mup.gov.rs

<sup>2</sup> Др професор, Криминалистичко – полицијски универзитет, Београд: dragan.mladjan@kpa.edu.rs

<sup>3</sup> Сектор за ванредне ситуације МУП РС: boban.stevanovic@mup.gov.rs

<sup>4</sup> Сектор за ванредне ситуације МУП РС: goran.nikolic@mup.gov.rs

<sup>5</sup> Мр, Сектор за аналитику, телекомуникације и информационе технологије МУП РС: slavisa.djukanovic@mup.gov.rs

## 1. УВОД

Индивидуални ризик од пожара и експлозија ( $R_i$ ) на годишњем нивоу (Individual Risk per Annum - IRPA) подразумева ризик за живот и здравље људи који су у опасности од пожара и експлозије (због малог броја експлозија у укупном броју ових догађаја у даљем делу рада користи се само израз пожар). Код дефинисања прихватљивог ризика доминантно у Европској унији (ЕУ), примењује се принцип ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*) ризици морају бити управљиви, тј. треба лобију да буде могуће установити их "што је могуће ниже". У земљама ЕУ, индивидуални ризик у индустријским објектима (професионални ризик), дели се на три основна нивоа: неприхватљив (нема активности без обзира на корист); прихватљив (људи спремни да раде како би се осигурале користи повезане са активностима, примењује се принцип ALARP), занемарљив - допуштен (ризик је прихватљив и нема потребе за доказивањем оправданости принципом ALARP). Нивои ових ризика (на пример: вероватноћа једног смртног случаја на 100000 становника у једној години ( $10^{-5}$ /год) или ( $10^{-6}$ /год) вероватноћа једног смртног случаја на 1000000 становника у једној години) за запослене су: неприхватљив  $10^{-3}$  (за становништво до  $10^{-5}$ ), прихватљив

$10^{-3}$  -  $10^{-6}$  (за становништво  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$ ), занемарљив - допуштен - већи од  $10^{-6}$ .

## 2. ПОДАЦИ И МЕТОДЕ

Правилно тумачење стања индивидуалног ризика од пожара у Републици Србији је могуће упоређивањем са подацима из других, пре свега земаљама, са сличним карактеристикама (број становника, клима, индустрија, начин градње објеката и др.). За анализу стања пожарног ризика у свету коришћена је база података Центра за пожарну статистику међународне асоцијације пожарних и спасилачких служби (International Association Fire and Rescue Services, STIF) (Brushlinsky и др., 2018).

За анализу стања пожарног ризика у Републици Србији коришћена је база података јединственог програма евиденције догађаја „ДОГ“ Министарства унутрашњих послова Републике Србије који је уведен од 1. јануара 2009. године. Подаци о пожарима за период од 2000 до 2009. године добијени су из евиденција Управе за ватрогасно - спасилачке јединице Сектора за ванредне ситуације МУП-а. За анализу броја становника коришћени су подаци Републичког завода за статистику - књига „Старост и пол“ - коначни резултати пописа становништва, домаћинства и станова 2011. године (7.186.862 становника у односу на 7.498.001 колико је било 2002.). Такође, према подацима Републичког завода за статистику, број становника за Републику Србију<sup>6</sup> био је у 2012 - 7199077; 2013 - 7164132; 2014 - 7114393; 2015 - 7076372; 2016 - 7040272; 2017 - 7001444.

До индивидуалног ризика од пожара ( $R_i$ ) долази се и помоћу следећих индикатора (Брушлински и др., 2011.):

- а)  $R_1$  - ризик за становника да се нађе у ситуацијама пожара у јединици времена. По правилу календарска година се користи као јединица времена. Израчунава се као количник броја пожара и становништва региона или земље (у нашем случају број пожара на 1000 становника земље у једној години)
- б)  $R_2$  - ризик да становник буде жртва (погине или буде повређена) при пожару у јединици времена - години. Израчунава се као количник броја погинулих ( $R_{2п}$ ) или повређених - траумираних  $R_{2т}$  и броја пожара у години (у нашем случају на 100 пожара у години);

Индивидуални ризик ( $R_i$ ) се израчунава као количник погинулих ( $R_{ин}$ ) или повређених-траумираних ( $R_{т}$ ) становника у пожарима и популације земље (региона) у одређеној години.  $R_i$  ризик карактерише вероватноћа реализације опасности - пожара, а ризике  $R_2$  и  $R_1$  карактеришу одређене импликације ове реализације.

<sup>6</sup> Сектор за ванредне ситуације МУП РС: boban.stevanovic@mup.gov.rs

Примењујући у уводу описан доминантан приступ ЕУ (пре свега Холандија и Велика Британија) при процени индивидуални ризик од пожара за становништво и територију, исти се дели у три нивоа (Брушлински и др., 2015) како је дато у табели 1.

Табела 1– Приказ три нивоа индивидуалног пожарног ризика доминантног у Европској Унији (адаптирано од Брушлински и др., 2015):

Врста ризика	Нивои ризика		
	оптималан	допуштен	повишен
$R_1$ (број пожара на 1000 становника)	0 до 2	2 до 4	4 до 8
$R_{2и}$ (број погинулих на 100 пожара у години)	0 до 0,79	0,79 до 1,57	1,57 до 8
$R_{2т}$ (број повређених/траумираних на 100 пожара у години)	0 до 1,99	1,99 до 4,99	4,99 до 8
$R_{III}$ (број погинулих на 100000 становника у години)	0 до 1,39	1,39 до 2,77	2,77 до 8
$R_{тIII}$ (број повређених-траумираних на 100000 становника у години)	0 до 3,8	3,8 до 7,6	7,6 до 8

### 3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА-ДИСКУСИЈА

#### 3.1. Основни показатељи индивидуалног ризика од пожара у свету

Пожарна статистика у свету (Brushlinsky и др., 2018) за период 2012- 2016. год. (за 42 земаља са приближно 1,4 милијарде становника) показују да је у просеку на годишњем нивоу било **3 498 804 пожара**, у којима се у просеку повредило **69 706** и изгуби живот **43 883** људи. То значи да у просеку, на сваких 1000 становника долазе два пожара, при чему на сваких 100000 људи погине 1,6 становника и буде повређено 5,1, а на сваких 100 пожара у просеку 0,6 становника погине и 1,9 буде повређено.

Средњи број погинулих у пожарима у једној години у земљама у свету у 21 веку, сврстаних у 5 група, приказани су у табели 2. (Брушлински и др. 2015)

Табела 2 – Средњи број погинулих у пожарима у земљама у свету

Група	Средњи број погинулих у години	Број земаља у групи	Земља
1	10000-20000	3	Индија, Пакистан, Русија
2	1000-10000	5	САД, Кина, Јапан, Белорусија, Украјина,
3	200-1000	20	Великабританија, Немачка, Индонезија, Бразил, Мексико, Турска, Иран, Пољска, Канада, Румунија, Литванија и др.
4	100-200	13	Аустралија, Чешка, Швајцарска, Бугарска и др.
5	Мање од 100	180	Земље у којима је погибија од 0 до неколико десетина становника у години

У табели 3 су дати основни подаци битни за одређивање индивидуалног пожарног ризика за 15 земаља у ближем или даљем окружењу Републике Србије, као и вредности ризика (оптималан, допуштен, повишен) упресечено за временски период 2012 - 2016. године. Из табеле. 3. Види се да највећи број пожара у односу на број становника - повишен ниво ризика

$R_1$  имају Аустрија, Бугарска и Кипар, оптималан ниво имају Чешка, Румунија, Молдавија и Белорусија а остале земље имају допуштен ниво. Повишен ниво просечног броја погинулих на 100 пожара у години ( $R_{2п}$ ) имају Белорусија и Молдавија, допуштен ниво има Румунија а све остале земље имају оптималан ниво.

Када је у питању просечан број повређених - траумираних на 100 пожара ( $R_{2т}$ ), већина земаља има оптималан ниво, допуштен ниво имају Румунија, Мађарска, Молдавија и Белорусија, а повишен ниво има Чешка. Недопуштен ниво ( $R_{ин}$ ) просечног броја погинулих на 100000 становника имају Белорусија и Молдавија, допуштен Румунија и Пољска а све остале земље оптималан ниво ризика. Недопуштен ниво ( $R_{ин}$ ) повређених на 100000 становника имају Мађарска, Чешка, допуштен Словенија, Словачка, Србија, Румунија, Бугарска и Белорусија, а све остале оптималан.

Табела 3 – Основни подаци битни за одређивање индивидуалног пожарног ризика у земљама у ближем и даљем окружењу Републике Србије (адаптирано од Brushlinsky и др., 2018)

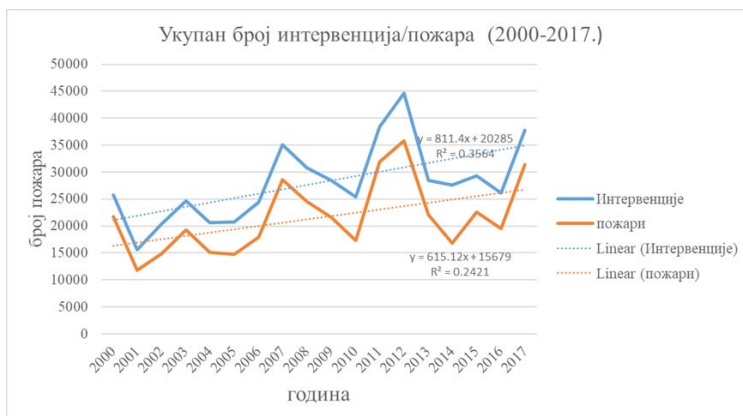
№	Држава	Број Становника (хиљаду становника)	Просечан број пожара	Просечан број пожара на 1000 становника у години – $R_1$	Просечан број погн. ( $R_{2п}$ ) /повређев. ( $R_{2т}$ ) приликом пожара			Ниво ризика											
					годишње	на 100 пожара $R_{2т}$	на 100000 становника $R_2$	Оптималан			Допуштен			Повишен					
								$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$	$R_1$	$R_2$	$R_3$			
1	Немачка	82 218	183716	2.23	391	0,2	0,5		x	x	x								
2	Италија	61 000	221441	3.63	222/1178	0.1/0,5	0.4/1,9		x/	x/	x								
3	Грчка	10 788	30 982	2.87	41/94	0.1/0,3	0.4/0,9		x/	x/	x								
4	Хрватска	4 290	9 907	2.31	26/96	0,3/1,0	0,6/2,2		x/	x/	x								
5	Аустрија	8 740	43 770	5.01	25	0,1	0,3		x	x								x	
6	Словенија	2 064	5 661	2.74	3/92	0.0/1,6	0.1/4,5		x/	x/	x		/x						
7	Словачка	5 412	14 413	2.66	44/ 232	0,3/1,6	0,8/4,3		x/	x/	x		/x						
8	Кипар	858	7 702	8.98	4/28	0,0/0,4	0,4/3,3		x/	x/								x	
9	Србија	7 119	23305	3,27	87 <sup>1</sup> /422	0,35/18	1,2/5,9		x/	x/	x		/x						
10	Чешка	10 579	18 186	1.72	118/1279	0,6/7,0	1,1/12,1	x	x/	x/								/x	/x
11	Румунија	20 121	30 709	1.53	375/658	1,2/2,1	1,9/3,3	x					x/	x/					
12	Мађарска	9 830	23 082	2.35	114/812	0,5/3,5	1,2/8,3		x/	x/	x	/x							/x
13	Бугарска	7 245	33 682	4.65	93/311	0,3/0,9	1,3/4,3		x/	x/			/x	x					
14	Пољска	38 454	153125	3.98	521	0,3	1,4		x		x		x						
15	Молдавија	3 553	1 931	0.54	124/50	2.5/2,6	4,2/1,4	x		/x		/x					x/	x/	
16	Белорусија	9 505	12 497	1.31	713/369	3,3/3,0	8,5/3,9	x				/x	/x				x/	x/	

### 3.2. Основни показатеља индивидуалног ризика од пожара у Републици Србији

Према званичним подацима МУП-а РС (Табела бр. 3) током 18 година (2000 - 2017) у Републици Србији је регистровано 503870 интервенција, од тога пожара (са незнатним бројем експлозија) 387400 у којима је 1574 становника погинуло, 6232 повређено и 5430 спасено (за период 2006 - 2015).

Полиномски трендови (графикон 1) са подацима за Републику Србији показују повећање како броја интервенција (коэффициент детерминације  $R^2=0,3654$ ), тако и броја броја пожара ( $R^2=0,2421$ ), при чему је мало већи тренд броја укупних интервенција у односу на тренд броја

пожара, што је у складу са повећањем надлежности Сектора за ванредне ситуације МУП-а. До повећања укупног броја пожара у посматраном периоду дошло је услед истрошености опреме, застарелости средстава за рад, технолошких недостатака и недовољног улагања у заштиту од пожара, нарушавања технолошке и радне дисциплине, непоштовања мера заштите при производњи, употреби и транспорту роба и услуга, неодговорном односу према отвореном и шумском простору, измењене климе, недостатка свих врста стручног кадра и недовољне обуке запослених и становништва (Бабић и др., 2013; Марић и др. 2016).



Графикон 1 – Динамика и тренд броја интервенција и пожара у Републици Србији у периоду 2000-2017.

Графикон број2. приказује динамику ризика  $R_1$  при чему полиномски тренд са коефицијентом детерминације ( $R^2=0,2841$ ) приказује повећање ризика  $R_1$ , или броја пожара на хиљаду становника Републике Србије.



Графикон 2 – Динамика и тренд ризика  $R_1$  (ризик за становника да се нађе у ситуацијама пожара у јединици времена - години) у Републици Србији

Анализом броја погинулих и повређених (графикон 3) долази се до закључка да постоји велика разлика у динамици и трендовима повређених и погинулих у пожарима у посматраном периоду. Полиномски тренд са значајним коефицијентом детерминације ( $R^2 = 0,7446$ ) приказује статистички значајно повећање броја повређених у пожарима и заслужује посебну пажњу и потребу за истраживање.

Полиномски тренд погинулих са малим коефицијентом детерминације (0,0826) показује да је дошло до повећања броја страдалих. Повећање броја страдалих бележи раст, посебно,

последње три године, а 2017 године је дошло до великог повећања броја погинулих - 132 (на грађевинским објектима са 79 у 2016. на 99 у 2017.; на отвореном простору са 10 у 2016. на 22 у 2017.; на саобраћајним средствима са 1 у 2016. на 11 у 2017.).



Графикон 3 – Динамика и тренд жртава (повређени, погинули, спашени) у пожарима за период 2000 - 2017. у Републици Србији

Графикон 4. приказује динамику  $R_{2n}$  у случају погибије од пожара. Полиномски тренд показује тенденцију  $R_{2n}$  у смањењу смртних случајева (кофицијенти детерминације  $R_2 = 0,1984$ ) на 100 пожара.



Графикон 4 – Динамика и тренд ризика  $R_{2n}$  (ризик да становник погине у пожару (100) по јединици времена - години) у Републици Србији

Анализирајући број становника (према проценама смањено се у периоду 2000 - 2017. год. за 496557 становника) и број погинулих у пожарима на 100000 становника (Графикон 5), може се доћи до закључка да је ризик од страдања на пожарима ( $R_{in}$ ) у истраженом периоду у малој мери повећао (кофицијент детерминације  $R_{in} = 0,1608$ ).



Графикон 5 – Динамика и тренд индивидуалног ризика  $R_{in}$  (ризик да становник погине због опасности - пожара, по јединици времена - години) у Републици Србији

Табела 4 – Основни показатељи индивидуалног ризика од пожара у Републици Србији<sup>7</sup>

Индекс	Година																			Укупно/ Просечно
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017		
Укупан број интервенци.	25757	15.564	20395	24664	20619	20726	24451	35036	30725	28411	25340	38329	44578	28443	27641	29370	26087	37734	503870	
Укупно пожара и експлозија	21735	11762	14892	19313	15097	14702	17886	28581	24493	21613	17308	31936	35757	22048	16805	22579	19521	31372	378400/ 21022	
Број погинулих у пожарима и експлозијама	82	68	84	94	89	94	89	86	93	86	81	85	95	62	73	90	90	132	1574/ 87,4	
Број повређених у пожарима и експлозијама	277	214	193	218	272	271	296	369	374	311	331	462	487	426	375	438	386	532	6230/ 346	
Број спасених							31	769	259	879	357	313	443	572	425	366	292	724	5430/ 452	
R <sub>1</sub>	2.89	1.50	1.98	2.56	2.00	1.95	2.38	3.87	3.30	2.93	2.37	4.43	5.03	3.10	2.35	3.02	2.77	4.45	2.93	
R <sub>2п</sub>	0.37	0.57	0.56	0.48	0.59	0.64	0.49	0.30	0.34	0.4	0.47	0.27	0.26	0.23	0.434	0.39	0.48	0.42	0.427	
R <sub>3п</sub>	1,091	0,9	1,12	1,25	1,19	1,26	1,2	1,16	1,26	1,17	1,12	1,18	1,32	0,86	1,02	1,26	1,27	1,88	1,195	

<sup>7</sup> Извор: База података јединственог програма евиденције догађаја „ДОГ“ Министарства унутрашњих послова Републике Србије

Табела 5 показује резултате анализе пожара са и без жртава. Од укупног броја пожара (2009 - 2017)

у 99,7% (217831) није било погинулих. У 0,3% пожара (641) био је један погинули, у 0,01% пожара (32) била су два погинула а у 0.0005% пожара (1) погинуло је 6 становника. Такође у 98,8% пожара није било повређених, у 1,02% пожара (2228) био је један повређен, а у 0,005% пожара (12) било је више од 7 повређених становника.

Табела 5 – Број пожара без и са погинулим и повређеним за период (2009-2017)

Број људи, погинулих на једном пожару	Број таквих пожара за период 2009 - 2017	Број тих пожара у %
0	217831	99.7
1	641	0.3
2	32	0.01
3	7	0.003
4	1	0.0005
5		0.0
6	1	0.0005
7 и више		
Укупан број пожара	218513	100
Број људи, повређених на једном пожару		
0	215833	98.8
1	2228	1.020
2	323	0.148
3	66	0.030
4	32	0.015
5	12	0.005
6	7	0.003
7 и више	12	0.005

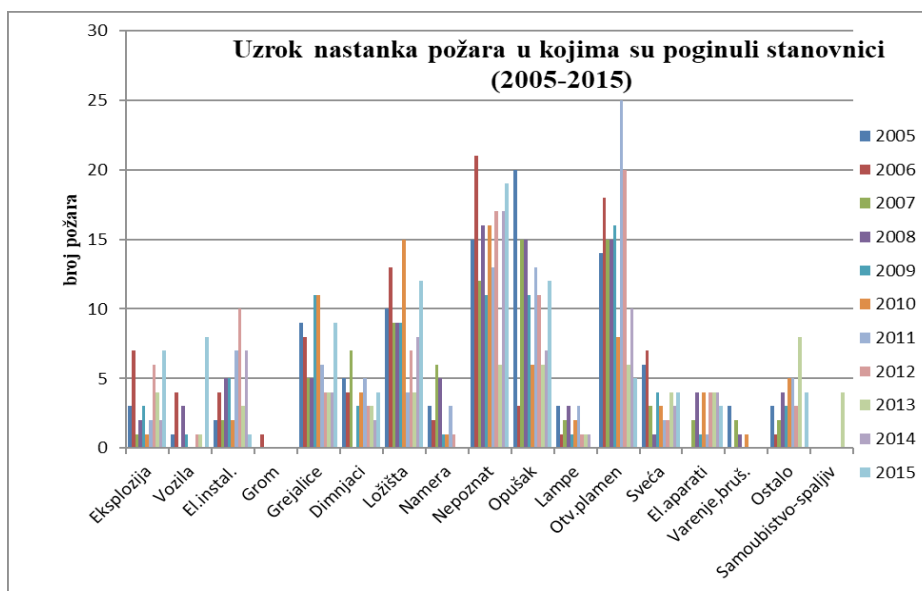
У табели 6 приказан је број жртава (погинулих и траумираних - повређених) у току дана за временски период 2009 - 2017. Анализа показује да је највеће одступање имају повређени у временском периоду 00,00 - 00,60 h. Закључивање о разлозима распореда жртава пожара у току дана захтева посебну анализу.

Табела 6 – Број жртава (погинулих и повређених становника) у току дана за период 2009-2017.

Доба дана	Број погинулих укупно/ просечно	Број повређених укупно/ просечно
00,00-00,60	181/20	8130/903
06,00-12,00	214/24	740/82
12,00-18,00	194/21,5	1128/125
18,00-24,00	146/16	702/78

У графикону 6 приказан је узрок настанка пожара у којима су погинули становници у Републици Србији за период 2005-2015. год. Најчешћи узроци пожара у којима су погинули становници су: отворен пламен, ложишта, грејалице, опушак од цигарете, неисправне електричне инсталације, а за значајан део догађаја није утврђен узрок пожара.





Графикон 6 – Узрок настанка пожара у којима су погинули становници за период 2005-2015

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У анализираном временском периоду од 2000 – 2017. године у Србији је просечни ризик  $R_1 = 2,93$  (на сваких 1000 становника долази по 2,93 пожара годишње), у пожарима и експлозијама је погинуло просечно 87,3 становника, односно  $R_2 = 0,427$  (на 100 пожара погинуло је 0,427 становника), што даје вредност индивидуалног ризика  $R_3 = 1,195 \times 10^{-5}$  (значи да на сваких 100000 становника годишње долази у просеку 1,195 погинулих у пожару).

Упоредивањем са подацима основних показатеља индивидуалног пожарног ризика у 15 земаља у ближем и даљем окружењу у Европи, за период 2012 - 2016. године, који су класификовани у три групе (оптималан, допуштен, повишен) Србија је у категорији  $R_1$  (број пожара на 1000 становника) сврстана у допуштен ризик, у категорији  $R_2$  (и погинули и повређени на 100 пожара у години) у оптималан ризик и у категорији  $R_{in}$  (број погинулих на 100000 становника у години 1,22) сврстана у оптималан ризик, а у категорији  $R_{it}$  (број повређених - траумираних на 100000 становника 5,9 у години) у допуштен ризик.

Анализа је показала да у 99,7 % насталих пожара нема погинулих а у 98,8% нема повређених. Најчешћи узроци пожара у којима су погинули становници су: отворен пламен, ложишта, грејалице, опушак од цигарете, неисправне електричне инсталације, а за значајан део догађаја није утврђен узрок пожара.

Мере за смањење ризика од пожара, предузете у наредном периоду од стране свих субјеката у Републици Србији, требају бити усмерене, пре свега, на смањење просечног ризика  $R_1$  из категорије допуштен у оптималан, односно са  $R_1 = 3,27$  на максимално  $R_1 = 2,00$  (на сваких 1000 становника максимално 2 пожара односно са у просеку 21000 пожара на 13000 у једној години) и смањење просечног ризика  $R_{it}$  повређених са садашњих  $R_{it} = 5,9$  на 100000 становника у години на  $R_{it} = 3,8$  (са садашњих просечно 422 на 271 повређених у току једне године). На крају треба напоменути да је европски идеал у управљању ризицима у техносфери да на пример индивидуални пожарни ризик буде  $10^{-6}$ , односно да на 1000000 становника у току једне године погине један становник од пожара, још увек далеко од остваривог (у Републици Србији је број погинулих је 12 пута већи - уместо да на 1000000 становника страда 1 становник, сада страда у просеку 12 становника).

## 5. ЛИТЕРАТУРА

1. Бабић, Ђ., Млађан, Д., „Анализа показатеља ризика од пожара и експлозија с посебним освртом на Републику Србију“, МУП РС - Часопис ”Безбедност”, Београд, година 2013 бр. 3, Стр. 117-129.
2. База података јединственог програма евиденције догађаја „ДОГ“ Министарства унутрашњих послова Републике Србије
3. Брушлински, Н. Н., Соколов, С. В., „Роль статистики пожаров в оценке пожарных рисков“, журнал Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций, 2011, стр. 112–124.
4. Brushlinsky, N. N., Ahrens, M., Sokolov, S. V., Wagner, P., World Fire Statistics, Center of Fire Statistics of CTIF 2018, №23.
5. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В., Евдокимов В.И., Иванова О.В. Статистический анализ гибели и травмирования людей при пожарах в странах мира и России (2008–2012 гг.) // Мед-биол. и соц. психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2015. No 2. С. 30–37
6. Марић, П., Млађан, Д., Стевановић, Б., Николић, Г.,: Анализа статистичких показатеља ризика од пожара и експлозија у Републици Србији, Зборник радова: 5. Међународна научна конференција „Безбедносни инжењеринг“ пожар, животна средина, радна околина, интегрисани ризици и 15 Међународна научна конференција „Заштите од пожара и експлозије“, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE и Универзитет у Новом Саду-Факултет Техничких наука у Н. Сад. Нови Сад, Нови Сад, 2016. страна 25-37.
7. Статистички годишњак Србије, Републичког завода за статистику Републике Србије за године: 2008, 2013 и 2014, 2015, 2016, 2017.

Бранко БАБИЋ<sup>1</sup>

## ЛОКАЛНА САМОУПРАВА И ПРОЈЕКТИ ИЗ ОБЛАСТИ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА

**Резиме:** Локална самоуправа (град и општина) као субјект одбране од пожара и катастрофалних догађаја, израђује пројекте - Планове у складу са Уставом Р.Србије, Законом о заштити од пожара, Законом о локалној самоуправи и другим подзаконским прописима. Основни документ који општина/град израђује представља План заштите од пожара који је уједно и полазни документ за израду свих Планова и Правила заштите од пожара субјектата који функционишу на територији општине/града. Проблема у изради ових пројектата - Планова има много. Посебно треба истаћи недостатак стручног кадра из области заштите од пожара на локалном и на новоу привредних субјектата општине/града, недовољна материјална средства за реализацију пројектата, недостатак свести о важности доношења законских докумената и недовољна едукација извршилаца планираних обавеза из области заштите од пожара, а посебно грађана. Рад детаљно обрађује обавезу општине/града на изради Плана заштите од пожара као и привредних субјектата у I, II и III категорији угрожености од пожара на изради Плана и Правила заштите од пожара на примеру једне општине у АП Војводина.

**Кључне ријечи:** пожар, планови заштите, субјекти заштите од пожара

## LOCAL SELF-GOVERNMENT AND THE FIRE PROTECTION PROJECTS

**Abstract:** The local self-governments (cities and districts), as subjects of protection against fire and catastrophes, create projects and plans that are in accordance with the Constitution of the Republic of Serbia, the Fire Protection Act, the Local Self-Government Act and other bylaw regulations. The main document that a city or a district creates is the Fire Protection Plan, and that is the starting point for all further plans and regulations regarding protection against fire on the territory of a certain city or district. There are, however, numerous problems in these projects and plans. It is necessary to point out the lack of professional workforce trained in protection against fire for individuals and companies in the city or district, as well as insufficient financial support for realizing these projects, lack of importance regarding law regulations and insufficient education of individuals in charge of planned duties in case of fire, which is problem with other citizens too. This paper meticulously deals with the obligation of a city or district to create adequate Fire Protection Plans, and the obligation of companies in the first, second and third category of vulnerability to create similar Fire Protection Plans and Regulations, all based on one district in the Autonomous Province of Vojvodina.

**Key words:** fire, protection plans, subjects of fire protection

---

<sup>1</sup> Доктор наука, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1,  
e-mail: babic@vtsns.edu.rs

## 1. УВОД

Статистика и пракса показују да се број људских жртава и настале материјалне штете настале од пожара и експлозија повећавају. Пожари и експлозије односе велики број људских живота, материјална добра одлазе у неповрат уз велико загађивање човекове околине. Нове технологије, и низ нових запаљивих и експлозивних материја, нови системи "брзе" изградње објеката уз максимално искоришћавања простора за изградњу, као и развој привреде, не прати и развој заштите од пожара. Досадашња искуства и стереотипна решења у борби против пожара нису довољна, а специфичност појединих технологија, као и урбаних средина, још више компликује овај проблем.

Наведени проблеми заштите од пожара захтевају да се они решавају плански, систематично и на вишем нивоу знања и искуства. То се постиже планирањем и пројектовањем заштите од пожара у чему треба да учествују стручњаци разних профила уз укључивање свих надлежних органа, ватрогасне службе и други учесници у реализацији програма заштите од пожара. Ако се у обзир узме да практично нема сегмента у свакодневном раду и животу у којем није садржана превентивна заштита од пожара, решавању овог проблема се мора приступити са посебном пажњом. Изабрани концепт заштите од пожара превасходно треба да елиминише узроке који погодују настајању пожара, затим, уколико да акцидента ипак дође, да спречи настајање људских жртава, и коначно, да насталу штету, како материјалну тако и еколошку, сведе на најмање могућу меру.

Планско решавање заштите од пожара има своју утврђену методологију. Основа је снимање постојећег стања у свим сегментима: просторног решења општине и околних насеља, решења инфра структуре, са посебном анализом саобраћаја, енергетских система, водоснабдевање, организовање ватрогасне службе, и друго на основу снимљеног стања и квалитетне анализе, врши се детаљна процена као основа за даље планско решавање проблематике заштите од пожара.

Важно је напоменути да на избор концепта утичу и економски мотиви, те да се прибегава оптималном разрешавању целог проблема. Искуства развијених средина у обиму инвестиционих улагања у заштиту од пожара показују њихову економичност, нарочито ако се то ради систематично, на бази планских решења. Свака општина, у осталом као и у свим осталим сегментима живота, треба да се организује и плански решава област заштите од пожара.

Општина која се обрађује, нема урађен План ЗОП, субјекти су делимично оспособљени за свој рад, недостаје део опреме за гашење пожара. У спровоњењу мера заштите од пожара примењују се постојећи закони, технички прописи, препоруке и стандарди. И поред тога што ову област дефинише велики број наведених норматива, постоје области код којих нису тачно дефинисане превентивне мере заштите од пожара, што би план требао да дефинише, односно, попуни празнине.

## 2. ЗАКОНСКА УРЕЂЕНОСТ

*Устав Републике Србије* дефинише да су локалне самоуправе општине, градови и град Београд и да се, између осталог, "старају о заштити животне средине, заштити од елементарних и других непогода и заштити културних добара од значаја за општину"[1].

*Органи јединица локалне самоуправе*, као и сва привредна друштва, друга правна лица и предузетници са њене територије, представљају основне субјекте система заштите и спасавања који у свом раду примењују начела заштите и спасавања - право на заштиту, солидарност, јавност, превентивна заштита, одговорност, а посебно поступност при употреби снага и средстава са територије са којом су задужени. Као једну од превентивних мера "израђују и доносе Процену угрожености и План заштите и спасавања у ванредним ситуацијама" у циљу

заштите и спасавања грађана, материјалних и културних добара и животне средине (Закон о ванредним ситуацијама) [2]. Привредна друштва и друга правна лица, у оквиру свог делокруга, имају обавезу заштите већег броја људи, дужна су да планирају, организују и спроводе мере и задатке заштите од пожара и за лица која су корисници њихових услуга а у складу са Законом и општим актима из области ванредних ситуација. Такође су дужна да израђују своје планове заштите и спасавања, где је саставни део и План заштите и спасавања од пожара [2]. Сви субјекти одбране, а посебно јединице локалне самоуправе, на основу Закона о ванредним ситуацијама, спроводе петнаест задатака цивилне заштите, посебно „заштита и спасавање од пожара и експлозија” која обухвата организацију и спровођење превентивних мера у свим срединама, а посебно објектима у којима се складиште запаљиве и експлозивне материје и просторима где постоји могућност настанка пожара [2].

**Закон о заштити од пожара**, између осталог, уређује систем заштите од пожара, права и обавезе органа јединица локалне самоуправе, привредних друштава, других правних и физичких лица (планирање, финансирање, организовање, спровођење и контрола мера и радњи заштите од пожара). Сви субјекти заштите од пожара су дужни ”да примењују мере заштите од пожара и експлозија, да обезбеде примену планова заштите од пожара и одговорни су за сваку активност којом мењају или могу променити стање и услове заштите од пожара” [3].

У свом раду јединице локалне самоуправе морају да обезбеде „заштиту живота људи, телесног интегритета, материјалних добара и животне средине”. То могу урадити само ако примењују прописана начела – превенцију, сталност, јавност, сарадњу, солидарност и одговорност [3].

Јединице локалне самоуправе организују и обезбеђују услове за спровођење мера заштите од пожара и пружање помоћи код отклањања односно ублажавања последица проузрокованих пожаром и доносе основни акт – План заштите од пожара [3].

Министарства унутрашњих послова на основу технолошког процеса који се у одвија у процесу производње; врсте и количине материјала који се производи, прерађује или складишти; врсте материјала употребљеног за изградњу објекта, врши категоризацију објеката, делатности и земљишта према угрожености од пожара (и обавезе субјеката) у следеће категорије:

1) са високим ризиком од избијања пожара – прва категорија угрожености од пожара – Привредно друштво односно друго правно или физичко лице, обавезно је да организује спровођење превентивних мера заштите од пожара, да обезбеди технички опремљену и обучену ватрогасну јединицу са потребним бројем ватрогасаца и да обезбеди адекватну опрему и уређаје за гашење пожара; да доносе План заштите од пожара; да уради План евакуације и упутства за поступање у случају пожара, који морају бити истакнути на видљивом месту.

2) са повећаним ризиком од избијања пожара – друга категорија угрожености од пожара – Привредно друштво односно друго правно или физичко лице обавезно је да организује спровођење превентивних мера заштите од пожара и стално дежурство са потребним бројем лица стручно оспособљених за спровођење мера заштите од пожара и обезбеди адекватну опрему и уређаје за гашење пожара; да доносе План заштите од пожара; да уради План евакуације и упутства за поступање у случају пожара, који морају бити истакнути на видљивом месту.

3) са извесним ризиком од избијања пожара – трећа категорија угрожености од пожара – Привредно друштво односно друго правно или физичко лице обавезно је да организује спровођење превентивних мера заштите од пожара са потребним бројем лица стручно оспособљених за спровођење мера заштите од пожара и обезбеди адекватну опрему и уређаје за гашење пожара; да доносе Правила заштите од пожара; да уради План евакуације и упутства за поступање у случају пожара, који морају бити истакнути на видљивом месту [3].

Основна обука из области заштите од пожара организује се за све запослене одмах по ступању на рад, а најкасније у року од 30 дана од дана ступања на рад. Програм основне обуке

доноси послодавац односно руководиоца државног органа, органа аутономне покрајине или органа јединице локалне самоуправе, по прибављеној сагласности Министарства. Провера знања запослених врши се једном у три године. Запослени су дужни да присуствују обуци и провери знања из области заштите од пожара и да се у раду придржавају прописаних упутстава, упозорења, забрана, мера заштите од пожара, као и да у случају пожара приступе гашењу пожара [3].

Лица која раде на пословима заштите од пожара дужна су да похађају посебну обуку из области заштите од пожара и положи стручни испит најкасније у року од годину дана од дана заснивања радног односа, односно распоређивања на послове заштите од пожара [3].

**Правилник о начину израде и садржају плана** заштите од пожара аутономне покрајине, јединице локалне самоуправе и субјеката разврстаних у прву и другу категорију, утврђује начин израде и садржај Плана заштите од пожара. Независно од доносиоца, План садржи: 1) приказ постојећег стања заштите од пожара; 2) процену угрожености од пожара; 3) организацију заштите од пожара; 4) предлог техничких и организационих мера за отклањање недостатака и унапређење стања заштите од пожара; 5) прорачун потребних финансијских средстава; 6) прописане прорачунске и графичке прилоге; подаци о броју ватрогасаца, техничкој опремљености и обучености ватрогасне јединице, односно организацији превентивних мера заштите од пожара, сталног дежурства и податке о броју стручно оспособљених лица за спровођење заштите од пожара [4].

Процена угрожености од пожара, најзначајнији елемент Плана заштите од пожара, представља поступак утврђивања нивоа угрожености од пожара или технолошке експлозије и заштитних мера. На основу процене угрожености одређују се мере за спречавање настанка и ширења пожара (превентивне мере), као и мере за успешно гашење [4].

План заштите од пожара за подручје аутономне покрајине и локалне самоуправе (општине и града) по својим деловима садржи [4]:

1) Приказ постојећег стања који обухвата техничке описе са расположивим подацима - 21 елемент,

2) Процену угрожености од пожара која – 10 елемената,

3) Организацију заштите од пожара – 5 елемената

4) Предлог техничких и организационих мера за отклањање недостатака и унапређење заштите од пожара – 12 елемената,

5) Прорачун потребних финансијских средстава – 2 елемента,

6) Прорачунске и графичке прилоге – 17 елемената.

План заштите од пожара за субјекте у првој и другој категорији угрожености од пожара по својим деловима садржи:

1) Приказ постојећег стања који обухвата следеће техничке податке са описима – 28 елемената,

2) Процену угрожености од пожара – 16 елемената,

3) Организацију заштите од пожара – 5 елемената

4) Предлог техничких и организационих мера за отклањање недостатака и унапређење заштите од пожара – 9 елемената,

5) Прорачун потребних финансијских средстава – 2 елемента

6) Прорачунске и графичке прилоге – 20 елемената

**Закон о локалној самоуправи** у члану 20. дефинише надлежност општине „19) организује заштиту од елементарних и других већих непогода и заштиту од пожара и ствара услове за њихово отклањање, односно ублажавање њихових последица”, „36) образује инспекцијске службе и врши инспекцијски надзор над извршењем прописа и других општих аката из надлежности општине” [5].

### **3. ПЛАНОВИ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА НА НИВОУ ЛОКАЛНЕ САМОУПРАВЕ И ПРИВРЕДНИХ ДРУШТАВА**

Предмет истраживања је локална самоуправа у АП Војводини која има око 17.000 становника, има субјекте заштите од пожара (привредна друштва и друга правна лица) који су разврстани у I, II и III категорију угрожености од пожара. До сада слична истраживања нису вршена на нивоу локалне самоуправе, па се са сигурношћу не може утврдити колики је степен припремљености субјеката заштите од пожара за деловање у случају пожара.

Припремљеност субјеката заштите од пожара за учешће у акцијама гашења од пожара добија данас посебно на значају. Радње и поступци који се изводе у превентивном периоду на изради потребних Плана заштите од пожара и у обуци субјеката ЗОП су веома значајне и битне за квалитетно, ефикасно, стручно и прецизно обављање постављених задатака на плану припреме субјеката ЗОП у спасавању људства и материјалних добара у разним временским и другим специфичним условима, а посебно у ванредним ситуацијама. Досадашња праћења израђености Плана и припремљености- оспособљености за спасавање од пожара темеље се углавном на основу оцена, које су се на крају сваке календарске године извеле на основу информација, извештаја и анализа о општој припремљености Плана ЗОП и за деловање у миру а посебно у ванредним ситуацијама. Оцене су се изводиле на основу општих показатеља у погледу контроле Плана, изведене обуке и укупних стања опреме и средстава за спасавање од пожара. Имајући у виду горе наведено, може се поставити оправдано питање: “У којој мери су локалне самоуправе и субјекти ЗОП припремљени за деловање у ЗОП и да ли је садашњи начин оспособљавања адекватан,?”

#### **3.1. Списак објеката II категорије угрожености од пожара**

У складу са Законом о заштити од пожара, а у циљу утврђивања одговарајуће организације и предузимања мера потребних за успешно функционисање и спровођење заштите од пожара, Министарство врши категоризацију објеката, делатности и земљишта према угрожености од пожара у зависности од технолошког процеса који се у њима одвија; врсте и количине материјала који се производи, прерађује или складишти; врсте материјала употребљеног за изградњу објекта; значаја и величине објекта и врсте биљног покривача. Објекти, делатности и земљишта разврставају се у следеће категорије:

- 1) са високим ризиком од избијања пожара – прва категорија угрожености од пожара;
- 2) са повећаним ризиком од избијања пожара – друга категорија угрожености од пожара;
- 3) са извесним ризиком од избијања пожара – трећа категорија угрожености од пожара.

С обзиром на наведене критеријуме према угрожености од пожара МУП РС, Сектор за ванредне ситуације, надлежна Управа за ванредне ситуације је разврстала правна лица општине у II категорију угрожености од пожара:

Табела 1 – Списак правних лица разврстаних у II категорију угрожености од пожара

Ред. број	Делатност
1.	производни погон грађевинског материјала – стиропора, постоји мазутна подстаница и подстаница ТНГ-а са резервоарима
2.	производни погон алкохола са складишним простором
3.	производни погон производа од гуме
4.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива
5.	дорадни центар семенске робе и складиштење
6.	дистрибутер природног гаса, поседују градску топлану на гас
7.	млинска индустрија, производња брашна
8.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива
9.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива
10.	јавна бензинска пумпа
11.	огранак бензинска пумпа
12.	огранак бензинска пумпа
13.	област деловања пољопривреда, поседују складиште пољопривредних култура и интерну пумпну станицу дизел горива
14.	ауто мото клуб - поседују јавну пумпну станицу течног нафте гаса
15.	силоси за смештај пољопривредних култура
16.	основна школа
17.	основна школа
18.	основна школа
19.	основна школа
20.	гимназија
21.	центар за физичку културу
22.	дом здравља
23.	производња металних конструкција
24.	област деловања пољопривреда са силосима и сточарство
25.	хладњача
26.	обрада металних конструкција
27.	производња и откуп пољопривредних производа, продаја семенске робе и заштитних средстава, складиштење житарица
28.	фабрика намештаја
29.	бензинска станица
30.	сабирно гасна станица и когенерација
31.	нафтно поље
32.	трафостаница ТС 35/20 kV
33.	разводно постројење ТС220/110/35 kV

### 3.2. Списак субјеката у којима постоји опасност од пожара и експлозија

На основу дописа надлежне Управе за ванредне ситуације, дат је преглед субјеката – привредних друштава и других правних лица за који се израђују планови заштите и чија инфраструктура представља највећу опасност по становништво, материјална добра и животну средину на подручју општине.



Табела 2 – Преглед субјеката - привредних друштава и других правних лица за који се израђују планови заштите и чија инфраструктура представља највећу опасност по становништво, материјална добра и животну средину на подручју Општине Србобран

Ред. број	Назив привредног друштва или другог правног лица (субјекта) и адреса	Урађен План -дата сагласност ДА - НЕ
1.	производни погон грађевинског материјала – стиропора, постоји мазутна подстанција и подстанција ТНГ-а са резервоарима	ДА
2.	производни погон алкохола са складиштим простором	ДА
3.	производни погон производа од гуме	ДА
4.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива	НЕ
5.	дорадни центар семенске робе и складиштење	ДА
6.	дистрибутер природног гаса, поседују градску топлану на гас	ДА
7.	млинска индустрија, производња брашна	НЕ
8.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива	НЕ
9.	земљорадничка задруга поседује интерну пумпну станицу дизел горива	НЕ
10.	јавна бензинска пумпа	НЕ
11.	огранак бензинска пумпа	НЕ
12.	огранак бензинска пумпа	НЕ
13.	област деловања пољопривреда, поседују складиште пољопривредних култура и интерну пумпну станицу дизел горива	ДА
14.	ауто мото клуб - поседују јавну пумпну станицу течног нафтог гаса	НЕ
15.	силоси за смештај пољопривредних култура	ДА
16.	основна школа	НЕ
17.	основна школа	НЕ
18.	основна школа	НЕ
19.	основна школа	НЕ
20.	гимназија	НЕ
21.	центар за физичку културу	НЕ
22.	дом здравља	НЕ
23.	производња металних конструкција	НЕ
24.	област деловања пољопривреда са силосима и сточарство	НЕ
25.	хладњача	НЕ
26.	општина	НЕ

Седам субјеката или 26,9% има одобрене Планове. Посебно је критично стање у установама образовања где ни један субјект нема План.

Најосетљивији објекти на пожаре су и стамбени објекти где у хидрантима нема опреме, недостају ватрогасни апарати, противпожарне степенице немају своју функцију (претворене у оставе) а у подрумском просторијама се налазе велике количине запаљивог материјала.

На територији општине се не налазе објекти у којима се складишти и третира опасни отпад, као и објекти који су Seveso постројење.

Само занемарљиви број стамбених објеката на територији општине, има исправну и сервисiranу хидрантску мрежу и опрему у хидрантским орманима, одговарајући број исправних и сервисirаних ватрогасних апарата, противпожарне степенице које су проходне и немају запаљиви материјал у подрумским просторијама.

На основу података и евиденције, у претходном периоду није било већих интервенција на гашењу пожара. На отвореном простору најчешће је обухваћено пожаром било ниско растиње, депоније смећа и контејнери, од грађевинских објеката стамбене зграде а највише интервенција је било на путничким друмским возилима – табела 3.

Опасност од пожара стално је присутна код бензинских станица лоцираних у прометним улицама стамбених делова.

Према класификацији степена опасности простора по препорукама комитета Европског осигурања УПЕА, објекат општине сврстава се у простор пожарне опасности ПО1, што спада у простор нормалног оптерећења Н2. Пожарно оптерећење објекта повећавају елементи унутрашњег ентеријера изведени од дрвених, пластичних, алуминијумских елемената, гуме, текстила и итисона којимсу обложени зидови сала и канцеларијског простора, акоји под утицајем пламена ослобађају велике количине продуката сагоревања.

Преглед пожара – узрока, на територији општине од 2008. до 2016. године дат је у табели 3.

Табела 3 – Преглед узрока пожара на територији општине

Узроци настанка пожара на територији општине	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Σ
Отворен пламен		3	2	3	2				1		11
Електрични проводни-ци(кратак спој и сл.)	1		3		2		1	1	3		11
Ложишта огњишта	1			1	3	1	1		1		8
Неутврђено	2	1			1					1	5
Електрични апарати-уређаји			1	1							2
Опушак од цигарете									1		1
Оштећења - кварови						1					1
Конструкцијски недостаци									1		1
Остали узроци	1										1
Брушење											
Самопаљење											
Заваривање											
Проводници загрејани услед преоптерећења											
Експлозије											
Природне појаве											
Грађевински недостаци											
Σ	5	4	6	5	8	2	2	1	7	1	41

### 3.3. Шумски комплекси (врсте шума, уређеност, проходност, начин експлоатације)

У околини општине нема шумских комплекса који потенцијално могу бити узрочници пожара. Шумски фонд је мали на територији општине. На основу статистичких података Републичког завода за статистику 44,97 ha су површине под шумом што чини шумовитост од 0,16%, која је изузетно мала у односу на просек шумовитости у Војводини. Постојеће шуме припадају друштвеном сектору. У простору су распоређене на више места, али нигде не чине неки већи шумски комплекс. Поред ових шума постоје и друге, које у катастру нису евидентирани. То су обично мањи засади, често самоникли, тако да не представљају неке значајније привредне и еколошке вредности.

Површине под ваншумским заштитним зеленилом се налазе у оквиру економија, салаша и ловних ремиза. Насељско зеленило је недовољно заступљено у свим насељима.

Подизањем ваншумског зеленила (ветрозаштитног и пољозаштитног) уз канале, путеве и у оквиру пољопривредног земљишта се може повећати шумовитост и уједно утицати на побољшање укупних микроклиматских услова. При подизању ваншумског зеленила је потребно водити рачуна о заштити канала и насипа, безбедности саобраћаја и исплативости подизања ових појасева на пољопривредном земљишту.

### **3.4. Производња и складиштење експлозивних материја и материја које могу да формирају експлозивну атмосферу**

На територији општине постоје складишта и то:

- Бензинска пумпа НИС: моторни бензин БМБ 95-20.171 литара максимална количина;  
Евро дизел – 20.225 литара; Евро дизел ултра – 19.879 литара и Гасно уље 0,1-30.204 литре,
- Бензинска пумпа „ДОО АЛМЕКС“ (бензин и ауто-гас)
- Приватна бензинска пумпа (бензин и ауто-гас)
- Приватна ауто гас пумпа поседују јавну пумпну станица течног нафтог гаса,
- Огранак бензинске пумпе из Темерина.

Највећи број бензинских станица лоциран је у прометним улицама самбених делова, где су опасности од пожара стално присутне. На територији општине налази се топлана са погоном на гас.

- производни погон алкохола са складишним простором,
- ЈКП – дистрибутер природног гаса,
- АД „НИС“ Нови Сад, сабирно гасна станица и когенерација,
- АД „НИС“ Нови Сад, нафтно поље ,
- ЈП Србија Гас.

Опасностима од ерупције нафте и гаса највише је угрожен простор око нафтних и гасних поља, што на подручју општине представљају лежиште нафте и гаса. У случају ерупције постоји опасност од пожара већих размера и ширења отровних гасова тј. хемијског загађења. Уколико настане ерупција без пожара, околина може бити загађена сланом водом, угљеводоницима, угљен диоксидом итд. Настајање неконтролисаних ерупција може се свести на најмању меру стриктном применом и поштовањем прописаних превентивних мера заштите и њиховим доследним спровођењем у свим фазама рада.

Пољски пожари се могу очекивати у атару углавном за време жетве и у случајевима паљења жетвених остатака (стрњижта) на отвореном простору.

На територији општине 26 субјеката је добило сагласност на локацију за смештај запаљивих течности и гасова.

## **4. ЗАКЉУЧАК**

Терен општине својом конфигурацијом може веома да утиче на постанак, а нарочито на развој и ширење пожара. На равничарском терену, као што је у општини, горење је много интензивније, а пожар потпомогнут осталим елементима много брже захвата већу површину. То је отежавајућа околност за житеље општине, али је повољна околност то што су ван општинских насеља, објекти за становање људи релативно на довољној удаљености да се ширење пожара не може правити ланчано. Управо је густина насељености саме општине (57

становника/km<sup>2</sup>) таква да иде у прилог томе наведеном. У општинским насељима, тај ефекат добија на тежини али је на територији општине карактеристична градња приземних објеката и једним спратом као и објеката за колективно становање - зграде од 2-4 спрата, па је тиме олакшано и гашење пожара, и спасавање и евакуација становништва. У центру општине постоји неколико вишеспратница у којима је отежано гашење пожара, као и спасавање и евакуација, али је истим објектима олакшан прилаз ватрогасним возилима, углавном са свих страна. У летњем периоду, у време суша, лако запаљиве су житне културе, које се лако шире уз "помоћ" најблажег ветра. Штета у свим врстама пожара има јако велики дијапазон, с обзиром да је и вредност појединих материјалних вредности јако различита (ако се упали стара штала-стаја са нешто сена и ако се упали складиште са фарбарским материјалом), па се она разликолико и креће.

Заштићена културна и материјална добра су такође угрожена од пожара.

Истовремено уз пожар и експлозију могућа је опасност од техничко-технолошких удеса. Могућност изливања опасних материја као и могућност настанка техничко технолошких удеса приликом транспорта опасних материја. Може доћи до ширења облака отровних гасова. Могућност ширења заразних болести. Директно се угрожава локално становништво и животињски фонд од мултиризика произведеног пожаром на објекту у индустријској зони, истовремено правећи ланчану реакцију пожара и експлозија на околним објектима са опасним материјама. Пожари директно утичу на деградацију земљишта уништавањем биљног света и корисних микроорганизама у земљи, а посредно и на животињски свет уништавањем њиховог станишта и извора опстанка. Ослобађање штетних материја приликом пожара угрожава ваздух.

Општина, као основни субјект у систему заштите од пожара, као и субјекти којима је одређена категорија угрожености од пожара, нису предузели законом прописане обавезе на плану заштите и спасавања својих грађана од пожара. Такође овој области се приступа селективно и непрофесионално, посебно од привредних субјеката који чак и немају законом прописан број оспособљених лица из ове области, а обуку својих запослених не врше по закону.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] „Устав Републике Србије”, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 98/2006.
- [2] „Закон о ванредним ситуацијама”, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 111/2009., 92/2011 и 93/2012.
- [3] „Закон о заштити од пожара”, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 111/2009. и 20/2015.
- [4] „Правилник о начину израде и садржају плана заштите од пожара аутономне покрајине, јединице локалне самоуправе и субјеката разврстаних у прву и другу категорију”, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 73/2010.
- [5] „Закон о локалној самоуправи”, „Службени гласник Републике Србије”, бр. 129/2007. и 83/2014.

Edisa NUKIĆ<sup>1</sup>

Edin DELIĆ<sup>2</sup>

## SPECIFICITY OF FIRE FIGHTING IN COAL OUTCROPS AND DUMPSITES WITH HIGH CONTENT OF MATERIALS PRONE TO SPONTANEOUS OXIDATION

**Abstract:** Fires that occur in coal outcrops or in dumpsites which are containing a high level of organic materials prone to spontaneous oxidation present a serious risk to safety, human health and the environment. Timely identification and extinguishing of fires below the ground level is an extremely complex process, and a series of such phenomena around the world lasts for decades, despite attempts to localize or eliminate them. These oxidation processes are causing toxic gases and vapors, impair air quality, soil erosion and general deterioration in the quality of life of a wider area around the mine or dumpsite. These fires cannot, in principle, be extinguished, but the firefighting is focused to the exclusion of one of the required fire elements (air flow or to lowering the temperature in massif). This paper presents monitoring system for fire parameters and their control in process of area rehabilitation in case study of the abandoned mine Vihovići near Mostar, where the fire lasted for years after mine closure due to cracks and coal propensity to oxidation.

**Key words:** fire, spontaneous oxidation, abandoned coal mine

## СПЕЦИФИЧНОСТИ ПРОТИВПОЖАРНЕ БОРБЕ СА ПОЖАРИМА У ИЗДАНАЦИМА УГЉЕНИХ СЛОЈЕВА И ДЕПОНИЈАМА СА ВИСОКИМ САДРЖАЈЕМ МАТЕРИЈА СКЛОНИХ СПОНТАНОЈ ОКСИДАЦИЈИ

**Резиме:** Пожари који се јављају у изданацким зонама угљених слојева или у тијелима депонија (одлагалишта) која садрже висок ниво органских материја склоних спонтаној оксидацији представљају озбиљан ризик за сигурност, здравље људи и околиш. Правовремена идентификација и гашење пожарних жаришта испод нивоа тла је изнимно сложен процес, а низ оваквих појава у свијету трају деценијама и поред покушаја да се локализирају или елиминирају. При оваквим оксидационим процесима долази до појаве отровних гасова и пара, нарушавања квалитета ваздуха, слијегања тла и генерално погоршања квалитете живљења ширег подручја око рудника или одлагалишта. Ови пожари се у принципу не могу угасити, већ се борба води на искључењу једног од фактора горења (дотока зрака или снижавања температуре у масиву). У раду је приказан систем мониторинга пожарних параметара и њихова контрола у процесу санације простора на студији случаја пожара напуштеног рудника Виховићи код Мостара, гдје је пожар трајао годинама након затварања рудника због пукотина и склоности угља оксидацији.

**Кључне речи:** пожар, спонтана оксидација, напуштени рудник угља

<sup>1</sup> PhD, Assistant professor, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, e-mail: [edisa.nukic@untz.ba](mailto:edisa.nukic@untz.ba), [edisa.nukic@gmail.com](mailto:edisa.nukic@gmail.com)

<sup>2</sup> PhD, Full professor, University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Univerzitetska 2, Tuzla, e-mail: [edin.delic@untz.ba](mailto:edin.delic@untz.ba), [dr.edelic@gmail.com](mailto:dr.edelic@gmail.com)

## 1. FIRES IN COAL OUTCROPS AND DUMPSITES

Fires in coal outcrops or in dumpsites located in mining or waste material disposal zones are, by their genesis, anthropogenic in terms of creating conditions for spontaneous oxidation. In abandoned massif oxidation processes occur spontaneously, and even occasional massif hydration by atmospheric, surface or groundwater may intensify oxidation processes.

From the early smoldering phase, which takes place at temperatures near surrounding massifs temperatures, oxidation develops in several phases until final appearance of large amounts of smoke. Open and intense flames are not happening often, and fires without visible flames and without sufficient amount of oxygen for complete oxidation are even more dangerous in terms of content and amounts of combustion products.

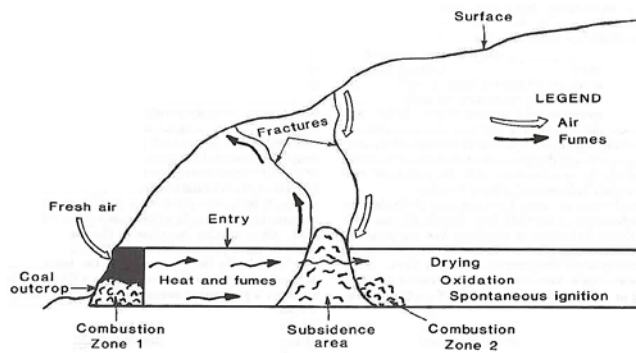


Figure 1 – Fire propagation in abandoned coal mine [1]

Underground coal fires occur when the coal is exposed to (or near) surface due to soil erosion. These fires spread over a coal seam, "fed" with oxygen through openings (ventilation, etc.) or through cracks in rocks. Underground fires can smoulder for a years or decades without surface manifestations and traces. Usually, it is very difficult to locate seats of these fires, and they can catch a significant part of the dumpsite body mass or cracked coal layers.

Oxidation processes in early phase release heat with favorable conditions for its accumulation, massif is drying and fracturing so it quickly achieves the effective porosity sufficient to allow the air as oxidant to reach the incandescent mass practically from all directions. In underground mines, often after the exploitation, large amounts of coal remain by the surface, and mines usually have a number of openings and cracks that represent a direct connection with atmospheric air. These fires can not, in principle, be extinguished, and if the "firefighting barrier" ceases to function, fires usually escalate.

Throughout the world, there are thousands of underground coal fires that are almost impossible to reach and extinguish. They are mostly recorded in China, India, Russia, USA, Australia, Venezuela, South Africa, and also in Germany, the Czech Republic, and Rumania, as well as in Bosnia and Herzegovina.

Laboratory analyzes of such oxidation processes products as well as field measurements shows that, depending on coal type, these fires release into the atmosphere carbon monoxide, benzene, toluene, sulfur and nitrogen compounds, and dozens of other toxins together with greenhouse gases methane and carbon dioxide. They are also causing soil pollution and landscapes degradation and roads destruction.

Red spots in Figure 2 denote centers (or a whole series) of coal or landfill fires.



Figure 2 – Coal fire map [8]

The Australian Burning Mountain (Mount Wingen) is the oldest fire of this kind estimated to last for about 6000 years. Several fires in the US, China and India have been active since the early 1990s. It is estimated that probably more than 250.000 coal fires are burning in Indonesia [2].

Due to fire under Centralia city in the US (Pennsylvania), which had been burning since May 1962 at a depth of about 90 m and over 15 km<sup>2</sup> of surface, the entire population had to leave the city. Authorities have given up the attempts to extinguish this fire, and according to estimates it could take another 250 years due to the amount of available fuel. There is also a dilemma about the cause of this fire: intentional burning of waste dump or a fire in coal mine Bast from 1932, which reached Centralia in 1962 [1,9].



Figure 3 – a) Warning sign at the site of former Route 61 in the city of Centralia; b) smoke, toxic gases and vapors burst beneath surface [9]

The coal fire in the mine Jharia, about 260 km northwest of Calcutta (India), is smoldering since 1916 and is estimated to have burned about 37 million tons of coal. In China, the world's largest coal producer, spontaneous combustion burns 100 to 200 million tons of high-quality coal each year (data from the Netherlands Institute for Geo-Information Science and Earth Observation) [2].

## 2. DEVELOPMENT PHASES AND INDICATORS OF SPONTANEOUS OXIDATION

### 2.1. Spontaneous oxidation development

Spontaneous oxidation of coal takes place through several phases depending on circumstances and conditions, and the most important are: *incubation stage* (coal is exposed to atmospheric air or other gas mixture rich in oxygen, at this stage heat is generated on coal surface with possible heat accumulation); *heating stage* (from ambient temperature to about 200 °C, pyrolysis of coal takes place and pyrolytic gases emerge); *reducing stage* (temperature rises from 200 to 550 °C, with intensified chemical reactions and hydrogen, methane, carbon monoxide and carbon dioxide extraction into the air); *oxidation and combustion* (starts at 550 °C when open fire and coal burning can be observed, and it only occurs if the critical temperature is reached with sufficient oxygen).

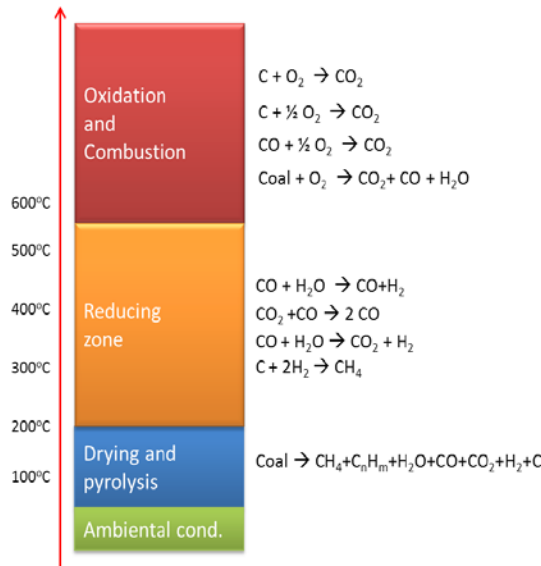


Figure 4 – Spontaneous heating and combustion proces [5]

## 2.2. Spontaneous oxidation risk indicators

Spontaneous oxidation process at an early stage is extremely difficult to follow and understand, especially in case when it's not clear where the seat of oxidation is, or if it catches larger surface or coal mass. Common oxidation indicators in standardized monitoring and risk assessment procedures are mainly reduced to regular monitoring of parameters:

- *Heating of fuel or surrounding areas (temperature increase)* – is the most common method for observation which also points to direct connection between coal oxidation process and temperature. It is necessary to bear in mind the fact that during measurement, temperature differences may be extremely large at relatively short distances from the oxidation center. The increase and decrease in temperature can be much more affected by biological and chemical activity, occurrence of groundwater, etc. It is necessary to interpret the temperature with great care and follow it in context with other indicators and vice versa.
- *Concentrations and quantities of produced carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)* – Carbon dioxide occurs during the entire coal oxidation process. It has a much higher specific weight than the air which can lead to the accumulation of this gas in the lower horizons, after being cooled to ambient temperature
- *Concentrations and quantities of produced carbon monoxide (CO)* – Carbon monoxide is one of the key indicators of the state of fire in coal mine. Timko and Derick (1995) have proven that the CO concentration depends on the amount of air moving toward the combustion zone and the difference in pressure of this zone and the atmosphere. CO presence is a proof of incomplete coal combustion, but this gas can be also present as a result of coal mass drying and pyrolysis and it continues to follow the development of spontaneous ignition at all stages.

As a prerequisite for early spontaneous oxidation indicators interpretation, it is necessary to monitor condition, trends and factors of parameters changes. During fire hazard early detection, as well as during oxidation parameters monitoring in localization or fire extinguishing process, it is of great importance to monitor and interpret a series of relative process indicators, as set out in following table.



Table 1 – Fire indicators

Fire Indicator	Description
Mass oxidation rate: $R_{coal} = 32,0271 V_{air} \frac{\%CO}{100} \text{ kg/min}$	This indicator indicates the quantity of matter involved in oxidation process, and its monitoring and comparison at different stages can be an indicator of process intensification.
Oxygen consumption (dissipation): $O_{2(a)} = 1 - \frac{O_2}{20,95}$	The relative ratio of oxygen concentration in mine atmosphere to oxygen concentration in atmospheric air indicates the percentage of oxygen consumed in oxidation processes. This is an important indicator, but it must be interpreted in a context with other indicators. It is possible that oxygen concentration in an isolated area is low even without oxidation process, and this does not mean consumption for oxidation.
Lack of oxygen (oxygen deficiency): $O_{2(a)} = 1 - \frac{O_2}{20,95}$	Indicates gas concentration reduction which is the result of oxidation process and penetration of other gases into coal mine atmosphere. Increased dissipation of oxygen is a sign that higher amount of coal is burning. Increase in this index means that pyrolysis process and oxidation “consumed” a greater amount of fuel. To eliminate influence of processes that have no direct connection with spontaneous combustion Timko and Derick suggested calculation in which the concentration of carbon monoxide would be divided with the oxygen dissipation.
Carbon monoxide ( <i>Graham</i> ) index: $ICO = 100 \frac{\%CO}{\Delta O_2}$	A method for estimation of heating intensity caused by incomplete oxidation of carbon monoxide. Graham’s index may serve to distinguish the heat and fire. Lama suggests that under normal conditions (without oxidation), this index should be below 0,4 and higher values indicate need for monitoring. At values of ICO greater than 1 it is possible to have intensified warming, and 2-3 warm-up can be characterized as serious. At values greater than 3 is possible to expect the existence of “fire hot spots”, and if values of ICO are 5-7 it is possible to have active fire in observed area.
Carbon dioxide ( <i>Young</i> ) index: $ICO_2 = 100 \frac{\%CO_2}{\Delta O_2}$	This index is CO <sub>2</sub> equivalent for Graham index. In case of oxidation with sufficient oxygen content, this index will grow, and the Graham index will not follow this trend.
Carbon dioxide “black dump” ( <i>Willet</i> ) index $IbdCO_2 = 100 \frac{\%CO_2}{\%CO_2 + \%N_2 + \%CH_4(ekv)}$	Willet index is the ratio between concentrations of CO <sub>2</sub> and black dump gasses (CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> & CH <sub>4</sub> ); Where: %CH <sub>4</sub> <sub>equivalent</sub> - methane equivalent of combustible gasses concentration. This index points to the character of the process, and its increase points to process intensification to possible expectation of an open flame.
CO/CO <sub>2</sub> index: $CO/CO_2 = \frac{\%CO}{\%CO_2}$	The high value of this index indicates spontaneous inflammation in conditions of lack of oxygen, causing a higher concentration of generated CO. The low value of this index may be due to low CO content, high content of CO <sub>2</sub> , or a combination of these two factors. A reverse situation is also possible.

Indicators for early detection of spontaneous oxidation process and its phase are relative indicators that can not be interpreted separately, and one measurement is usually not sufficient for interpretation. It is necessary to monitor these indicators continuously over a longer period of time, and changes that may indicate oxidation will certainly be reflected in indicators value.

Particularly important is the application of this procedure in fighting with oxidation, fire extinguishing, seat of fire isolation and restoration of ventilation in the event of an accident.

### 3. RISK MANAGEMENT OF SPONTANEOUS OXIDATION IN COAL MINE VIHOVIĆI – CASE STUDY

#### 3.1. Deposits, coal mining and spontaneous oxidation in Vihovići region

In the wider area of Mostar (north of the town), coal has been exploited for nearly 100 years, layer thickness 16 to 18.5 m (15.5 m clean coal), the decline of the layer was 8 to 15°, the fall direction was often changeable. Exploited coal was lignite with 16-20% of moisture, 18-22% ash and 3,5-4% sulfur. In the wider area of Vihovići, where underground coal spontaneous inflammation is registered, the coal has been excavated from underground mines but also by surface exploitation. Due to coal propensity to spontaneous oxidation, the risk of fire was present during the entire exploitation period.

The exploitation took place from the beginning of the 20th century to the nineties and war in this area when production was interrupted, and the equipment and all mine property was destroyed. Due to sudden suspension of production and new circumstances, the mine closure was not carried out in foreseen manner, and the area of open pit was used for individual, but also for organized disposal of municipal and other waste, thus becoming a city landfill.

Underground coal excavation was carried out by so-called "Mostar method" - a type of room and pillar method that results in large coal losses that remain unexploited. During the excavation, protective pillars are left between underground rooms as well as safety pillars for the railway line and the Neretva River. The city of Mostar is located only 500 m from the affected area and the Neretva River is about 450 m east. At the area of former open pit there is a lake with an area of over 7,000 m<sup>2</sup> of average depth of 35 m. As a consequence of mining at a site above the lake, coal burned in a layer at a depth of about 85 m. As a result of this combustion, a series of dangerous gases were produced: methane, carbon monoxide, carbon dioxide and others that endangered the wider area of Mostar.

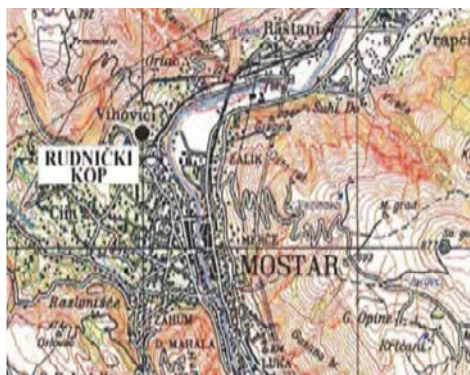


Figure 5 – Underground and open pit coal mines location [4]

Large amounts of waste rocks were deposited in coal mine zone during exploitation, and according to some estimates there are about 350.000 m<sup>3</sup> of coal waste left here.



Figure 6 – Coal fire at Vihovici mine site, Mostar [3]

In 2005, activities on Vihovići dump rehabilitation started within the framework of reprogramming the B&H (former SFRY) debt to Germany by converting it into "ecologically useful projects". In March 2008, investigation works were underway for underground fires sanation and in 2009 started an injection of water solution with ashes and sand. Although the first monitoring results showed that the fire was extinguished, measurements in 2012 showed that the coal burning process was not completely interrupted.

Activities in the second phase of rehabilitation were launched in 2011 with the aim of restoring the area and shaping it in such a way as to minimize penetration of oxygen into the underground and the possibility of spontaneous combustion of coal.

#### 4. CONDUCTED MEASUREMENTS IN VIHOVIĆI AREA

Oxidation process observations and measurements in Vihovići area practically lasted since the mine closure in period after 1996. Uncontrolled solid waste disposal in the area of surface exploitation resulted in establishment of "contact" of the landfill body with heated massif and their interaction in spontaneous oxidation process. Since rocks around coal layer are predominantly limestone characterized by a high degree of effective porosity, the mass of coal left in underground spaces and in former surface mine have been exposed to continuous contact with air and oxidation.

The first feasibility study was carried out in 2007, when soil and groundwater pollution was investigated and options for area rehabilitation were presented. The measures recommended by this study were implemented in following period, so that 68 exploratory boreholes were drilled for determination of oxidation processes, and injection of fly ash and water slurry for cooling and extinguishing coal fires. Four boreholes were left for future monitoring of oxidation processes. The new study was done in 2009.



Figure 7 – Monitoring boreholes and their distance [6]

Four monitoring boreholes are located on a relatively small area of about 11,000 m<sup>2</sup>, which represents less than 5% of registered zone of warming rocks (determined in conducted studies).

An analog thermometer connected to a 40 m long wire was used to measure the temperature in boreholes in this study. The MRU VarioPlus instrument was also used to measure ambient temperature; it is used also for gas analysis (in-situ analysis of O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub>). The gases were sampled from the boreholes and then analyzed in laboratory on the NDIR Maihak Unor 6N instrument. The air flow velocity is measured by an anemometer, while the static and dynamic pressure is determined by the Pitot tube.

#### 4.1. Temperature, gas and air flow measurements results

The measurements were performed at the time of recovery and geomechanical stabilization of the area, with the aim of inspecting the state and intensity of spontaneous oxidation in massif. Borehole temperature, as an indispensable process monitoring factor, was one of the most frequently controlled parameters, both through control measurements and between the measurement campaign. At adequate conditions of oxygen adsorption and hemisorption, the temperature rises 60-80 °C. Temperature measurement in the wells was carried out simultaneously on the boreholes B26, N6 and D10 (Figure 7) in order to measure at equal weather conditions (air temperature, speed and wind direction). The temperature measurement on the N9 borehole was performed using the same method as on previous three.

Gas analyzes are important to determine changes in incubation times. After the incubation period temperature rises, oxygen level drops while moisture level, CO and CO<sub>2</sub> increases. Gas measurements were carried out on all four boreholes, so that the wind speed and the direction were determined at the same time. Since the air temperature in Mostar was around 44 °C, and the soil was as high as 57 °C, which is outside the operating range of used instrument, the interpretation of fire indicators was based on laboratory analysis.

Airflow rate from the borehole may indicate a connection between active borehole and the openings (cracks, fractures, mine shafts). Air velocity and volumetric flow were determined by an anemometer and by Pitot tube (calculated).

Borehole D10 is passive and does not show signs of spontaneous combustion. Measurements on this borehole did not indicate airflow; gas concentrations and temperatures are mainly caused by outside conditions. This is a clear sign that there is no connection between the surface and the underground.

The results of measurements on B26 and N6 boreholes indicate low level activity. The measurements indicated lower concentrations of O<sub>2</sub> than in the atmosphere (10.93 to 15.10%), as well as increased CO<sub>2</sub> concentration (3.8 to 6.3%). No CO and CH<sub>4</sub> were recorded in samples tested in laboratory. In both boreholes, the appearance of water vapor condensation is evident, which is the obvious connection between temperature differences between borehole and the ambient temperature. The gas temperature is at critical value of 60° C so it can be concluded that pyrolysis takes place around the borehole, there is leakage from the surface and smouldering. The intensity of these processes is not significant, but in case of new cracks or large variations in temperature, the process could intensify.

The highest level of activity was recorded at the N9 borehole. The presence of CH<sub>4</sub> at a concentration of 1.26% and a CO/CO<sub>2</sub> index of 0.0238% were recorded at this borehole, indicating the pyrolysis and coal smouldering.

Based on volume flow measurement and CO concentration calculated by formula (Table 1 - R<sub>coal</sub>), it can be estimated that about 0.12 kg of coal is burning in one hour. This is not a large quantity, but in conditions of increasing air flow this process could be accelerated rapidly.

## 4.2. Calculated fire indicators results

Monitoring of fire indicators are to be primarily used for analyzing trends rather than making conclusions based on individual results [7]. Only by long time tracking and analysis it is possible to obtain a realistic picture of the oxidation processes. The measurements pointed to the fact that changes in weather conditions, pressure and temperature significantly influence the gases dynamics around boreholes (variations 25 to 27%).

An overview and comparison of fire indexes for different boreholes is given in following table:

Table 2 – Comparison of fire indexes for control boreholes

INDEX	DATE	BOREHOLE			
		B26	N9	N6	D10
DO <sub>2</sub>	22.7.2009	8,00%	2,12%	9,26%	0,00%
	12.11.2009	6,37%	2,96%	6,07%	0,00%
	4.12.2009	7,68%	4,59%	6,92%	0,34%
	19.3.2010	7,28%	3,30%	8,27%	2,51%
	15.7.2010	8,08%	10,81%	10,31%	0,17%
	27.9.2010	9,83%	9,57%	23,10%	5,23%
	11.7.2012	7,15%	13,50%	10,32%	0,79%
12.7.2012	6,30%	12,17%	10,75%	0,95%	
COAF	22.7.2009	0,00000%	0,00000%	0,00000%	0,00000%
	12.11.2009	0,00000%	0,00000%	0,00094%	0,00000%
	4.12.2009	0,00014%	0,00028%	0,00014%	0,00000%
	19.3.2010	0,00000%	0,00000%	0,00021%	0,00000%
	15.7.2010	0,00000%	0,00013%	0,01307%	0,00040%
	27.9.2010	0,00000%	0,00113%	0,00000%	0,00000%
	11.7.2012	0,00000%	0,00251%	0,00000%	0,00000%
12.7.2012	0,00000%	0,00311%	0,00000%	0,00000%	
ICO Graham	22.7.2009	0	0	0	0
	12.11.2009	0	0	0,015362443	0
	4.12.2009	0,001822094	0,006093853	0,002022546	0
	19.3.2010	0	0	0,002539129	0
	15.7.2010	0	0,00120281	0,126070921	0,233811082
	27.9.2010	0	0,011708915	0	0
	11.7.2012	0	0,018511848	0	0
12.7.2012	0	0,025471713	0	0	
ICO <sub>2</sub> Young	22.7.2009	54,02788034	54,26591228	54,00920644	0
	12.11.2009	51,83692451	51,94764845	51,75758766	0
	4.12.2009	54,14223063	54,19176247	54,17533256	56,36771738
	19.3.2010	50,67261738	50,92533504	50,5407562	50,89862655
	15.7.2010	50,46556715	50,42549502	50,52534601	58,45277055
	27.9.2010	50,53490647	50,59923865	50,52142299	50,71291429
	11.7.2012	53,71321296	77,74976305	61,06208233	17,77035491
12.7.2012	63,95456278	89,06882821	66,03398376	2,102496715	
IbdCO <sub>2</sub>	22.7.2009	5,006373856	1,420103729	5,718860803	0
	12.11.2009	3,891968392	1,884253028	3,715137985	0
	4.12.2009	4,836092502	2,992079281	4,394710128	0,239385158
	19.3.2010	4,310747664	2,048031208	4,833499249	1,574028529
	15.7.2010	N/A	N/A	N/A	N/A
	27.9.2010	N/A	N/A	N/A	N/A
	11.7.2012	4,48702968	11,25673394	7,115428055	0,17565872
12.7.2012	4,746760895	11,88376277	7,971258561	0,025056377	
CO/CO <sub>2</sub>	22.7.2009	0	0	0	0
	12.11.2009	0	0	0,000296815	0
	4.12.2009	3,36538E-05	0,00011245	3,73333E-05	0
	19.3.2010	0	0	5,02392E-05	0
	15.7.2010	0	2,38532E-05	0,002495202	0,004
	27.9.2010	0	0,000231405	0	0
	11.7.2012	0	0,000238095	0	0
12.7.2012	0	0,000285978	0	0	

Borehole N9 can be identified as the most active due to registered concentrations of carbon oxides and calculated fire indexes. Low O<sub>2</sub> concentration of about 8%, high CO<sub>2</sub> concentration of about 11%

and relatively low CO concentration (25-31 ppm) indicate possible smouldering on coal surface. This process is conditioned by limited quantities of fresh air. The determined indicators in boreholes N6 and N9 clearly indicate that the oxidation process is not completely neutralized, and in the event of larger amounts of air flow into this area, spontaneous combustion process would intensify.

## 5. CONCLUSION

The fundamental methods for spontaneous combustion control in coal outcrops and dumpsites are based on timely detection and localization of process by neutralizing the atmosphere or reducing the effective porosity (preventing air intake) by injecting an agent with the aim of lowering temperature in seat of combustion by equalizing pressure at the endpoints of the oxidizing trajectory through the massif and other set of active or passive methods. Injecting adequate materials can be with multiple effects, cheap inert gases such as N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> or foam can be injected to extinguish these fires. If the oxidation process can not be interrupted, measures for its reduction are to be taken in such a way that the area is isolated or to divide a large combustion zone to a number of smaller ones.

As a key specificities of such spontaneous oxidation can be particularly distinguished:

- Spontaneous oxidation process takes place even at ambient temperatures and even at reduced oxygen content in the atmosphere. In technical practice it is considered that oxygen at concentrations above 8% in the air can support the oxidation, but this limit should be taken with great care and awareness that there is no temperature decrease in the affected massif even at lower oxygen concentrations.
- It is wrong to claim that „the fire is extinguished“ if spontaneous oxidation intensity is significantly reduced. A massif with high content of an organic substance, whether solid waste or coal, is able to accumulate and retain heat, and in case of oxygen inflows to intensify the process again.
- Absolute and relative state indicators need to be interpreted by analyzing their interrelationships within changes over time. The current measurements of individual parameters can lead to completely opposite conclusion, for eg change of airflow direction in control borehole can give quite another value of an indicator, and this has nothing to do with process intensity.
- When selecting a method of combating spontaneous oxidation in the massif of solid waste or coal, it is extremely important to recognize stage of the process by indicators, calculate the amounts of oxidizing materials, try to locate seats of fires and paths of fresh air and burning products, to perform a precise thermographic analysis, and based on a comprehensive consideration to choose an effective method of combating spontaneous oxidation.
- In the decision-making system in mining or public companies as well as in government agencies, response to spontaneous oxidation usually happens when it takes on larger proportions and when it begins to endanger working or living environment, lives, health or property. A large number of spontaneous oxidation proceses that last for decades around the globe indicate the seriousness of this problem, as the effects of extensive investments in lowering greenhouse effect and planet protection can be neutralized by spontaneous oxidation for a very short time from the aspect of global impacts.

Although measurements were carried out on a small number of boreholes that only covered a fragment of coal massif and remains of the solid waste dump, it was indisputable that selected indicators gave an insight into the oxidation status. There were no intensive changes in indicators during observations, and in particular no indications of processes that could indicate appearance of fire or a greater amount of fire products on the surface.

Indicators do not point out the intensification of the process, but it is evident that spontaneous oxidation in affected massif has only been „calmed down“, there is still a smoldering, which maintains

a higher temperature and generates oxidation products that affect indicators values in individual boreholes.

Due to low number of boreholes it is not possible to interpolate indicators and their changes in massif. For the interpretation of oxidation process, it is necessary to monitor continuously, analyze and compare indicators in order to make conclusions on the nature of process. The key parameters for underground oxidation processes detection must be collected in-situ with portable measuring devices but also by taking gases samples and their laboratory analysis.

Oxidation process in Vihović massif has been suppressed and has not been a threat to the environment over the last few years, but there is still a process that may escalate into a more intense oxidation process due to changing conditions.

Where this type of danger is immanent, it is rational to develop a system of continuous monitoring and rapid intervention to prevent fire propagation. Since oxidation processes in landfills, coal dumps or coal outcrops are a significant source of greenhouse gases and other negative environmental impacts, it is necessary to raise awareness of the complexity of this problem as well as of the objectively possible oxidation intensity control techniques.

## 6. REFERENCES

- [1] Ann G. Kim and Robert F. Chaiken (1993); *Fires In Abandoned Coal Mines and Waste Banks*. United States Department Of The Interior. Bureau Of Mines
- [2] Hamilton, Michael S., Richard O. Miller, and Alfred E. Whitehouse (2000); *The Continuing Fire Threat in Southeast Asia*. Environmental Science & Technology
- [3] Harbourdom GmbH, [www.coalfire.org](http://www.coalfire.org)
- [4] Journal of students at the Faculty of Civil Engineering, University of Mostar (2014). *Nestabilnost*
- [5] Ökten, G. & Didari, V. (1994). *Underground Gasification of Coal*. – in: Kural, O. (ed.) *Coal*. – Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey, 371-378
- [6] Rehabilitation of the Coal Mine Complex Vihovići, Mostar (2012). Fichtner Water & Transportation GmbH / ecoplan / OIKON. Germany
- [7] Timko, R.J. and R.L. Derick (1995). *Detection and Control of Spontaneous Heating in Coal Mine Pillars – A Case Study*. BuMines RI 9553
- [8] [http://www2.gi.alaska.edu/~prakash/coalfires/global\\_distribution.html](http://www2.gi.alaska.edu/~prakash/coalfires/global_distribution.html)
- [9] [https://en.wikipedia.org/wiki/Centralia,\\_Pennsylvania](https://en.wikipedia.org/wiki/Centralia,_Pennsylvania)



Мартина ПЕТКОВИЋ<sup>1</sup>,  
Драган КНЕЖЕВИЋ<sup>2</sup>,  
Иван СТАНКОВИЋ<sup>3</sup>,  
Акаид САТДАК<sup>4</sup>

## ЗАШТИТА ОД ШУМСКИХ ПОЖАРА

**Резиме:** Шуме су од кључног значаја за социјални, економски и еколошки развој. Шуме су угрожене деловањем различитих неповољних природних фактора. Штетне последице за шуму настају утицајем високих и ниских температура, топлотних таласа, јаких ветрова, олуја и великих снежних падавина. Шуме су у великој мери угрожене деловањем човека. Загађења из индустрије и разне врсте отпада имају последице на шуму и друге природне ресурсе. Међутим, највећи губици шума узроковани су деловањем човека кроз дрвну индустрију, илегалне сече, претварање шума у обрадиве површине и изазивањем шумских пожара. Шумски пожари представљају природну катастрофу и могу се дефинисати као неконтролисана, стихијска кретања ватре по шумској површини. Они представљају сталну опасност за губитак шума и шумског земљишта. Све учесталије појаве шумских пожара често попримају велике размере и, осим шума, угрожавају и пољопривредне културе, насељена места и људске животе. Битне су три фазе борбе против шумских пожара: превенција, откривање и гашење. У раду ће се обрадити тактика гашења шумских пожара, ако и мере заштите које треба предузети у циљу заштите шума од пожара.

**Кључне речи:** шума, пожар, шумски пожар, заштита од пожара, превенција, мере заштите, тактика гашења

## FOREST FIRE PROTECTION

**Abstract:** Forests are crucial for social, economic and environmental development. They are endangered by the action of various unfavorable natural factors. Harmful consequences for forests are caused by the influence of high and low temperatures, heat waves, strong winds, storms and heavy snowfalls. Forests are also greatly endangered by human activities. Industrial pollution and various types of waste have effects on forests and other natural resources. However, the greatest losses of forests are caused by the action of man through the wood industry, illegal logging, converting forests into arable land and causing forest fires. Forest fires represent a natural disaster and can be defined as uncontrolled, fierce fire movements along the forest area. They pose a constant threat to the loss of forests and forestland. Increasingly frequent occurrences of forest fires often take on great proportions and, besides forests, endanger agricultural crops, settlements and human lives. There are three important stages in the fight against forest fires: prevention, detection and extinguishing. This paper deals with the forest fire fighting tactics, as well as with protective measures that should be taken to protect forests from fire.

**Key words:** forest, fire, forest fire, fire protection, prevention, protection measures, fire fighting tactics

<sup>1</sup> Мр, Висока техничка школа струковних студја Звечан, Нушићева бр 6, Звечан, е-маил: martinaeco@yahoo.com

<sup>2</sup> МЦС, Висока школа LOGOS центар, Бишће поље 66, Мостар, е-маил: draganlknezevic@hotmail.com

<sup>3</sup> Дипл.инж. МУП, Сектор за ванредне ситуације Ниш, е-маил: stankovic.ivan.76@gmail.com

<sup>4</sup> Висока школа LOGOS центар, Бишће поље 66, Мостар, е-маил: draganlknezevic@hotmail.com



## 1. ЗНАЧАЈ ШУМА

Услед глобалног загревања и климатских промена, стварају се повољни временски услови за избијање пожара на отвореном простору. Сведоци смо чињенице да је последњих година број шумских пожара у свету у сталном порасту. Шумски пожари представљају велику опасност за шуме и шумско земљиште, насељена места и људске животе. Они наносе огромне штете здрављу људи, биљном и животињском свету и утичу на климу и привреду. Шумски пожари су глобални еколошки и економски проблем. У свету се просечно годишње региструје више од 50.000 шумских пожара који униште 400.000 ha шуме. За спречавање појаве шумских пожара, њихово гашење и санацију пожаришта неопходно је ангажовање свих институција и субјеката друштва на локалном, ентитетском и државном нивоу. Карактеристично за све балканске земље је да су редовно погођене пожарима у топлим и сувим раздобљима године, нарочито између маја и септембра када је регистрован највећи број пожара. Позиција шума у хоризонталној класификацији свакако утиче на степен ризика од пожара, брзину активирања и трајања пожара, те организацију гашења пожара и друге битне факторе [1].

Шума представља вишеслојан, изразито динамичан екосистем од великог значаја и комплексног утицаја на функционирање целе планете. Утицај шумских екосистема на функционирање биосфере је толики да је сигурно да без шума не би ни било живота на Земљи, бар не у облику који познајемо. Сложеност шума се огледа пре свега у њиховој израженој спратовности и разноврсној међусобној повезаности свих чланова животне заједнице.

Опште је позната улога шума у размени гасова у атмосфери. Велике количине угљен диоксида бива апсорбирано од стране дрвећа током процеса фотосинтезе, а истовремено се велике количине кисеоника враћају у атмосферу. Утврђено је да је улога шума у прочишћавању загађене атмосфере чак и важнија од њене функције у производњи кисеоника. Тиме шуме спречавају или барем успоравају ефекте „стаклене баште“ и прегрејавања Планете Земље, па тиме и мењање климатских услова. Без шумских екосистема врло брзо би започео процес огољавања терена и постепеног формирања пустиње. Оборине би се смањиле и дошло би до драстичног нарушавања биодиверзитета. То се већ догађа у многим деловима света где је услед губитка шумских пространа дошло до поремећаја и глади [2].

## 2. ШУМСКИ ПОЖАР

Шумски пожар је појава неконтролисане ватре и њено ширење у шумама, а он је узрокован природним или људским фактором који сагоревају шумску вегетацију. Може се појавити у неколико облика. Постоји подземни шумски пожар у којем се запале подземне насlage тресета и затим полако горе под земљом. Овај пожар је уједно и лакше санирати но када он дивља на површини. Шумски пожари постали су све чешћа појава, што је делом последица глобалног загревања услед кога су лета све топлија и сувља него раније, ветрови су све снажнији, а устаљеност кишних периода поремећена, али пре свега као последица крајњег људског немара и непажње а понекад и зле намере.

Облици ширења пожара у шуми су:

1. Конвекција – топлота се пење и загрева горње хладније слојеве
2. Радијација – топлота се преноси кроз молекуле ваздуха дифузно
3. Кондукција – топлота пролази кроз молекуле чврстог који се не померају [4]

Шумарство категорише шумске пожаре у три врсте: пожаре тла, где гори само слој хумуса али не и површинска вегетација, површинске пожаре у којима гори жбуње и опало лишће, а трећи појавни облик шумских пожара категорише сагоревање крошњи и целих стабала. Врло често се дешава да се два или три типа симултано одвијају на једном простору а њихови узроци могу бити различити.

Фактори који утичу на понашање шумских пожара су:

На развој пожара у шуми утичу три групе фактора:

1. Типови горивог материјала:
  - Ситни (лишће, четине, опала трава, гранчице, шишарке)
  - Крупни (лежевина, крупне гране, пањеви, сушике)
  - Зелени гориви материјал (вегетација која расте, зелена трава, жива стабла, жбуње)
2. Време:
  - Падавине – Вишак или мањак утиче директно на стање горивог материјала
  - Релативна влага ваздуха – претставља однос између стварне и могуће количине влаге у јединице запремине ваздуха.
  - Температура ваздуха – У тесној је вези са релативном влагом. Нагло опадање температуре доводи до кондензације влаге из ваздуха у јутарњим сатима.
  - Ветар – исушује гориви материјал подстиче пожар да интензивније гори - повећава снабдевеност кисеоником изазива брже и неуједначеније ширење пожара по површини преноси жишке и запаљене угарке преко пожарне линије на другу страну и изазива нове пожаре
3. Топографија:
  - Нагиб -што је терен са већим нагибом брже је напредовање пожара, јер топао ваздух исушује гориви материјал испред себе па се и пожар брже шири
  - Експозиција -најугроженије су јужне, југозападне и југоисточне стране
  - Надморска висина – на вишим надморским висинама је мањи ваздушни притисак, нижа релативна влага, већа количина падавина, јачи ветрови и испаравање [4]

Већина шумских пожара резултат су људске непажње или пироманије. Мањи број узрокују муње. Временски услови у многоме одређују подложност једног подручја пожарима. Најважнији фактори који утичу на појаву пожара су температура, влажност и количина кишног талога у току године. Ови фактори утичу на брзину и проценат исушивања запаљивих материјала а самим тим и на запаљивост шуме. Брзина и правац ветра утичу на брзину исушивања и распирују шумске пожаре услед већег прилива кисеоника. Ниво опасности од пожара може се предвидети разматрањем различитих климатских услова и њихових елемената у корелацији са уоченом запаљивошћу грана и лишћа на тлу; уколико су услови екстремни, приступ неовлашћеним лицима у такве шуме се строго забрањује [3].

Као што је речено, шумари могу намерно да запале унапред предвиђени део шуме, у брижљиво контролисаним условима, са циљем уклањања нежељеног отпада, у виду иверја и ситног грања које остаје на тлу после обарања стабала. То би омогућило обнављање шуме уклањањем ниског растиња и спречило нагомилавање запаљиве трулежи на тлу. Разноврсност популације биљака разних старосних доба које настаје после контролисаних шумских пожара повољно утиче на диверзитет флоре и фауне.

Поред ове сврхе, контролисани пожари служе за рашчишћавање неких делова шума ради добијања обрадивих површина или ради испаше стоке. При оваквом виду култивисања земљишта пољопривредници пале мање делове шуме ради узгајања житарица. Када се хранљиви састојци у земљишту утроше након неколико година, ове површине се напуштају и поступак се понавља на другој површини. На жалост, исто је било у примени и у пољопривредним радовима знатно већих размера што је уз непланско крчење шума довело до уништавања великих површина тропских кишних шума током 80-их и 90-их прошлог века.

### 3. ПРЕВЕНЦИЈА ШУМСКИХ ПОЖАРА

Мере за спречавање шумских пожара имају за задатак да спрече настанак пожара у шуми и да омогуће рано откривање насталог пожара гашењем у почетној фази.

Ово се може постићи изразом:

- Општег плана заштите шума од пожара
- Детаљног оперативног плана гашења потенцијалног пожара
- Плана гашења насталог пожара

Многе земље имају детаљне програме за заштиту од шумских пожара, а сви се заснивају на превенцији, противпожарним мерама и примени контролисаних ватре у сврху управљања земљишним и шумским површинама. Тако, иако се организације укључене у борбу против шумских пожара активирају у свим случајевима, неке пожаре треба само надzirати, јер су природни део екосистема. Апсолутно одсуство пожара може изазвати нежељене промене распрострањености неких врста биљака и дрвећа а и увећати акумулацију лишћа и гранчица на тлу што може да постане гориво за катастрофални пожар огромних размера који је тешко контролисати. Штавише, у неким националним парковима у којима је апсолутни приоритет очување природних услова без људског уплитања, пожари узроковани електричним пражњењима се не гасе, већ се само надзирају [5].

Предуслов за успешно гашење пожара јесте постојање добро развијене мреже путних комуникација.

Такође је потребно да се одржавају чистим сви приступни путеви рекама, потоцима, изворима, водоводу, акумулацијама како би им се у случају пожара пришло брзо. С обзиром да је у 98% случајева човек је узрочник шумских пожара, неопходно је обезбедити сва излетишта у близини шума изградњом ложишта и бурадима са водом за гашење пожара, као и да се на видним местим истакну знаци упозорења и забране паљења ватре током повишене опасности од пожара.

Један од најважнијих аспеката заштите од шумских пожара је систем лоцирања пожара превентивно замењује надзором из авиона, који уочавају прве праменове дима, мапирају их и надгледају даљи развој пожара. Пожаре тла, где гори хумус али не и растиње, тешко је гасити када се разгоре. Уколико слој хумуса није веће дубине, овакав пожар може се угасити водом или песком; међутим, највећи број се контролише ископавањем појаса око запаљеног подручја тако да се пожар сам од себе угаси услед недостатка горива. Површински пожари се спутавају рашишћавањем околног подручја од ниског растиња и трулежи на земљи или копањем бразди ради ограничавања простора. Пожари крошњи и стабала изузетно су тешки за гашење а локализују се или допуштањем да одређена површина потпуно изгори, гашењем великим количинама воде, праха или пене или се ограничава паљењем појаса шуме у заветрини тако да када шумски пожар досегне контролисано запаљени део – не шири се даље.

Опрема за гашење шумски пожара се може сврстати у две велике групе:

1. Опрема за гашење шумских пожара са земље у шта спада:

- Ручна (секире, косири, ашови, крампови, лопате, грабуље, моторне и ручне тестере, млатилице, напртњаче, леђне прскалице и баштенске кофе)
- Механизована (ограничена употреба због неприступачних терена)
- Гашења пожара водом
- За уклањања горивог материјала код пруга за гашење пожара
- Копања јаркова, преоравања и затрпавања горивог материјала
- Помоћна
  - Лична заштитна опрема (заштитни шлемови, маске, изолацијски апарати са компримованим ваздухом, рукавице, одећа за заштиту од топлоте, чизме, чутурица са 1 л воде и таблете соли)
  - Опрема за осветљење (батеријске лампе, рефлектори)

- Опрема за сигнализацију (пиштаљке, сирене, мегафони, ракете и ракетни пиштољ)
  - Опрема за прву помоћ
2. Опрема за гашење шумских пожара из ваздуха:
- Dromader M-18
  - Canadair CL- (215) 415
  - Хеликоптери
  - Ми -8

#### 4. ТАКТИКА ГАШЕЊА ШУМСКИХ ПОЖАРА

Гашење шумских пожара је операција која захтева велико напрезање људи и средстава. Раније службе заштите до пожара са славим воденим пумпама малог притиска и протока могле су само да немоћно гледају дивљање ватрених стихија у нади да се неће приближити неком насељеном месту. Данас, ватрогасне екипе су много мобилније и технички боље опремљене, тако да могу брзо доспети на место где је пожар почео да се разбуктава. У неким развијеним земљама попут САД постоје тимови специјално обучених ватрогасаца који се падобранима спуштају у удаљене делове шума ради спречавања даљег ширења пожара.

Наравно, не треба запоставити и допринос напретка авијације; гашење шумских пожара из ваздуха специјализованим авионима и хеликоптерима је знатно унапредило ефикасност у борби против ширења ватре у природи [5].

Ширењу погодују биљке које наликују дугим травама које уз ветар дају додатну брзину пожару.

Методe директног гашења пожара се примењују код пожара који се споро шире (трава, лишће, жбуње и остали гориви материјал на земљи), код гашења бочних делова пожара и завршним фазама гашења и код свих мањих и већих пожара када топлота и дим не угрожавају људске животе. Најчешће се примењује у гашењу приземних пожара у лишћарским шумама или младим културама четинара.

Тактика гашења која се примењује је:

- Гашење чела пожара,
- Гашење опкољавањем пожара,
- Обухватањем пожара из позадине,
- Комбиновањем са природним и вештачким препрекама.

Техника гашења која се користи у овим случајевима:

- Хлађење горивог материјала,
- Одузимање ваздуха,
- Уклањање горивог материјала испред пламена.

Методe индиректног гашења шумских пожара примењују се у следећим случајевима:

- Код свих високих пожара и на критичним деловима ниских пожата где је горење интензивно а брзина ширења пожара велика,
- Код високих и ниских пожара који напредују према квалитетним шумама или важним објектима или насељима кад не постоје услови за директно гашење,
- Код пожара који се брзо шире а опрема и људство нису довољни за директно гашење (ако не можете да покријет чело пожара расположивим људством),

- Ако се у шуми могу користити ефикасно природне и вештачке препреке,
- Комбиновано са директним гашењем, при чему се делови са екстремним сагоревањем гасе индиректно а остали делови пожара директно,
- При гашењу подземних пожара.

Тактика гашења која се примењује у овом случају је:

- Израда пруге за гашење пожара уклањањем горивог материјала,
- Изградња пруге за гашење пожара заоравањем горивог материјала,
- Изградња пруге за гашење пожара паљењем горивог материјала – контра пожар,
- Формирање пруге за гашење пожара поливањем горивог материјала водом,
- Изградња пруге за гашење пожара копањем канала.

Технике које се користе у оваквим ситуацијама:

- Изградња пруге за гашење пожара ручном опремом и
- Изградња пруге за гашење пожара механизованом опремом.

Тактика гашења шумских пожара из ваздуха огледа:

- Малим авионима,
- Великим авионима,
- Хеликоптерима и
- Координацијом гашења пожара са земље и из ваздуха [4].

Иако до шумског пожара може доћи и природним путем попут удара грома ипак је кривац за већину пожара човек. Несавесни кампери, паљење отпадног материјала, бацање опушака у природу или пак превозна средства попут возова која понекад бацају искре при трењу метала су чести окидачи.

Иако је овај тип пожара углавном саниран пре него што стигне до страдања људи или оштећења објеката ипак оставља велике последице по шумски екосистем. Тло губи свој квалитет и храњиве ствари, животиње остају без својих домова или умиру заробљене између вагренних зидова. Пожари и естетски нагрђују крајолик иако је то мање битно. С временом ће се обновити, али брзина обнове зависи колико дуго је пожар трајао и је ли спалио и коријење биљака или се радило само о уништавању надземног дела.

Шумски пожари представљају једну од великих опасности које угрожавају производњу дрвне масе и ремете финансијску и биолошку равнотежу у шумском газдинству. Они представљају у одређеним околинама сталну и велику опасност за шуме и могу нанети шумском газдинству огромне штете. Подједнако угрожавају јавне и природне шуме. Јављају се на свим географским ширинама, под различитим климатским условима у развијеним и неразвијеним земљама, као и густо насељеним и ретко насељеним подручјима.

Штете од пожара настале уништењем дрвне масе увећавају се трошковима који настају непланирано обновом шуме. На многим теренима који страдају од пожара пошумљавање је немогуће, а тамо где и успе треба чекати 50 до 100 година да би се из шуме могло дрво искористити. Велики проблем представља и губитак заштитне улоге шуме, у првом реду заштита земље од ерозије и поремећај хидролошког система. Како су тла где се јављају пожари у минералном и механичком систему и структури варијабилна, с тим у вези различито су подложена штетном утицају пожара. Опожарено подручје које је остало без вегетације, под

утицајем климатских фактора врло брзо остаје без плодног тла, што отежава обнову састојине и успостављање биолошке равнотеже [5]. Пожари разарају органске ствари и настаје промена реакције тла. Оборине носе раскорљиве материје у тло, с тиме да се део тих материја задржава на површини, а део одлази изван домаћаја корена. Уколико се вегетација ускоро не развије, губици храњивих материја су ненадокнадиви. Пожари исто тако могу за кратко време изменити пејзаж, и умањити рекреацијски садржај, па чак изазвати психолошки немир код становништва.

## 5. ЗАКЉУЧАК

У наредном периоду очекује се стални пораст пожара на отвореном простору. То захтева чешће ангажовање већег броја учесника у акцијама гашења шумских пожара, који би уз добру техничку опремљеност, стручност и психо-физичку спремност, морали да познају све опасности које их очекују и примене све потребне мере безбедности, како би интревенисање било сигурније и успешније, а евентуалне опасности свеле на најмању могућу меру.

Дакле, као закључак се намеће да су шумски пожари понекада појава равна природним непогодама па чак и катастрофама уколико закаже људски фактор. Намерно изазвани шумски пожари јесу процедура која може имати корисне последице али се њиховој контроли мора приступити са огромном пажњом и спремношћу на адекватну и пре свега брзу реакцију. На жалост, у нашој земљи се дешавало да неопрезни пољопривредници палећи стрњиком изазову пожар који велики број добровољаца и обучених ватрогасаца угаси после много времена и уз много уложеног напора, а о штети нанетој шумарству и да не говоримо.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Милорад Веселиновић, Сања Миленковић; *Превенција шумских пожара* – Приручник за едукацију тренера – Институт за шумарство, Београд, 2007.
- [2] Damir Visković; *Zaštita od šumskih požara*, Završni rad, Visoka škola „LOGOS CENTAR“ Mostar, 2016
- [3] Драган Радишић; *Заштита од пожара и спасавање*, Факултет за безбједност и заштиту – Бања Лука, Бања Лука, 2017.
- [4] <http://data.sfb.bg.ac.rs/sftp/slobodan.milanovic/POZARI.pdf>
- [5] <http://www.forest.org.rs/files/10%20Koriscenje%20GISa.pdf>
- [6] <http://data.sfb.bg.ac.rs/sftp/vukasin.milcanovic/RIZICI%20PRIRODNIH%20KATASTROFA/PREzentacije/06-SUMSKI%20POZARI%202.pdf>

Дарко ЈОЦИЋ<sup>1</sup>

## УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ НА ВАТРОГАСНИМ ИНТЕРВЕНЦИЈАМА

**Резиме:** Ватрогасне интервенције спадају у догађаје који у себи садрже много различитих опасности, а самим тим и различитих ризика, од којих је већину тешко, па и немогуће предвидети. Управо због тога, квалитетно управљање ризиком на ватрогасним интервенцијама захтева пре свега велико знање из разних области науке и технике, као и значајно искуство у руковођењу ватрогасним интервенцијама.

У овом раду је представљен модел управљања ризиком на ватрогасним интервенцијама, помоћу којег такво управљање постаје готово у потпуности рационалан, односно логичан процес.

**Кључне речи:** опасности, управљање, ризик, модел, интервенције

## RISK MANAGEMENT DURING FIREFIGHTING INTERVENTIONS

**Abstract:** Most Firefighting interventions involve dangerous events and hazards which pose various risks. Many of these risks are difficult to predict with an absolute certainty.

It is therefore vital to recognize that the quality of the risk management during firefighting interventions requires first and foremost a sufficient knowledge from various fields in science and technology, as well as having a significant experience in the management of firefighting interventions.

This text provides/describes/explains a risk management model to be considered/ executed during such interventions and by following this model, the risk management practice becomes almost entirely a rational and logical process.

**Key words:** dangerous, management, risk, model, interventions

---

<sup>1</sup> Мастер инж., Ватрогасна бригада Нови Сад, Јована Суботића 11, darko.jocic.ns@gmail.com

## 1. УВОД

Изузетно је важно да у сваком тренутку приликом интервенције, руководиоца буде свестан редоследа приоритета (Слика 1.). Непоштовање овог редоследа може довести до несагледивих последица.

Примарна одговорност сваког руководиоца интервенције је пре свега безбедност ватрогасаца. Праћење безбедности ватрогасаца треба да се одвија константно током целе интервенције.

Ако ватрогасци не сачувају своје животе, ником неће моћи да помогну.

Руководилац мора да има динамички план управљања ризиком и да обрати пажњу да однос ризика и добити буде испоштован током целе интервенције.

Приоритети на интервенцији, према њиховом редоследу по важности су следећи:

- **Безбедност ватрогасаца,**
- **Безбедност угрожених лица,**
- **Стабилизација догађаја,**
- **Заштита имовине.**

Сваки од наведених приоритета на интервенцији у зависности од конкретне ситуације може постати тактички циљ, осим безбедности ватрогасаца.

Безбедност ватрогасаца се не може сврстати у тактичке циљеве јер је основни приоритет и заједнички именилац свих интервенција.



Слика 1 – Приоритети на интервенцији

## 2. ДЕФИНИЦИЈА РИЗИКА

Ризик представља могућност настанка догађаја са нежељеним последицама.

Постоји много врста ризика у зависности од тога где га препознајемо. Од ризика у банкарским пословима и пословима осигурања, где се ризикује новац, па до ситуација, као што су ватрогасне интервенције, где се разматра ризик по живот.

Оно што ствара ризик је пре свега недостатак информација, односно немогућност правовременог добијања свих релевантних информација. Разлог за недостатак информација је у суштини, чињеница да је будућност по својој природи неодређена.

Наравно, јасно је да је неке догађаје је могуће предвидети са веома великом тачношћу, док је неке друге, супротно томе, готово потпуно немогуће предвидети.

Ризик уопштено зависи од много фактора. Исказано језиком математике, ризик је функција различитих параметара:



$$P = \phi (X, V, E, \text{ЦЦ}, R, M, \text{П}, \text{Ц}, \dots)$$

где су параметри:

- X** - hazard / опасност (Hazard)
- V** - рањивост / повредљивост (Vulnerability)
- E** - изложеност (Exposure)
- ЦЦ** - издржљивост (Coping Capacity)
- R** - отпорност / жилавост (Resilience)
- M** - управљивост (Manageability)
- П** - вероватноћа (Probability)
- Ц** - последице (Consequences), и тако даље.

Очигледно је да процена ризика по учеснике на ватрогасним интервенцијама, решавајући ову сложу функцију, а при томе имајући у виду „трку са временом“, односно потребну брзину одлучивања, није изводљиво.

Због тога је потребно користити алат којим се може довољно брзо, а притом и довољно тачно, проценити ризик.

### 3. АЛАТ ЗА КВАНТИФИКАЦИЈУ РИЗИКА

Алат за процену ризика на ватрогасним интервенцијама (Табела 1) се заснива на анализи односа вероватноће и последица могућег штетног догађаја. Ови се параметри могу релативно брзо и тачно проценити, а на основу њих је могуће релативно тачно предвидети ризик по учеснике у ватрогасној интервенцији.

Дакле, ризик приликом ватрогасних интервенција посматрамо као однос вероватноће и последица од будућег догађаја.

Такође, пошто се околности на ватрогасној интервенцији стално мењају, процена ризика не може да се уради само једном, на почетку интервенције, него мора константно да се преиспитује, све време током трајања интервенције.

Такав начин процењивања ризика се назива **динамичка процена ризика**.

Табела 1 – Однос вероватноће и последица на интервенцији

<b>ПОСЛЕДИЦЕ</b>	Katastrofalne	5	5	10	15	20	25
	Značajne	4	4	8	12	16	20
	Umerene	3	3	6	9	12	15
	Male	2	2	4	6	8	10
	Neznatne	1	1	2	3	4	5
				1	2	3	4
			Gotovo neverovatno	Malo verovatno	Verovatno	Vrlo Verovatno	Gotovo sigurno
			<b>УЧЕСТАЛОСТ</b>				

У Табели 1 су последице и вероватноћа подељени у по пет категорија. Последице према томе могу бити:

1. незнатне,
2. мале,
3. умерене,
4. значајне и
5. катастрофалне,

Вероватноћа се дели на категорије:

1. готово невероватно,
2. мало вероватно,
3. вероватно,
4. врло вероватно и
5. готово сигурно.

Укрштањем ових категорија добијамо меру ризика и то:

- Изузетно мали ризик, од 1 до 3
- Мали ризик, од 4 до 6
- Средњи ризик, од 8 до 12
- Велики ризик, 15 и 16,
- Изузетно велики ризик, 20 и 25

Пошто је ипак немогуће потпуно прецизно одредити са којом вероватноћом ће се догодити нежељени догађај, као и које ће последице имати, у коначној истанци процена ризика на интервенцији зависи од знања и искуства руководиоца интервенције, а у мери која није занемарљива и од његове интуиције.

Међу ватрогасцима у Србији начелно постоји два дијаметрално супротна приступа према ризику.

Постоји мишљење, да ако ризик не можемо тачно да проценимо, боље је да га предимензионишемо, како би безбедност ватрогасаца увек била на највишем нивоу. Међутим, иако се на овај начин обезбеђује да безбедност ватрогасаца увек буде максимална, овај приступ доводи до тога да би могућност спашавања угрожених у пожару (или другом ванредном догађају) увек била минимална, а тиме основна сврха ватрогасаца не би била испуњена. Овакав приступ може да се сретне у неким мањим јединицама и готово увек је последица недовољног броја ватрогасаца који учествују на интервенцији, односно недовољног броја запослених ватрогасаца у јединици.

Други, у Србији далеко чешћи приступ, је да ватрогасци увек максимално ризикују. На овај начин се стварају ситуације у којима долази до непотребних повређивања ватрогасца и у случајевима када је ризик било апсолутно могуће заобићи у потпуности.

Да би се избегле грешке како прецењивања, тако и потцењивања ризика, потребно је да се у управљању ризиком на интервенцији има у виду шта је и у којим случајевима за ватрогасце ризик прихватљив.

## 4. ПРИХВАТЉИВИ РИЗИК

Прихватљиви ризик је ризик, који би ватрогасци требали да преузму, обзиром на очекиване резултате.

У NFPA 1500<sup>2</sup> је концепт управљања ризиком заснован на следећим принципима:

1. Ватрогасци треба да преузму велики ризик у ситуацијама када је потенцијално могуће спасити угрожене људске животе;
2. Ватрогасци треба да предузму акцију како би умањили или заобишли уобичајене ризике, ако је могуће спасити имовину<sup>3</sup>;
3. Ако није могуће спасити ни људске животе, ни имовину- ватрогасци неће ризиковати.

Сандардом NFPA 1500 није дефинисано шта подразумева потенцијално могуће спашавања људског живота и у којој мери.

Коришћење пет, уместо три категорије ризика (Табела 1.), донекле може олакшати ову у пракси веома тешку дилему приликом одређивања прихватљивог ризика на интервенцији, и то по следећем кључу:

1. Ватрогасци треба да преузму веома велик ризик када знају тачну локацију угрожених лица. Тачна локација угрожених лица подразумева да ватрогасци имају или визуелни или аудитивни контакт са угроженим лицима.
2. Ватрогасци треба да преузму велики ризик ако се зна или очекује да у објекту има угрожених лица, али се не зна тачно њихова локација.
3. Средњи ризик ватрогасци треба да преузму када је угрожена имовина од великог културно – историјског или научног значаја.<sup>4</sup>
4. Мали ризик треба да преузму када је угрожена остала имовна.
5. Ако није могуће спасити ни људске животе, ни имовину – ватрогасци неће ризиковати.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Ватрогасне интервенције спадају у догађаје који у себи садрже много различитих опасности, а самим тим и различитих ризика, од којих је већину тешко, па и немогуће предвидети. Управо због тога, квалитетно управљање ризиком на ватрогасним интервенцијама захтева пре свега велико знање из разних области науке и технике, као и значајно искуство у руковођењу ватрогасним интервенцијама.

У овом тексту је представљен модел управљања ризиком на ватрогасним интервенцијама, помоћу којег такво управљење постаје готово у потпуности рационалан, односно логичан процес.

Иако логично и рационално управљање ризицима на интервенцији, представљено у овом тексту, треба да буде циљ свим руководиоцима ватрогасних интервенција, такође се и поред тога не сме у потпуности занемарити значај интуитивног размишљања и одлучивања, које, када је одлуку потребно донети у ситуацијама где су прикупљене информације максимално непоуздане, може да одреди разлику између живота и смрти.

<sup>2</sup> NFPA- National Fire Protection Association је амерички сет стандарда у вези заштите од пожара; NFPA 1500 је стандард који се односи на безбедност ватрогасаца

<sup>3</sup> Што практично значи да треба да преузму мали ризик- Прим.аут.

<sup>4</sup> Имовина коју није могуће купити новцем.

## **6. ЛИТЕРАТУРА**

1. Grimwood P., EuroFirefighter, UK 2008.
2. Јоцић Д., Ладишић И., Милојевић С., Водич за руковођење интервенцијом приликом пожара у затвореном простору, Србија 2016.
3. Norman J., Fire Officer's handbook of tactics, 4th Edition, USA 2012.
4. NFPA 1500, Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program, Edition 1997, USA 1997.
5. Секулски Д., Ћосић Ђ., Попов С. и др., Увод у анализу ризика, Скрипта- радна верзија, Нови Сад 2012

Mensur FERHATOVIĆ<sup>1</sup>

Edvina ČEHAJIĆ<sup>2</sup>

Demir FERHATOVIĆ<sup>3</sup>

## NOVE TEHNOLOGIJE U VATROGASNOJ SLUŽBI – BESPILOTNI SUSTAVI

**Sažetak:** Tržište tehnologija povezanih s bespilotnim sustavima je široko, već sada vrlo razgranato i s mnoštvom neostvarenih potencijala. Mnoge velike tvrtke u raznim poljima industrije, građevine, poljoprivrede i šumarstva već su prepoznale uštedu vremena i operativnih troškova koju im omogućava primjena sustava bespilotnih letjelica u nadzoru, inspekciji te prikupljanju i analizi važnih podataka. Odabir nove tehnologije od presudne je važnosti za svaku djelatnost pa tako i za vatrogastvo. Budući da je vatrogasna djelatnost od općeg državnog interesa, neophodno je da vatrogastvo drži korak s razvojem novih tehnologija te da ih aktivno koristi u cilju unapređenja svojih aktivnosti usmjerenih na gašenje požara, spašavanje ljudi i imovine ugroženih požarom i eksplozijom kao i svih drugih aktivnosti kojima vatrogastvo ispunjava svoju misiju. Izuzev navedenoga, važnost primjene novih tehnologija u vatrogastvu leži i u iznalaženju mogućnosti za smanjenje rizika po zdravlje i život operativnih vatrogasaca na najmanju moguću mjeru.

**Ključne riječi:** bespilotni sustavi, nove tehnologije, vatrogastvo

## NEW TECHNOLOGIES IN FIREFIGHTING SERVICES – UNMANNED AERIAL VEHICLES

**Abstract:** The market of technologies associated with unmanned systems is broad, but now very diverse and with a multitude of untapped potential. Many large companies in various fields of industry, construction, agriculture and forestry have already recognized the savings of time and operating costs that enable them to apply unmanned aerial vehicles to oversight, inspection, gathering and analyzing important data. Choosing a new technology is of highest importance for every activity as well as for fire fighting. Since fire fighting activity is of general public interest, it is essential for the fire fighting services to keep up with the development of new technologies and to actively use it to improve its fire fighting, rescue operations and fire and explosion-related activities as well as all other activities used by fire services for fulfilling its mission. In addition, the importance of applying new technologies is to find ways to minimize health risks for firefighters to the smallest extent possible.

**Key words:** unmanned aerial vehicles, new technologies, fire fighting

---

<sup>1</sup> dr.sc. Mensur Ferhatović, Javna vatrogasna postrojba Grada Rijeke, Krešimirova 38, Rijeka; Udruga profesionalnih vatrogasaca Hrvatske, Ksaverska cesta 107, Zagreb, fermen1963@gmail.com

<sup>2</sup> Edvina Čehajić, bacc.ing.sec., F.M.KONZALTING d.o.o. Turkovo 14/2, Rijeka, edvina.cehajic@gmail.com

<sup>3</sup> Demir Ferhatović, D\_DRONING j.d.o.o. Turkovo 14/2, Rijeka, ferhatovic53@gmail.com

## 1. UVOD

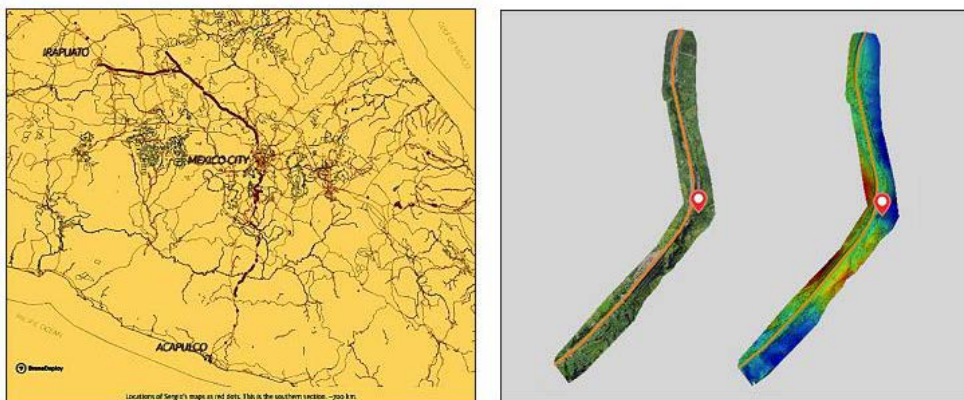
Bespilotne su letjelice (eng. Unmanned Aerial Vehicles, UAV, žarg. Drone) još prošloga desetljeća bile namijenjene gotovo isključivo vojnoj industriji, znanstvenoj zajednici te manjim skupinama entuzijastičnih modelara i hobista. Nagli razvoj i minijaturizacija tehnologije koja podržava ove sustave (pametni telefoni, senzori, kamere, grafički i procesorski čipovi, baterije, softver i sustavi za prikupljanje i analizu podataka, „cloud computing“ i dr.) i istodobna komercijalizacija sve profesionalnije i kvalitetnije opreme omogućili su usporedni razvoj sustava bespilotnih letjelica i njihov prodor u komercijalni civilni sektor. Usprkos brojnim legislativnim, etičkim i tehnološkim izazovima, bespilotne letjelice nalaze svoju primjenu u sve širem spektru civilnog djelovanja.

Tržište tehnologija povezanih s UAV sustavima je široko, već sada vrlo razgranato i s mnoštvom neostvarenih potencijala. Mnoge velike tvrtke u raznim poljima industrije, građevine, poljoprivrede i šumarstva već su prepoznale uštedu vremena i operativnih troškova koju im omogućava primjena sustava bespilotnih letjelica u nadzoru, inspekciji te prikupljanju i analizi važnih podataka. Pogodnosti upotrebe bespilotnih letjelica prepoznale su i interventne (žurne) službe.

Bespilotne letjelice predstavljaju veliki potencijal za razvoj vatrogasne službe kako u pogledu preventive, tako i operative i taktike. Njihova upotreba omogućava brzo i jednostavno prikupljanje podataka iz zraka pomoću kojih je moguće uštedjeti sate i dane rada ili analizirati podatke s fizički nepristupačnih područja.

## 2. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA ZA PROVOĐENJE PREVENTIVNIH MJERA ZAŠTITE OD POŽARA

Najraširenija komercijalna primjena ovih letjelica je za nadzor i snimanje terena za naknadnu obradu slika. Jedan komercijalni primjer takvog uspješnog mapiranja terena jest projekt mapiranja cestovne infrastrukture koje su 2013. godine za vladu SAD-a izvršili meksička tvrtka za nadzor Skylab u suradnji s proizvođačem softvera za 3D mapiranje i podršku bespilotnim letjelicama DroneDeploy. Zajedničkim su snagama mapirali preko 1000 km cestovne infrastrukture. Za mapiranje je korišteno 5 letjelica Phantom III Professional kineske tvrtke DJI. Tvrtka DroneDeploy je obradila preko 120000 dobivenih snimki – i ugovaratelju isporučila rezultat: ortofoto i digitalni model terena (DSM, Digital Surface Model).



Slika 1 – Mapirana fotografija ceste (lijevo) i ortomozaik i DSM model (desno), Izvor: [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1\\_pdf/166.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/1_pdf/166.pdf)

Za uspješnu i pravovremenu intervenciju gašenja požara otvorenog prostora (šumski požari) vrlo je važno poznavanje terena zahvaćenog požarom u svrhu planiranja akcije gašenja. Kako bi se omogućio pregled terena i spriječio gubitak dragocjenog vremena na izviđanje i pronalaženje pristupnih puteva ili prepreka na licu mjesta, potrebno je izraditi 3D mapu štice teritorija kojom bi se zabilježili vatrogasni putevi i prolazi, prohodnost područja, područja od posebne opasnosti za vatrogasce (litice, minska polja i dr.), i slično. Mapiranjem bi se omogućilo predviđanje i planiranje tijekom intervencije, kretanje vatrogasnih vozila i opreme, određivanje požarnih sektora te korištenje zabilježenih prirodnih prepreka i resursa na tom području a sve u svrhu povećanja sigurnosti učesnika u gašenju požara i smanjenja materijalnih i nematerijalnih posljedica.

Prema programu provođenja preventivnih mjera zaštite od požara u ljetnim mjesecima kada je požarna opasnost višestruko veća, obavezan je redoviti obilazak prostora povećane požarne opasnosti. Navedeni prostori su u najvećem djelu teško pristupačni ili nepristupačni te zahtijevaju angažman nekoliko vatrogasnih posada i vozila. Takve aktivnosti iziskuju povećanje resursa u vidu brojnosti vatrogasaca i vatrogasnih vozila što uvelike povećava troškove provođenja preventivnih mjera zaštite od požara u obliku nadzora nad zadanim područjem. Ovakav način nadzora ne garantira apsolutnu efikasnost jer ovisi o nekoliko faktora ( konfiguracija nadziranog područja, veličina, prohodnost i pristupačnost područja, ljudski faktor i dr.). Alternativa ovakvom načinu nadzora jest upotreba bespilotnih letjelica kojima se povećava efikasnost nadziranja područja obzirom da se snimkom iz zraka omogućuje široko područje pokrivanja, skraćuje se vrijeme potrebno za nadzor područja te su smanjeni troškovi (dnevnice, gorivo, amortizacija vozila).

### **3. PRIMJENA BESPILOTNIH LETJELICA NA VATROGASNIM INTERVENCIJAMA**

Mogućnosti primjene bespilotnih letjelica u vatrogastvu su velike i otvaraju prilike za značajan razvoj vatrogasne operative i taktike. Jedan od načina primjene koja se već koristi diljem svijeta jest snimanje područja u slučaju poplava ili požara većih razmjera. Ono što dron snima, u istom trenutku vidi se na ekranu smještenom u izdvojenom zapovjednom stožeru. Za vrijeme poplava tako će se omogućiti sagledavanje razvoja situacije od sata do sata što do sada nije bilo moguće pošto nije bilo načina da se ugroženo područje obilazi svakog sata. U slučaju šumskih požara moguće je sagledavanje veličine požara, načina, brzine i smjera razvoja požara te je shodno tome drastično olakšan odabir najbolje taktike gašenja. Uz pomoć toplinskih senzora i kamera informacije s požarišta se uživo prenose preko You-Tube platforme sa maksimalnim zakašnjenjem slike od 15 sekundi (puno jeftinija varijanta od satelita) na zapovjedno mjesto i jedinice na zemlji dajući sliku cijele situacije. Dronovi se također ističu kao izvrsno rješenje za lociranje kao i za određivanje taktike gašenja požara u minski sumnjivim područjima.

Osim navedenih primjena dronova pri vatrogasnim intervencijama na požarima otvorenog prostora, oni pružaju i vrlo značajne mogućnosti pri gašenju strukturnih požara. Prilikom gašenja požara visokih objekata vatrogasci imaju unaprijed određene procedure (standardni operativni postupak – SOP) koje je potrebno poduzeti prije samog početka gašenja požara čime se nastoji svesti potencijalne opasnosti po vatrogasce i druge sudionike na najmanju moguću mjeru. Zbog vrlo zahtjevnog pristupa koji se nameće u ovakvim požarima i SOP-a koji je potrebno izvršiti, vatrogascima protječe dragocjeno vrijeme do aktivnog početka gašenja požara. U ovakvim situacijama dronovi pružaju mogućnost da, uz određenu nadogradnju, može na sebi imati mlaznicu i razvući cjevnu prugu i na najveći kat nebodera u relativno kratkom vremenskom roku te se vanjskom navalom može započeti gašenje usporedno dok vatrogasci odrađuju SOP za visoki objekt.

Osim toga, postoje dronovi posebno razvijeni za potrebe spasilačkih operacija, prije svega u potrazi za unesrećenima prilikom požara u neboderima i sličnih katastrofalnih događaja. Takvi modeli,

uz vatrootpornost (može izdržati temperature do 1000°C/ vrijeme izlaganja 60 sekundi) posjeduju i sposobnost “puzanja” uza zidove, odnosno može letjeti tako da je okrenut bočno i potpuno naslonjen uz zid, što mu olakšava prolazak kroz uske i urušene prostore. Pomoću lokalizacijskih podataka i korištenjem termalne kamere dron može prepoznavati objekte i ljude u zadimljenim zgradama, te je u stanju pronaći i mjesto nastanka požara korištenjem tehnologije za procesiranje slike.

Dronovi su se do sada pokazali i kao učinkovito sredstvo pri traganju za nestalim osobama. Tom prilikom mogu olakšati rad spasilaca, povećati brzinu potraga te pridonijeti većoj sigurnosti i spasilaca i stradalih. Dron može detaljnije pretražiti područje, osobito ako je nepregledno, dok helikopter koji leti brzinom od oko 60 kilometara na sat ne ostavlja mnogo vremena spasiocima da brzo uoče objekt i reagiraju. Kamere koje nosi dron snimaju sve što „vide“ te šalju snimku, koju je moguće iznova pregledavati nekoliko puta te na taj način uočiti ukoliko je spasiocima nešto promaklo.

Još jedan od značajnijih načina upotrebe dronova u vatrogasnoj službi je mjerenje koncentracije kemijskih i drugih zagađenja te dodatno cijelog niza parametara koji su indikativni i neophodni prilikom intervencija.

#### 4. ODABIR BESPILOTNE LETJELICE

Pravilan odabir tehnologije koja će na najbolji mogući način zadovoljiti specifične zahtjeve je od ključne važnosti obzirom da tržište vrvi različitim modelima ovakvih letjelica. Proces donošenja odluke o tipu i konfiguraciji letjelice koja bi odgovarala određenoj namjeni prema karakteristikama leta i misije predmetne letjelice je složen proces višekriterijskog odlučivanja.

Odabir se tako vrši prema kriterijima konfiguracije (VTOL/HTOL), maksimalne težine pri polijetanju (koja uključuje korisni teret – senzore), istrajnosti leta, maksimalne visine leta (koja sugerira razinu autonomnosti), vrste korisnog tereta (integrirani ili modularni) i cijene sustava. Zahtjevi manevaribilnosti i istrajnosti su često suprotstavljeni konstrukcijskim rješenjima tih zahtjeva: konfiguracije se tako dijele na letjelice s rotorima (letjelice veće manevaribilnosti) i letjelice s fiksnim krilima (letjelice veće istrajnosti).

Letjelice s rotorima imaju sposobnost vertikalnog polijetanja i slijetanja, što je bitna karakteristika za primjenu. Takve letjelice u pravilu su male i manevaribilne, s četiri do osam rotora koje pokreću električni motori. Upravljanjem brzinom vrtnje rotora mogu se postići precizni manevri potrebni za pregled nepristupačnih struktura a u svrhu prikupljanja što kvalitetnijih i jasnijih zračnih snimki.



Slika 2 – Bespilotne letjelice i pripadajuća oprema, Izvor: obrada autora



Ove letjelice u pravilu imaju određeni stupanj autonomije u smislu izbjegavanja sudara i osnovne situacijske svjesnosti, no upravljanje njima je ograničeno na granicu vidnog polja. Ograničenje kapaciteta baterija uvjetuje i kratku istrajnost leta (od 10 min do 1 h) i smanjenu nosivost korisnog tereta. Letjelice s fiksnim krilima nemaju sposobnost vertikalnog polijetanja i slijetanja (VTOL), što znači da je za njihovo polijetanje potrebno ili lansiranje ili pista, a za slijetanje neki sustav za povrat letjelice ili pista za slijetanje.

Električni pogon letjelica uvjetuje i njihovu nosivost i istrajnost u zraku, koja je ipak, zbog konstrukcijskih razloga, općenito veća za konfiguracije s fiksnim krilima nego za multirotor sustave (50 – 110 min), što tim letjelicama omogućava prikupljanje podataka sa šireg područja nadzora. Također, letjelice s fiksnim krilima često posjeduju viši stupanj autonomije (potpuno predprogramirani let) i zahvaljujući svojoj produljenoj istrajnosti u zraku i sposobnosti leta izvan vidnog polja operatera, najčešći su izbor za misije mapiranja i nadzora. Svaka konfiguracija ima svoje prednosti i nedostatke. Sustav s fiksnim krilima može obići šire područje leta i ostati u zraku dulje ali ima specifične zahtjeve polijetanja i slijetanja koji mogu značajno smanjiti praktičnost primjene te konfiguracije u nekim situacijama. S druge strane, klasični multirotor sustavi često ne nude dovoljno veliku istrajnost leta i snagu dovoljnu za nošenje potrebnih senzora. Zanimljivo rješenje ovog problema ponudila je tvrtka Plurato iz Hrvatske. Letjelica Plurato Skycam je oktokopter na električni pogon koja se koristi za profesionalno snimanje iz zraka ima očekivano projektirano trajanje leta od oko pola sata s ugrađenim baterijama. Međutim, pomoću patentiranog i inovativnog sustava pametne namatalice ova letjelica može, spojena kabelom na izvor napajanja, ostati u zraku praktički neograničeno dugo, što joj omogućava primjenu u svim poljima nadzora i inspekcije. Ograničavajući faktor ove letjelice ipak ostaje njena fizička povezanost sa zemljanim stanicama. Shodno tome, prilikom nabavke drona za vatrogasne intervencije važno je nabaviti i dodatne baterije (ukupno 3) čime se osigurava istrajnost leta (npr. DJI Mavic Pro FLY MORE COMBO).

## 5. БЕСПИЛОТНЕ ЛЕТЈЕЛИЦЕ У ВАТРОГАСНОЈ СЛУЖБИ ХРВАТСКЕ

U Hrvatskoj je na snazi Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova Narodne novine, br. 49. od 6. svibnja 2015. godine. Ovim Pravilnikom propisuju se opći, tehnički i operativni uvjeti za sigurnu uporabu bespilotnih zrakoplova, sustava bespilotnih zrakoplova i zrakoplovnih modela te uvjeti kojima moraju udovoljavati osobe koje sudjeluju u upravljanju tim zrakoplovima i sustavima. Odredbe ovoga Pravilnika primjenjuju se na sustave bespilotnih zrakoplova s operativnom masom letjelice do i uključujući 150 kilograma, a koji se koriste u Republici Hrvatskoj. Sukladno članku 1. stavku 3. odredbe Pravilnika ne primjenjuju se na sustave bespilotnih zrakoplova kada se koriste za državne aktivnosti (vojne, policijske, sigurnosno-obavještajne, carinske, aktivnosti potrage i spašavanja, gašenja požara, obalne straže i slične aktivnosti ili službe). Odredbe Pravilnika se ne primjenjuju na vatrogasnu službu u tijeku vatrogasne intervencije no ukoliko se dronovi koriste u svrhu preventivnih mjera zaštite od požara, u tom je slučaju potrebno poštivati odredbe Pravilnika.

U Republici Hrvatskoj brojne vatrogasne postrojbe i dobrovoljna vatrogasna društva nabavljaju bespilotne letjelice. No, zbog još neutvrđenih razloga, dronovi u vatrogasnoj službi u Hrvatskoj još uvijek nisu dosegli zadovoljavajuću razinu primjene. Da bi se nabavka ove opreme isplatila i doprinijela zaštiti od požara, te da bi se iskoristio golem potencijal kakav ova tehnologija pruža, nužno je oformiti DRON timove unutar vatrogasnih postrojbi. DRON tim trebao bi se sastojati od dva do tri člana od kojih je dron operator zadužen za upravljanje i snimanje te jedan ili dva pomoćnika koji će pripremati dodatne baterije, kablove, vršiti nadzor opreme te sudjelovati u komunikaciji između operatora drona i operativnog centra. Obzirom da ova tehnologija napreduje velikom brzinom, važna uloga DRON tima svakako je i aktivno praćenje razvoja tehnologije, kontinuirana edukacija kao i bilježenje zapažanja koja bi mogla utjecati na daljnji razvoj ove tehnologije u korist vatrogasne službe. Budući rad proizvođača na razvoju proizvoda svakako ovisi o feedbacku i potrebama tržišta

pa je nužno ostvariti konstruktivnu komunikaciju s proizvođačima u cilju unaprijeđenja ovakvih sustava sukladno potrebama na terenu.

## 6. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da je ovakav sustav prekretnica u prevenciji i vatrogasnoj operativi i taktici jer, osim što pruža bolji pregled situacije zapovjedništvu, olakšano je utvrđivanje parametara od kojih zavisi koja taktika gašenja požara će se primijeniti, koliko će se snaga aktivirati zavisno o veličini požara te pregled već opožarenog područja. Uz pomoć toplinskih senzora i kamera, informacija se direktno šalje preko satelita u realnom vremenu na zapovjedno mjesto i jedinice na zemlji dajući sliku cijele situacije.

Tijekom dugotrajnih misija, vrlo je jednostavno zamijeniti pilota (dron operatera) bez prekidanja misije, te se pri letu u nestabilnim uvjetima leta ne ugrožava život pilota. Još jedna od prednosti ovakvog sustava jest da je nadgledanje u dužim periodima (24 sata i više) moguće jedino upotrebom bespilotnih sustava, pogotovo sa aspekta umora pilota i teškim uvjetima leta (vrućina, dim, vatra).

Ovaj će sustav donijeti revoluciju u protupožarnoj zaštiti, kako sa aspekta smanjenja troškova, povećanja efikasnosti sustava i rasterećenja osoblja koje sudjeluje u vatrogasnim intervencijama, tako i s aspekta zaštite zdravlja i sigurnosti vatrogasaca. Ovi sustavi zauzeli su poziciju zračnih snaga vatrogasne službe no da bi se dobio maksimalni učinak i iskoristilo sve mogućnosti koje ovi sustavi nude, neophodno je osposobiti timove koji će pružiti punu pozornost ovoj tehnologiji te biti u korak s njenim vrlo dinamičnim razvojem u vidu kontinuiranih edukacija, održavanja sustava, praćenja trendova kao i prepoznavanja specifičnih potreba korisnih za razvoj ovih tehnologija za potrebe vatrogasne službe.

## 7. LITERATURA

1. K.P., Vachtsevanos Valavanis, Handbook of Unmanned Aerial Vehicles.: Springer, 2015.
2. EENA/ DJI Pilot Project Report
3. *Pravilnik o sustavima bespilotnih zrakoplova, NN 49/2015.*, [http://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015\\_05\\_49\\_974.htm](http://narodnenovine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2015_05_49_974.htm) (lipanj 2017.)

Горан ЂОРЂЕВИЋ<sup>1</sup>

Михаило РАТКНИЋ<sup>2</sup>

Љубомир ЈАЦИЋ<sup>3</sup>

## ИЗБОР ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА СА ПОСЕБНИМ ОСВРТОМ НА ОПРЕМУ ЗА ГАШЕЊЕ ВОДОМ И ИЗРАДА КАРТА ПРИМЕЊИВЕ ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ

**Резиме:** Гашење шумских пожара је тежак и врло често непредвидив задатак. Успех сваке интервенције на гашењу шумских пожара зависи од многих фактора, а један од најважнијих је избор одговарајуће опреме за гашење шумских пожара. Оно што је врло важно знати је да се сви шумски пожари не могу гасити истом опремом, већ опрему треба бирати на основу елемената за конкретна подручја и врсте пожара јер ће само тако гашење пожара бити ефикасно.

**Кључне речи:** шумски пожар, опрема за гашење

## SELECTION OF EQUIPMENTS FOR FOREST FIRE EXTINGUISHING AND DEVELOPMENT OF APPLICABLE EQUIPMENT MAPS

**Abstract:** Forest fire extinguishing is a difficult and very often unpredictable task. Success of any forest fire extinguishing intervention depends on many factors and one of them is selection of appropriate equipment for extinguishing of forest fire. Very important fact is that all forest fires cannot be extinguished using same equipment. Selection of equipment must be based on elements of particular area and the type of fire and that is the only way for effective extinguishing of fire.

**Key words:** Forest fire, equipment for extinguishing

<sup>1</sup> др, МУП РС, Сектор за ванредне ситуације-одељење у Пожаревцу, [goranzop@gmail.com](mailto:goranzop@gmail.com), Партизанска 3

<sup>2</sup> др, Институт за шумарарство Београд, [mihailoratknic@yahoo.com](mailto:mihailoratknic@yahoo.com), Кнеза Вишеслава 3

<sup>3</sup> др, Висока школа струковних студија Пожаревац, [jacic@open.telecom.rs](mailto:jacic@open.telecom.rs), Немањина 2

## **1. УВОД**

Избор опреме и средстава за гашење шумских пожара је проблем који се мора решавати у целини, заједно са проблематиком спречавања, гашења и покушаја да се смање последице насталих пожара. Опрема и средства за гашење шумских пожара представљају саставни део целокупне организације гашења пожара, и у управљању ризиком у заштити шума од пожара имају велики значај.

Да би се опрема и средства за гашење шумских пожара могла правилно изабрати потребно је пре свега знати:

- шта и како може горети?
- ко, чиме и како ће се гасити?

Ако на ова питања нема адекватног одговора, тада ни избор и употреба опреме и средстава за гашење шумских пожара неће бити добра. Све врсте шумских пожара не могу се гасити истом опремом и средствима за гашење и сама ефикасност гашења зависи од правилног и адекватног избора опреме и средстава за гашење.

На избор опреме за гашење шумских пожара пре свега утичу: врста пожара, врсте вегетације, стање горивог материјала, топографске прилике, климатске прилике, стање путева (приступачност, проходност), начин смештаја опреме (централни смештај, могућност дисперзије), расположиво људство (професионални ватрогасци, добровољни ватрогасци, мобилисано грађанство, јединице цивилне заштите и слично).

Интезитет и брзина ширења пожара такође битно утиче на избор опреме.

Приликом избора опреме и средстава за гашење важну улогу имају планови и могућност за превентивно деловање и предузимање одређених радњи како пожар неби настао, односно и када настане да нанесе што мање штете.

Важан фактор у избору опреме и средстава за гашење шумских пожара има и тактика гашења и њена усклађеност са опремом и средствима за гашење, односно хоће ли тактика бити усмерена на спречавање ширења насталог пожара или директно деловање на гашење пожара. Сви ови елементи су међусобно зависни и имају интерактивну улогу.

## **2. МЕТОДЕ ГАШЕЊА ШУМСКИХ ПОЖАРА**

Шумски пожари могу се гасити применом следећих метода и од којих зависи и избор опреме и средстава за гашење:

1. хлађењем (поливањем водом, пеном, хемијским средствима пламена и гориве материје),
2. уклањањем горивог материјала (формирање противпожарних путева, просека и јаркова, склањање горивог материјала испред ватре, употреба противпожара и слично).
3. изоловање кисеоника (угушивање пламена, земљом, водом, хемијским средствима и слично).

Начин гашења шумских пожара као и утицај на избор опреме и средстава за гашење шумских пожара зависи и од могућности примене следећих метода за гашење:

1. Директне методе гашења
2. Индиректне методе гашења
3. Комбиноване методе гашења (1)

### 3. КЛАСИФИКАЦИЈА И ПОДЕЛА ОПРЕМЕ И СРЕДСТАВА ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА

Опрема за гашење шумских пожара може се поделити на:

1. Опрему за гашење хлађењем
2. Опрему за гашење угушивањем
3. Опрему за уклањање горивог материјала

Тачну линију разграничења при овој подели опреме за гашење није могуће тачно одредити јер већина опреме може деловати на више начина (опрема за гашење водом може да делује охлађујуће и угушујуће и слично).

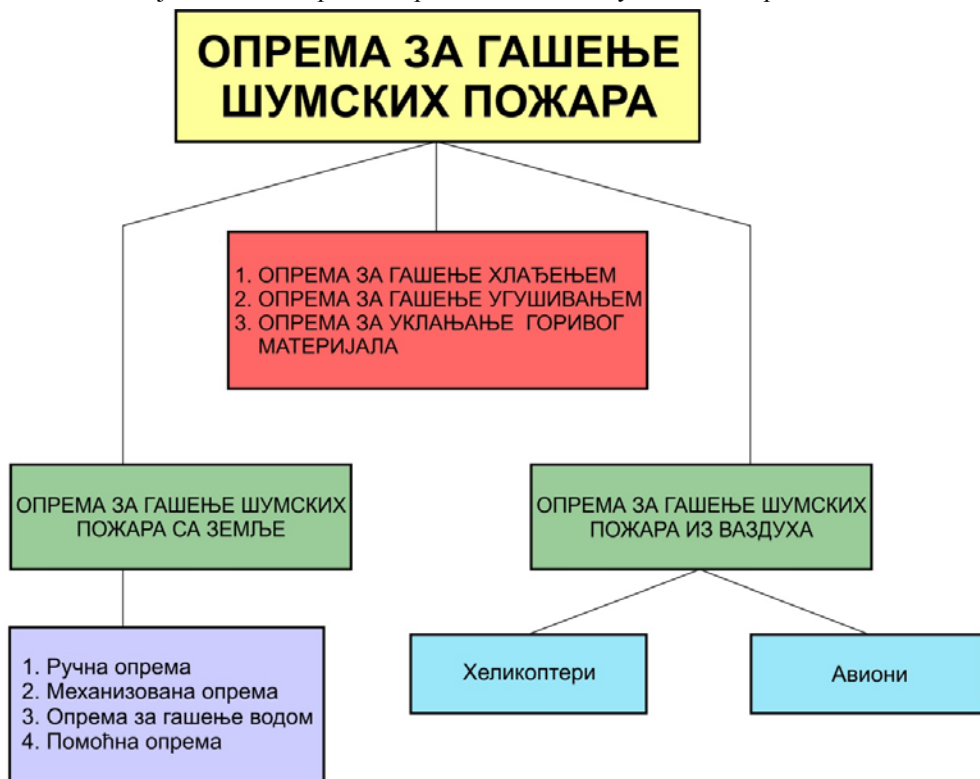
Према месту и природи деловања опрема за гашење шумских пожара дели се на:

- Опрему за гашење шумских пожара са земље,
- Опрему за гашење шумских пожара из ваздуха (авиони и хеликопери).

Опрема за гашење шумских пожара са земље дели се на:

- а) ручну опрему,
- б) механизовану опрему,
- ц) опрему за гашење водом,
- д) помоћну опрему.

На слици 1 дат је шематски приказ опреме за гашење шумских пожара.



Слика 1 – Класификација опреме за гашење шумских пожара (1)

#### **4. ЕЛЕМЕНТИ ЗА ИЗБОР ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА**

Избор опреме за гашење шумских пожара зависи од великог броја фактора који утичу на настанак и развој пожара. Елементи који утичу на избор опреме за гашење шумских пожара су:

- врсте вегетације
- топографских прилика
- уређености шумског подручја
- врсте и квалитет путева
- отворености шумског подручја
- подлоге и матичног супстрата земљишта
- климатских фактора
- могућношћу снабдевања водом и расположивих изворишта воде за гашење
- уређеност изворишта
- расположивог броја људи у најнеповољнијем услову
- могућности мобилизације људи
- могућности гашења из ваздуха
- опреме која се поседује
- економичности употребе опреме
- могућност смештаја и дистрибуције опреме и средстава за гашење

#### **5. ОПРЕМА ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА ВОДОМ И ЊЕН УТИЦАЈ НА ЕФИКАСНОСТ ГАШЕЊА**

Гашење шумских пожара водом, тамо где то услови дозвољавају, даје врло ефикасне резултате.

Вода, као средство за гашење у одређеним условима може се користити и за уклањање горивог материјала испред пожара јаким континуираним млазевима под притиском.

Врло често стварни расход воде обично не одговара прорачуну. При додавању недовољне количине воде долази до њеног бржег испаравања и до смањења интезитета горења, али не и до потпуног прекида процеса горења. С друге стране, вишак воде представља непотребно расипање, а нарочито у шумским пределима где је нема увек у довољној количини. Такође, није увек могуће да се вода распореди по запаљивој материји, тако да она потпуно и истовремено испари, тако да на неким местима воде има сувише, а на неким премало, мада извесна количина воде испари још у току прелета кроз пламен. Зато распоред воде за гашење шумских пожара често премашује прорачунске вредности и мења се у широким границама у зависности од начина њеног коришћења.

Правилан избор опреме и средстава за гашење, њено адекватно планирање и добро познавање њених карактеристика као и могућност прилагођавања условима на месту примене од битног је значаја за рационално, ефикасно и успешно гашење шумских пожара. Врло често расположива опрема мора се прилагођавати условима на терену, где је гашење условљено често са одређеним тешкоћама, као што је мала количина воде, немогућност ближег прилаза ватри због јаког топлотног зрачења, губици и смањење притиска услед трења воде при проласку кроз ватрогасна црева, пад притиска услед савлађивања висинских разлика, могућност смрзавања воде при гашењу на ниским температурама, допремање воде са већих дубина, неуређени и неприпремљени извори водоснабдевања и црпилишта. Све ове тешкоће које се могу појавити у погледу гашења треба планирати, и саму опрему прилагодити тим условима.

Најчешћа опрема која се користи за гашење шумских пожара водом су: аутоцистерне, приколице за превоз воде, пумпе за воду, бацачи воде, ватрогасна црева, млазнице за воду,

спојнице, повеске, држачи црева, разделнице и слично.

Возила, која служе за превоз воде и аутоцистерне, морају бити прилагођена за примену у шумским условима. Возила морају бити прилагођена за кретање и у неповољним условима као што су лоши путеви, закрченост путева и прилаза, меки и неравни терени и слично. Настоји се да се каросерија возила не мења, а да се за вожњу у шуми монтирају заштитни оквири за каросерију, појачају одбојници и ставе посебне мреже за заштиту рефлектора и осталих застакљених делова. Цистерне за воду које се користе приликом гашења могу бити од пластике или метала са заштитном облогом, које се могу по потреби скидати, а капацитет им је у већини случајева на граници носивости возила.

За допрему воде до места пожара, што је у шумским условима врло важно, могу се користити и приколице за превоз воде. Оне могу бити као једноосовинске или двоосовинске капацитета 3.000 и 5.000 литара воде.

За гашење шумских пожара користе се и комбинована возила која се у ватрогасној пракси највише употребљавају. Ова возила поред већег резервоара за превоз воде, садрже и резервоар за екстрат који служи за добијање пене, који се такође у облику тешке пене може користити за гашење шумских пожара.

Приликом избора опреме за гашење шумских пожара, посебну пажњу треба посветити избору пумпи за воду. Избор пумпе за гашење шумских пожара водом мора се планирати на основу: врсте горивог материјала, количине расположиве воде, стратегије и тактике гашења, теренских прилика и слично. Осим тога, потребно је размотрити и планирати потребе у погледу карактеристика и изведених детаља пумпи, као што су капацитет и притисак, систем функционисања, врста погона, начин уградње, релативна тежина и слично.

Пумпе и агрегати могу бити стабилни, уграђени у ватрогасна возила са преносном енергијом погонског мотора возила, преносни са властитим погонским мотором и преносни са властитим погонским мотором стабилно уграђеним на неко возило или приколицу.

Према намени пумпе могу бити пумпе за директно гашење пожара, за пуњење цистерни и резервоара, препумпавање воде и релејно снабдевање воде.

У табели 1 дат је приказ количине топлоте која се ствара на 1 m ивице пожара и количине воде у l/s која је потребна за њено апсорбовање

Табела 1 – Количина топлоте која се ствара на 1 m ивице пожара и количина воде у l/сек која је потребна за њено апсорбовање (1)

Б р з и н а ветра (m/ сек)	Влажност запаљивог материјала					
	до 30%		од 30-50%		виша од 50%	
	Издаја се топлота	Потребно воде	Издаја се топлота	Потребно воде	Издаја се топлота	Потребно воде
<b>Борова шума са подлогом од лишаја</b>						
0,5	43	0,07	33	0,05	17	0,03
1,5	142	0,23	88	0,14	38	0,06
2,5	267	0,43	143	0,23	72	0,12
3,5	392	0,63	202	0,32	110	0,18
<b>Борова шума са зеленим приземним растињем</b>						
0,5	22	0,04	5	0,01	-	-
1,5	50	0,08	10	0,02	-	-
<b>Борова шума са високим растињем</b>						
0,5	42	0,07	-	-	-	-
1,5	183	0,29	-	-	-	-
2,5	350	0,56	-	-	-	-
3,5	527	0,85	-	-	-	-

Количина потребне воде за гашење приземних шумских пожара зависи од брзине ветра, врсте подлоге и вегетације и влажности горивог матерјала. Са већом брзином ветра, интензитет пожара је јачи, издваја се већа количина топлоте у времену и за гашење таквог пожара је потребна већа количина воде. Када је влажност горивог матерјала већа и садржи у себи више воде, потребно је и мање воде за гашење.

### 5.1. Ефикасност примене опреме за гашење шумских пожара водом—методолошки приступ

Ефикасност примене опреме за гашење шумских пожара водом зависи од више фактора као што су:

- могућност гашења шумских пожара водом
- врсте вегетације
- уређеност изворишта за снабдевање водом за гашење
- количина воде у сваком тренутку и сваком годишњем добу
- површине пожара која може да се гаси водом
- брзине и јачине пожара и временске прилике
- удаљеност изворишта воде од места пожара
- могућност примене одређених тактичких метода за гашење (директна метода, индиректна, комбинована)
- могућност примене одређене врсте опреме за гашење (ручна, механизована)
- брзина пуњења водом опреме за гашење

У табели 2. дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од могућности употребе воде за гашење за одређене површине под пожаром.

Табела 2 – Оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од могућности употребе воде за гашење за одређене површине под пожаром

Могућност гашења шумских пожара у односу на површину захваћену пожаром	Оцена ефикасности
Могућност гашења на 80% површине	Одлично
Могућност гашења до 30 до 50% површине	Добра уз примену додатних метода
Могућност гашења од 20 до 30% површине	Задовољавајућа уз додатне методе
Могућност гашења испод 20% површине	Задовољавајућа само као помоћна или комбинована метода гашења

У табели 3 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од вегетације и карактеристика пожара



Табела 3 – Приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од вегетације и карактеристика пожара

Врста вегетације	Карактеристике пожара	Површина и могућност гашења	Оцена ефикасности
Трава и ниско растиње	- Слабог интензитета - Споро кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Одлична
Трава и ниско растиње	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Добра
Трава и ниско растиње	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 50% површине гашења	Добра уз примену и других метода
Простирка и гориви матерјал на земљи у листопадној шуми	- Слабог интензитета - Споро кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Добра уз потребну већу количину воде
Простирка и гориви матерјал на земљи у листопадној шуми	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Задовољавајућа уз потребну већу количину воде
Простирка и гориви матерјал на земљи у листопадној шуми	- Слабог интензитета - Споро кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 50% површине гашења	Задовољавајућа уз потребну већу количину воде
Простирка и гориви матерјал на земљи у листопадној шуми	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 50% површине гашења	Задовољавајућа уз потребну већу количину воде и примену и других метода
Простирка и гориви матерјал на земљи у четинарској шуми	- Слабог интензитета - Споро кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Добра уз примену и других метода
Простирка и гориви матерјал на земљи у четинарској шуми	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	До и преко 80% површине гашења	Задовољавајућа уз потребну већу количину воде
Високи пожара	- Слабог интензитета - Споро кретање - Мања топлотна моћ	Мања површина (до 1 хектара)	Задовољавајућа уз потребну већу количину воде и примену и других метода
Високи пожара	- Јачег интензитета - Брже кретање - Мања топлотна моћ	Већа (више хектара)	Зависи од више фактора

У табели 4 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од уређености изворишта воде и расположиве количине воде.

Табела 4 – оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од удаљености изворишта воде и расположиве количине воде

Уређеност и издашност изворишта воде за гашење шумских пожара	Оцена ефикасности
Уређена изворишта воде са стално довољном количином воде за гашење	Одлична
Уређена изворишта воде са промењљивом количином воде за гашење	Добра ако постоји могућност корекције
Неуређена изворишта воде са стално довољном количином воде за гашење	Задовољавајућа уз корекције
Неуређена изворишта воде са промењљивом количином воде за гашење	Употребљива ако је могућа допуна и могућност корекције
Изворишта воде са несталном и недовољном количином воде за гашење нарочито у летњим месецима	Лоша

У табели 5 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од уређености изворишта воде за гашење

Табела 5 – Оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од уређености изворишта воде за гашење

Удаљеност изворишта воде за гашење од места интервенције у km	Оцена ефикасности
1- 2 km	Одлична
2 - 4 km	Добра
4 - 6 km	Мање добра
6 - 8 km	Задовољавајућа
Преко 8 km	Није поуздана

У табели 6 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од примењене методе гашења

Табела 6 - Оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од примењене тактичке методе гашења

Тактичка метода гашења	Карактеристике пожара	Оцена ефикасности
Директна метода гашења	- Слабе јачине - Спорог кретања - Без ветра	Одлична
Директна метода гашења	- Слабе јачине - Средњег кретања - Са ветром	Добра уз уједначени ветар
Директна метода гашења	- Веће јачине - Брзог кретања - Са ветром	Задовољавајућа
Индиректна метода	- Слабе јачине - Спорог кретања - Без ветра	Добра као помоћно гашење
Индиректна метода	- Веће јачине - Брзог кретања - Са ветром	Лоша
Комбинована метода	- Слабе јачине - Спорог кретања - Без ветра	Добра за примењиви сектор гашења
Комбинована метода	- Веће јачине - Брзог кретања - Са ветром	Прихватљива као помоћна метода уз друге видове гашења на сектору гашења

У табели 7 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од брзине пуњења водом.

Табела 7 – Оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од брзине пуњења водом

Брзина пуњења опреме водом	Оцена ефикасности
До 10 минута	Одлично
Од 10 до 20 минута	Добро
Од 20 до 30 минута	Задовољавајуће у зависности од интензитета и брзине пожара
Преко 30 минута	Неизвесно

У табели 8 дат је приказ оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од врсте опреме за гашење

Табела 8 – Оцене ефикасности опреме за гашење водом у зависности од врсте опреме за гашење и површине захваћене пожаром

Могућност коришћења поједине опреме за гашење шумских пожара водом у односу на површину захваћену пожаром	Оцена ефикасности
Могућност употребе механизоване опреме за гашења шумских пожара водом на 80% површине	Одлична
Могућност употребе механизоване опреме за гашења шумских пожара водом до 50% површине	Добра
Могућност употребе ручне опреме за гашења шумских пожара водом на 80% површине	Добра
Могућност употребе ручне опреме за гашења шумских пожара водом до 50% површине	Задовољавајућа уз примену и друге опреме

Напомена: Остале табеле су оригиналне и део су истраживачког рада

## 6. КАРТЕ ПРИМЕЊИВЕ ОПРЕМЕ ЗА ГАШЕЊЕ ШУМСКИХ ПОЖАРА

Карте примењиве опреме за гашење шумских пожара треба да буду саставни део свих планова заштите шума од пожара. Сходно томе да ефикасност у гашењу шумских пожара зависи од избора одговарајуће опреме и средстава за гашење, ова опрема мора бити приказана на свим оперативним картама.

У управљању ризиком у заштити шума од пожара избор опреме и средстава за гашење има велики значај. Одговарајући избор опреме и средстава за гашење треба да омогући брже и ефикасније гашење пожара, мању и ефикаснију употребу опреме и средстава за гашење, што омогућава потребу за мањим бројем људи за гашење пожара, бржом локализацијом и ликвидацијом пожара, мањом захваћеном и изгорелом површином и мањим штетама насталим деловањем шумских пожара.

Карта примењиве опреме за одређено подручје треба у сваком тренутку да субјектима који учествују у заштити шума од пожара прикаже која опрема и средства за гашење су примењива и ефикасна на одређеном подручју, тако да приликом избора опреме на место интервенције се достави опрема и средства за гашење која ће имати највећу ефикасност.

Карте примењиве опреме за гашење шумских пожара треба да послуже и приликом набавке опреме и средстава за гашење одређеног подручја, јер на основу њих бира се најефикаснија и најпримењивија опрема и средства за гашење што омогућава и већу ефикасност у гашењу.

У картама посебним симболима се означавају подручја на којима је могућа примена одређене опреме и средстава за гашење са уцртаном инфраструктуром, стањем путева, изворишта воде и других елемената потребних за ефикасно гашење пожара.

## 7. ЗАКЉУЧАК

Опрема за гашење шумских пожара као и примена одговарајућих средстава за гашење шумских пожара има велику улогу у примени и утиче на ефикасност гашења. Зато је увек добро за одређена подручја извршити анализу примењиве опреме и одредити њену ефикасност примене на одређеним подручјима. На основу одређених параметара потребно је изабрати адекватну опрему за свако подручје и прилагодити је конкретним условима. На основу критеријума треба одабрати ефикасну опрему и сачинити карте примењиве опреме за свако подручје примене, и карту користити и приликом набавке одговарајуће опреме а нарочито приликом коришћење опреме за гашење шумских пожара.

## 8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горан Ђорђевић; *Управљање ризиком у заштити шума од пожара*, Докторска дисертација, Факултет безбедности Београд, 2012.
- [2] Г. Ђорђевић, М. Раткинић, Љ. Јацић, М. Бојовић: *Анализа врсте модела ширења и брзине кретања шумских пожара у систему управљања ризиком у заштити шума од пожара*, 4 саветовање о управљању ризиком, ВТС струковних студија Пожаревац, 2016.
- [3] Г. Ђорђевић, М. Раткинић: *Нова методологија за одређивање степена угрожености шума од пожара*, 2 саветовање о управљању ризиком, ВТС струковних студија Пожаревац, 2014.
- [4] Г. Ђорђевић, В. Ђулаковић: *Заштита од пожара у пољопривреди и мере заштите приликом жетвених радова и складиштење житарица*, 2 саветовање о управљању ризиком, ВТС струковних студија Пожаревац, 2014.
- [5] Г. Ђорђевић, М. Раткинић, С. Брауновић, Р. Стефановић, М. Петровић: *Концепт израде планова заштите шума од пожара – предлог допуне правилника*, часопис Заштита у пракси, Београд, 2015.
- [6] Г. Ђорђевић, М. Раткинић.: *Посебни интегрисани системи за рану детекцију шумских пожара*, саветовање Сектор за ванредне ситуације и Техпро Београд, Београд, 2015.

Стеван ЈОВИЧИЋ<sup>1</sup>

Зоран ИЛИЋ<sup>2</sup>

Љубиша ТОМИЋ<sup>3</sup>

Ненко БРКЉАЧ<sup>4</sup>

## САВРЕМЕНИ СИСТЕМИ ЗА ЗАШТИТУ ОД ПОЖАРА У ХАНГАРИМА ЗА СМЕШТАЈ ВАЗДУХОПЛОВНО ТЕХНИЧКИХ СРЕДСТАВА

**Апстракт:** Заштита од пожара у хангарима за одржавање, оправке и ремонт ваздухоплова је дуги низ година „болно” питање за Војску Србије. Многи домаћи и страни прописи захтевају постојање стационарног система за гашење пожара у објектима овог типа у којима се реализују активности везане за основно одржавање, мање оправке и склапање након ремонта неких подсистема ваздухоплова. Хангари за смештај ваздухопловно техничких средстава су објекти релативно велике запремине и употреба класичних детектора за дојаву дима или повишене температуре може бити неефикасна. Хангарска опрема и електронски део опреме стационарних система за гашење пожара се сусрећу са захтевима да буду отпорни на утицај електромагнетних сметњи изазваних радом специфичне радио и радарске опреме уграђене на савремене војне и цивилне ваздухоплове. 3-Д мапирањештићених објеката и употреба оптоелектронских детектора појаве пламена обезбеђују подизање нивоа заштите од пожара људи и ваздухопловнотехничких средстава у хангарима.

**Кључне речи:** заштита, пожар, 3Д мапирање, оптоелектронски детектори

## MODERN FIRE PROTECTION SYSTEMS IN AIRCRAFT HANGARS

**Abstract:** Fire protection in hangars for maintenance, repair and repair of aircraft has been a “painful” issue for Serbian armed forces for many years. Many domestic and foreign regulations require the existence of a stationary fire protection system in a facility of this type in which activities related to basic maintenance, minor repairs and assembling after the overhaul of some subsystems of the aircraft are realized. Hangars for the installation of aviation technical means are objects of relatively large volume and the use of classical detectors for smoke detection or high temperatures may be ineffective. Hangars equipment and electronic equipment of stationary fire extinguishers meet the requirements to be resistant to the impact of electromagnetic disturbances caused by the operation of specific radio and radar equipment installed on modern military and civil aircraft. 3-D mapping of protected objects and the use of optoelectronic flame detectors ensure raising the level of human safety and aircraft fire protection in hangars.

**Key words:** protection, fire, 3D mapping, optoelectronic detector

<sup>1</sup> Др, Технички опитни центар-Београд, Војводе Степе 445, e-mail:stevanjovicic@gmail.com

<sup>2</sup> Др, Технички опитни центар-Београд Војводе Степе 445, e-mail:zoranilic\_65@yahoo.com

<sup>3</sup> Др, Војнотехнички институт-Београд, Ратка Ресановића 1, e-mail:ljubisa.tomic@gmail.com

<sup>4</sup> Др, Технички опитни центар-Београд, Војводе Степе 445, e-mail:brkljacnenko@gmail.com

## **1. НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ И НОВИ МАТЕРИЈАЛИ**

Захваљујући примени нових материјала, нове електронике и авионике, примени нових погонских група, могућности савремених ваздухопловних техничких средстава су достигле ниво који је некада било тешко и замислити. Нажалост, овај напредак је пратила и одговарајућа цена мерена у милионима обрачунских јединица (долари, еври...). Ваздухопловна средства су веома вредна, пуна осетљивих електронских склопова и захтевају смештај ваздухоплова у одговарајуће хангаре и заштиту од штетних климатских утицаја. Поред овог разлога, други разлог за обезбеђење смештајних капацитета затвореног типа лежи у реализацији поступака одржавања и правовременим оправкама везаним за безбедну и дуготрајну употребу ваздухопловних средстава. Услови рада у многоме утичу на квалитет извршавања ових задатака, а обавеза послодавца је да обезбеде максимално могуће повољне радне услове. Многи страни и домаћи прописи, правилници и стандарди дефинишу у зависности од типа хангара, обавезно постојање стационарних система за заштиту од пожара у објектима овог типа.

Нови материјали примењени за израду савремених ваздухоплова захтевају посебне алате и мерне инструменте за њихову контролу и спровођење поступака одржавања и оправки. У једном хангару може бити смештено и до десетак ваздухоплова чија вредност може достићи и неколико стотина милиона евра или долара.

Захтеви за карактеристикама заштите од пожара ваздухопловних хангара расту истовремено са карактеристикама опреме која се користи за одржавање ваздухоплова, али и електронске и информационе опреме која је саставни део ваздухоплова. Хангари и у њима припадајућа опрема која се користи за одржавање војних ваздухопловних средстава сусрећу се захтевима да електронска опрема у хангарима намењена заштити од пожара буде имуна на утицаје уређаја који се налазе на ваздухопловима (радари, средства везе, средства за електронско ометање...).

Посебно су карактеристични случајеви појаве „лажних” сигнала регистрованих од разних типова детектора за дојаву пожара, пренетих аутоматском систему за заштиту од пожара. Систем за заштиту од пожара може се нежељено активирати на основу добијених сигнала са детектора који не потичу од појаве отвореног пламена већ од ЕМС изазване радом друге електронске опреме која је уобичајена на аеродромима или се налази на ваздухопловима. Краће речено, системи за детекцију пожара морају пратити развој средстава који се налазе на ваздухопловним техничким средствима и бити имуни на сметње које прате њихов рад.

## **2. СТАНДАРДИ, ПРАВИЛНИЦИ, ЗАХТЕВИ**

У развијеним земљама постоји велики број овлашћених тела и агенција које се баве издавањем разних потврда и дозвола које треба обезбедити да би се добила употребна дозвола за специјализоване грађевинске објекте, па тако и за хангаре за смештај ваздухопловних средстава. На пример, у САД постоји читава серија правилника о техничким условима и стандарда која се бави проблематиком заштите од пожара на објектима овог типа (NFPA серија 400 или војни UFC 4-211-01N). NFPA 409 је стандард издат од National fire protection association који користе и чију примену захтевају и осигуравајућа друштва приликом склапања уговора о осигурању хангара или ваздухопловнотехничких средстава која се налазе у њима.

Објекти за смештај војних ваздухоплова у САД треба да задовоље и неке додатне захтеве у односу на NFPA 409 и дефинисани су стандардом UFC 4-211-01N. Овај документ из 2015. године обухвата неколико важних области, а свака се односи на специфична средства заштите од пожара, наведене у NFPA 30, 33, 70, 326, 407 и 409.

### 3. РИЗИЦИ ОД ПОЖАРА И ОДРЖАВАЊЕ, ОПРАВКЕ И РЕМОНТ

Радне операције везане за одржавање, оправке и ремонт подразумевају употребу потенцијално ризичних материјала, опреме и примену таквих технолошких процеса од којих многи имају утицаја на ризик од појаве пожара. Неке од њих су наведене и у стандарду NFPA 410 и прецизирају потенцијално ризичне активности:

- Одржавање електричне инсталације и опреме, употреба спољних извора електричне енергије за напајања ваздухоплова, провера електросистема на ваздухопловима који су потенцијални извори појаве отвореног пламена или варница које могу доћи у додир са запаљивим материјалима и њиховим испарењима на местима као што су отвори резервоара, одушке резервоара или дренажни водови у инсталацији за гориво.
- Рад на системима за обезбеђење посаде и путника кисеоником, приликом летова на великим висинама носе са собом ризик услед присуства чистог кисеоника у боцама, чија се допуна, пуњење и одржавање мора обавезно изводити ван хангара.
- Одржавање система инсталације за горива на ваздухопловима захтева у појединим случајевима истакање и пренос горива до резервоара што са собом носи повећан ризик, па је то разлог што се све активности везане за руковање авионским горивом која имају тачку паљења испод 37,8°C морају изводити ван хангара. Гориво које се налази у ваздухоплову представља ризик уколико се у близини отвора за допуну горива изводе радови на одржавању или ремонту уз употребу отвореног пламена или алата и опреме која може изазвати варничење.
- Све активности везане за операције варења су потенцијално опасне тако да се оне морају реализовати потпуно изоловано у односу на операције пуњења горивом или бојења.
- Спољашње бојење великих површина ваздухоплова представља значајан изазов за системе заштите од пожара. За разлику од аутомобила или мањих ваздухоплова чији се делови могу бојити и појединачно у одређеним условима пре монтаже, велики ваздухоплови се боје уз употребу значајних количина боје, која је у спреју и та смеша у ваздуху је веома запаљива, тако да је потребно обезбедити адекватне услове, вентилацију и изолацију ових простора за време извођења операција бојења [1].

### 4. МЕХАНИЗАМ ПОЖАРА

Пожар се може поделити у две основне фазе: Прва настаје при иницијалном паљењу и представља период док пламен не захвати сав посматрани простор (такозвана тачка „flashover“), а друга фаза траје до престанка пожара али обухвата и фазу хлађења. Дужина трајања појединих фаза као и укупно време пожара су веома различити за сваку конкретну ситуацију и ту нема неког правила.

Са аспекта система за детекцију пожара најважнија је прва фаза и то сам зачетак пожара:

Почетни пожар. У овој фази после иницијалне појаве пламена долази и до појаве дима, али не и обавезно, затим долази незнатног повећања температуре. Као што је речено од највеће је важности детектовати пожар у овој фази из разлога што детекција само тада има смисла. Пожари се манифестују већим или мањим порастом температуре, појавом дима и зрачењем. Ово су уједно и основни феномени пожара. Механизам пожара изгледа се може описати на следећи начин:

Дејством силе потиска топли ваздух загрејан пламеном заједно са продуктима сагоревања и честицама дима креће ка вишим тачкама простора захваћеног пожаром. Ово вертикално кретање постоји све време док постоји разлика у температури топлог ваздуха, гасова и дима

насталих у пожару и температуре околног ваздуха. Простор у коме струји топао ваздух, гасови и дим има у условима у хангару облик обрнуто окренуте уске купе (К) са врхом на месту иницијалног пожара, слика 1 и слика 2 [2].



Слика 1 – Положај детектора у хангару са равним кровом



Слика 2 – Положај детектора у хангару са косим кровом

Ова купа се у стручним круговима назива и „стабло пожара”. Димна купа је релативно уска, посебно на висинама које су интересантне за детекцију пожара. Када се температура димне купе „стабла пожара” изједначи са температуром околног ваздуха долази до њеног разбијања и кретања продуката сагоревања и дима у хоризонталном смеру односно долази до „стратификације” стабла пожара. Тек тада дим може обухватити детекторе дима и то под условом да су постављени на одговарајућа места.

Ако изостане стратификација стабла, тачкасти детектори дима или температуре у највећем броју случајева неће дати сигнал о постојању пожара. То је разлог што ове врсте детектора не могу дати успешну заштиту отворених простора велике запремине. Слична је ствар и са детекторима топлоте, време потребно да се подигне температура у простору велике запремине је дуго и бесмислено је користити овај тип детектора постављених на таваници. Време до



тренутка када би ова врста детектора послала сигнал је тако дуго да би пожар већ нанео непоправљиву штету на средствима која се налазе у хангару.

## 5. ПРИНЦИПИ ПРОЈЕКТОВАЊА СИСТЕМА ЗА ЗАШТИТУ ОД ПОЖАРА

Услед специфичних радних операција које се реализују приликом одржавања, оправки и ремонта ваздухоплова, хангари за смештај ваздухоплова углавном морају бити изведени са стационарним системима за мониторинг и ефикасно гашење пожара.

Узимајући у обзир који ће се послови обављати у хангару мора се водити рачуна и о класификацији типа хангара, а уколико се примењују одређени прописи и на основу тога пројектовати одговарајући стационарни систем за заштиту од пожара. Од значаја је и избор детектора за дојаву пожара како би се ускладио са опремом која је монтирана на ваздухоплове како би се избегла појава „лажних” аларма.

У Републици Србији је 2015. године усвојен Правилник о класификацији и категоризацији објеката према намени (Сл. гласник РС бр. 22/2015) којим су авионски хангари сврстани у групу V, захтевни објекти с обзиром на ризике везане за изградњу и намену [3]. Такође, на снази је и директива усвојена у ЕУ 2014/30/ЕУ и 2004/108/ЕС којим се дефинише појам електромагнетне компатибилности. Истовремено у Републици Србији је усвојен и правилник о електромагнетној компатибилности (Сл. гласник РС 25/2016 од 09/03/2016 године). У Војсци Србије постоји стандард СОРС 1029 који регулише захтеве из ове области, а односи се на дозвољени ниво емисије приликом рада уређаја и ниво имуности уређаја, тј. способност уређаја да извршава своју функцију у присуству ЕМ сметњи.

## 6. КАРАКТЕРИСТИКЕ ДЕТЕКТОРА

Прегледом развоја стационарних система за гашење пожара и детектора који су били саставни делови система види се да су првобитни детектори имали способност да детектују појаву дима и пораст температуре и да на основу ова два параметра генеришу сигнал о појави пожара.

Међутим, хангари су грађевински објекти велике запремине тако да ће у случају појаве пожара протећи доста времена док концентрација дима и пораст температуре у близини сензора не достигну довољно високе вредности за активирање аларма и активирање система за гашење. Могуће је да дим и не досегне до сензора, да се развије пре него што детектори одреагују.

Лабораторијским испитивањима је установљено да непоправљива оштећења на оплати ваздухоплова настају након излагања пламену у трајању од 45 s [4] [5]. Опрема, посебно електроника ваздухоплова је још осетљивија на утицај отвореног пламена.

### 6.1. Оптички детектори

Савремени оптички детектори су уведени у употребу из разлога њихове способности да могу детектовати појаву отвореног пламена у штићеном простору. Пламен се открива захваљујући УВ и ИЦ сензорима који су саставни део ових уређаја, слика 3. Оптички широкоугаони детектори могу тренутно регистровати пламен на површини (0,6 m × 0,6 m) на раздаљини од око 70 m што је супериоран резултат у односу на класичне детекторе. Подешавањем интегрисаних филтера је могуће покрити тачно одређену површину, занемарујући оно што се дешава ван хангара, утицај сунца, пламен на изласку из млазника на стајанци, ван хангара [6].



1. Грејани оптички сензори који омогућавају рад у условима велике хладноће и влажности
2. Интегрисано кућиште са елементима за спајање са осталим деловима система за аутоматску заштиту
3. Робусно кућиште од алуминијума или челика отпроно на отежане услове експлоатације
4. Држач за монтажу отпоран на утицај вибрација који омогућава стабилност детектора и његово померање по азимуту и елевацији
5. Фабрички подешени оптички сензори за мониторинг у више делова спектра
6. Интегрисана меморија која омогућава запис карактеристичних тренутака појаве пламена, спектралну карактеристику пламена, вредности температуре, времена и датума

Слика 3 – Савремени оптички детектори отвореног пламена

## 6.2. Детекција и активација стационарних система за гашење пожара

Аутоматска активација система за гашење пожара након детекције отвореног пламена у штићеном простору је нешто што се подразумева. Као што је речено, оплата савремених авиона не може издржати више од 45 s изложености утицаја отвореног пламена а да не претрпи оштећења која захтевају велике оправке. Време потребно за активирање система за гашење зависи од већег броја фактора и креће се у распону од неколико секунди до 60 s. Амерички критеријуми за јединствене услове при изградњи објеката (UFC guidelines), који обухвата и хангаре за војне ваздухоплове прописује време од пријема сигнала са детектора па до појаве пражњења пене на најудаљенијој млазници не сме бити веће од 30 s. То значи да стационарни систем за заштиту од пожара мора имати такав алгоритам управљања који ће обезбедити да пријем и обрада сигнала са детектора трају највише 15 s, при чему не сме долазити до активирања система на основу појаве „лажних” сигнала. [7]

## 7. ЗД МАПИРАЊЕ ШТИЋЕНОГ ПРОСТОРА

Простор хангара за смештај ваздухоплова је углавном велике запремине и захтева веома брижљиво постављање детектора, а избор типа детектора је од велике важности узимајући у обзир њихове карактеристике. Такође, избор позиције за постављање оптичких детектора представља критичну фазу пројекта опремања хангара аутоматским стационарним системом за гашење пожара. Уколико се тај део пројекта изведе са грешком, цео систем може постати бескористан. Квалитет детектора се између осталог види и кроз његово „видно поље” као и могућност његовог подешавања. Што је већи угао који детектор покрива потребан је њихов мањи број за покривање одређеног простора.

Оптички детектори морају бити постављени тако да покрију површину испод трупа или крила ваздухоплова. истовремено се мора водити рачуна да се они налазе испод нивоа најнижег ваздухоплова у хангару. Ово је од изузетне важности да би се око ваздухоплова формирало радно место обележено на поду. Опрема за одржавање, покретни извори електричне енергије, колица са ручним алатом, радне платформе, све су то покретни делови који могу у неком тренутку засенчити сензоре чија је улога да сигнализирају појаву отвореног пламена, слика 4.

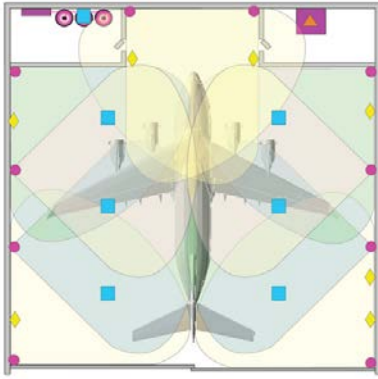
У дозвољеним областима би се реализовале операције везане за одржавање, оправке и ремонт и истовремено би се сачувала потпуна заштићеност радног простора од појаве пожара, слика 5. Услед недостатка хангарског простора ово су захтеви који су веома, веома далеко од тренутног стања у ВС. Уз помоћ 3Д мапирања радног простора у хангару могуће је свести на минимум постојање мртвих углова, слика 6. Та места треба означити као потенцијално веома опасна и избегавати извођење било каквих активности у њима.



Слика 4 – Хангар са деловима ваздухоплова насумично постављеним око трупа ваздухоплова



Слика 5 – Хангар са ваздухопловом, средство је ограђено и обележено као и опрема око ваздухоплова



Слика 6 – 3Д мапирање иштићеног простора и систем за заштиту у функцији

## 8. ИМУНОСТ СИСТЕМА НА ПОЈАВУ „ЛАЖНИХ” АЛАРМА

Циљ служби одржавања је да у што краћем року ваздухоплов врате у функционално стање. Активирање аутоматског система заштите од пожара услед „лажног” аларма може изазвати стање „ван рада” за већи број летелица истовремено, оних које су се задесиле у хангару при активираним систему за гашење. Уклањање пене, сушење, чишћење опреме и инструмената захтева доста времена.

У циљу избегавања оваквих догађаја још приликом конципирања и уградње стационарног система за заштиту потребно је предвидети уградњу детектора који су имуни на појаву „лажних аларма” и који се могу подешавати како по углу тако и по домету. Детектори треба да буду проверени и отпорни на утицај ЕМС изазваних радом електронских и других система на ваздухопловним средствима која изазивају електромагнетно зрачење.

Хангари за одржавање, оправке и ремонт ваздухопловних средстава могу бити опремљени и уређајима за климатизацију и вентилацију чији рад може имати утицај на рад детектора за дојаву пожара. У нашем климатском поднебљу хангари могу бити опремљени и различитим уређајима за загревање радног простора. Није неуобичајено да су у питању и гасни уређаји код којих се приликом ступања у рад јавља на кратко и отворени пламен. Овај отворени пламен може бити регистрован од стране детектора пламена као потенцијална претња. Софтверским решењем неопходно је спречити активирање стационарног система за заштиту од пожара услед појаве краткотрајног отвореног пламена.

## 9. ПРОВЕРА СТАЦИОНАРНОГ СИСТЕМА ЗА ЗАШТИТУ ОД ПОЖАРА

Једна од стандардних процедура коју треба испоштовати је провера стационарног система за гашење пре отварања објекта за смештај ваздухопловних средстава. Веома је важно обавити ову проверу у реалним условима. До сада је у ову сврху употребљавано класично жариште за пожаре типа „В” са авионским горивом на воденој подлози. Жариште је постављано на под хангара и затим је активиран систем за аутоматску заштиту. И ако је ова метода веома једноставна и поуздана, гориво из жаришта прска и прља под хангара, а чађ из дима се хвата на крову хангара. Нова опрема садржи горионике који користе пропан-бутан гас помоћу којег се добија пламен одговарајуће таласне дужине и температуре која одговара упаљеном авионском гориву. Употребом оваквих жаришта избегава се појава густог дима и чађи што доприноси уштеди у времену и новцу потребном за чишћење хангара.

## 10. ЗАКЉУЧАК

Недостатак квалитетних смештајних капацитета за потребе одржавања савремених ваздухопловних у Војсци Србије се више не може правдати последицама ратних дејстава од пре 20 година. Ваздухопловна средства која се набављају, добијају путем донација или су производи домаће индустрије, опремљена су дигиталном авиоником и захтевају смештај у хангаре. Њихове поступке одржавања и оправки и ремонта није могуће спроводити на отвореном простору. Аутоматски стационарни системи за заштиту од пожара представљају стандардни ниво заштите од пожара за средства која су разврстана у „А” категорију средстава НВО и битно утичу на оперативну способност Војске. Развој средстава НВО захтева да и средства за заштиту од пожара, преваходно уређаји за детекцију пожара, буду имуни на утицај ЕМС и на појаву „лажних ” аларма, што треба проверавати одговарајућом опремом пре уградње у лабораторијским, а после уградње, и у реалним условима. Формирање радних места у хангарима треба изводити у складу са покривеношћу простора хангара уређајима за детекцију пожара.

## 11. ЛИТЕРАТУРА

- [1] NFPA Requirements Fire Protection of Aircraft Hangars , <https://www.nfpa.org/...standards/...standards/...standards/detail>
- [2] Детекција пожара, Нецад Хациефендић, [spec-instalacije.etf.rs/predavan/glava\\_5/DojavaPozara.pdf](http://spec-instalacije.etf.rs/predavan/glava_5/DojavaPozara.pdf)
- [3] Правилник о класификацији објеката („Сл. гласник РС” бр. 22/2015), [www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20klasifikaciji%20objekata.pdf](http://www.mgsi.gov.rs/sites/default/files/Pravilnik%20o%20klasifikaciji%20objekata.pdf)
- [4] Правилник о техничким нормативима за стабилне инсталације за дојаву пожара („Сл. гласник СРЈ” бр.87/93), [zvezdara.rs/wcontent/uploads/2018/05/Informator-31.03.2018.godine.-1.pdf](http://zvezdara.rs/wcontent/uploads/2018/05/Informator-31.03.2018.godine.-1.pdf)
- [5] Композитни материјали, Милица Антић, Заваривање и заварене конструкције, 1/2016, стр.19-28 , Београд, [scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-7965/2016/0354-79651601019A.pdf](http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-7965/2016/0354-79651601019A.pdf)
- [6] Optical Flame Detection Solutions, 92-1068-2.1 flame Brochure.pdf, [www.det-tronics.com/.../FlameDetection/.../92-1068-2.1](http://www.det-tronics.com/.../FlameDetection/.../92-1068-2.1)
- [7] Detronic 74-1007.pdf Protecting aircraft in hangars: Five keys to successful fire detection amd mitigation. [www.det-tronics.com/AboutUs/Documents/74-1007.pdf](http://www.det-tronics.com/AboutUs/Documents/74-1007.pdf)

Анђелко ЈАНКОВИЋ<sup>1</sup>

Драган САВИЋ<sup>2</sup>

## ОТКАЗ ЛЕЖАЈА НАЈЧЕШЋИ УЗРОК ПОЖАРА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА У РБ КОЛУБАРА

**Резиме:** Рударски басен Колубара је највећи произвођач угља у Републици Србији. Овакву производњу подржава и сложена техника и технологија која је заступљена у великој мери како би се овакав обим производње и остварио. Као део сложене технике, трачни транспортери представљају веома важан део у процесу производње који служе за транспорт откопаних угљених и јаловинских маса. Поменути транспортери током свог рада носе и одређене ризике а један такав је и настанак пожара. Овај рад ће описати пожаре који настају на трачним транспортерима, тачније на ваљцима. У телу ваљака налазе се котрљајни лежајеви чији отказ изазива прегревање и то је најчешћи узрок пожара. Ови пожари су углавном у почетним фазама али има и случајева када прерасту и у пожаре са великом материјалном штетом.

**Кључне речи:** сложена техника, отказ лежаја, пожари са великом материјалном штетом

## CANCELLATION OF THE BEARING IS THE MOST COMMON CAUSE OF FIRE IN THE OPEN PIT MINES OF MB KOLUBARA

**Summary:** Mining Basin Kolubara is the largest coal producer in the Republic of Serbia. Such production is supported by complex technique and technology that is widely implemented in order to achieve such production scope. As part of the complex technique, belt conveyors are very important part of the production process used for the transport of coal and tailings. The aforementioned conveyors carry certain risks during their operation, and fire origin is one of them. This paper will describe the fires that occur on the belt conveyors, more precisely on the rolls. In the rolls' body there are rolls' bearings, their failure causes overheating, and this is the most common cause of fire. These fires are mostly in the initial stages, but there are cases when they turn into fires with great material damage.

**Key words:** complex technique, cancellation of the bearing, fires with great material damage

<sup>1</sup> магистар, Сектор БЗР и ЗОП, ЈП ЕПС Огранак РБ КОЛУБАРА  
andjelko.jankovic@rbkolubara.rs

<sup>2</sup> спец. струк. инж, Служба ЗОП, ЈП ЕПС Огранак РБ КОЛУБАРА  
dragan.savic@rbkolubara.rs



## 1. УВОД

Рударски басен Колубара као највећи произвођач угља у Републици Србији користи исту такву и технику, највећу. Тренутно на овим површинским коповима ради 144 рударске машине различитих габарита и намене. Један део ових машина који врши копање откривке и угља, своје откопане масе до одредишта одвози уз помоћ трачних транспортера. Ако би ове транспортере спојили у један, формирао би се систем који би био дужине *сва* 70km [1].

## 2. ТРАЧНИ ТРАНСПОРТЕРИ

### 2.1. Основне карактеристике

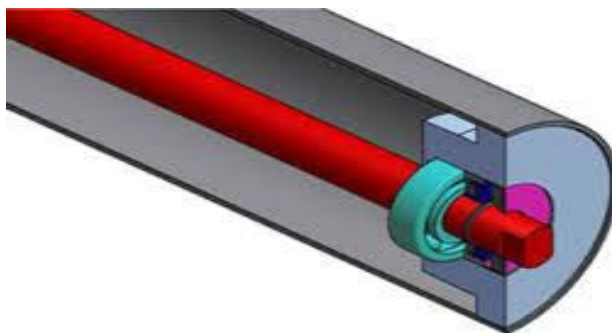
Основна функција им је да транспортују угљ и откривку. Састављени су од погонске и повратнестанице као и великог броја померљивих секција (чланака). Овде треба додати и велику дужину гумене траке као и значајну електро опрему (слика 1). Веома важан део транспортера тј.чланака свакако су ваљци. На једном транспортеру налази се велики број ваљака различитог типа и облика.



Слика 1 – Трачни транспортер

### 2.2. Ваљци

Ваљци за транспортере уграђују се, како је већ наведено, за транспортере са траком. Састоје се од: тела, осовине, кућишта лежаја, лежаја, осигурања и заптивке (слика 2).



Слика 2 – Делови ваљка

Њихова примарна намена је ношење гумене траке и терета. Постоје два основна типа:

- Носећи ваљци,
- Повратни ваљци.

Носећи ваљци служе за ношење транспортне траке као и подупирање терета који се транспортује. Повратни ваљци имају за задатак само трансфер транспортне траке при њеном повратку када је транспортовани материјал истоварен. Проред поделе ваљака према намени, оне се могу поделити и према облику на:

- Глатке ваљке,
- Ваљке са гуменим прстеновима,
- Ваљке са левом и десном спиралом.

Радни век ових ваљака зависи од радних услова и износи око 30000 радних часова или више од 4 године али под условом да се транспортне траке и сами ваљци редовно и стручно одржавају [2]. Међутим, у пракси се дешавају пропусти који доводе до престанка рада ваљака. Овај престанак (блокада) рада ваљака најчешће настаје услед отказа лежаја.

### 2.3. Котрљајни лежајеви

У ваљку се уграђују котрљајни лежајеви и као такви имају своје предности и недостатке. Овај рад ће покушати да објасни неке од недостатака и разлога који доводе до отказа лежаја а самим тим и до настанка почетних пожара. Неки од недостатака су следећи:

- Велики ниво вибрације и буке,
- Велика осетљивост на ударна оптерећења,
- Носивост, односно радни век им се јако смањује.

Разлози који могу довести до отказа лежаја су следећи:

- Контаминација,
- Грешке при уградњи,
- Замор,
- Неадекватно подмазивање,
- Неправилно складиштење.

Правилно обављање функције котрљајних лежајева зависи од њихове поузданости, односно природе настајања и интензитета појаве отказа. Откази котрљајних лежајева могу бити изненадни и постепени [3].

### 2.4. Отказ лежаја

Као што је и објашњено у предходном делу рада, разлози који доводе до отказа лежаја могу довести и до настанка пожара. Поред горе наведених узрока, као најчешћи узрок отказа је и нагомилавање материјала испод и око ваљка. Овај материјал може да блокира рад ваљка али и да оштети заптивку. Оштећена заптивка ће омогућити продор нечистоћа и воде до самих котрљајних тела (слика 3). Овако оштећен лежај нема добро подмазивање. Услед губитка подмазивања долази до генерисања топлоте па и до отвореног пламена. Отворени пламен може да се пренесе на гуму која контактира ваљак, али и на материјал, посебно угљ који је изазвао оштећење заптивке. Док транспортер ради прегрејани ваљак, без подмазивања, има своје природно хлађење које остварује ротирањем. Ако се све ово не прати или не уочи на време а из неког разлога дође до заустављања рада транспортера, може настати пожар.





Слика 3 – Нагомилани материјал угрожава заптивке

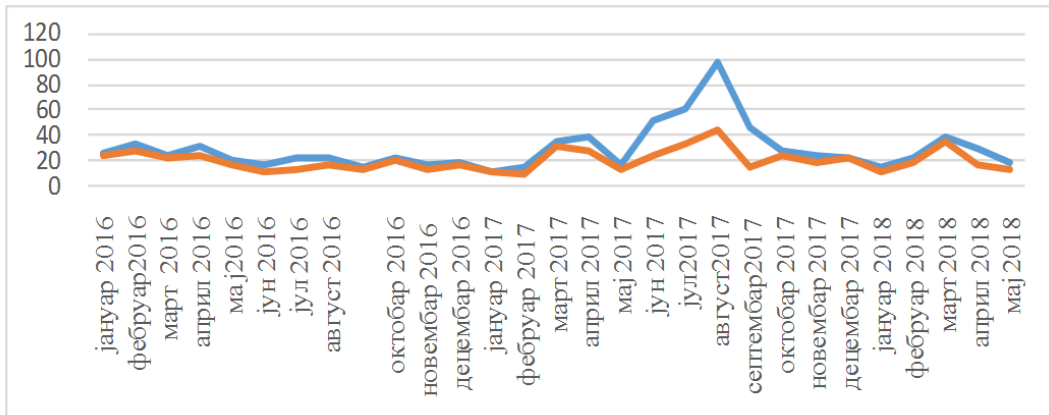
Грешке при уградњи лежаја, замор материјала као и велика ударна оптерећења такође могу могу изазвати отказ лежаја. Чест случај отказа лежаја доводи и до даље хаварије на самом ваљку тј. оштећења осовине, пуцања зегер осигурања као и оштећења кућишта па и самог тела ролне (слика 4). Све ово наведено настаје услед неблаговре замене ваљка. Овакви случајеви, поред настанка почетних пожара, представљају реалну опасност и за већа оштећења и хаварије на транспортеру (кидање гумене траке, оштећења констукције и електро опреме).



Слика 4 – Хаварисани ваљци

### 3. АНАЛИЗА ОТКАЗА ЛЕЖАЈА

После мајских поплава 2014. године РБ Колубара је претрпела огромну штету. Да би се штета смањила, последице санирале а производња што пре успоставила, коришћен је део опреме који је био поплављен. Такав је биослучај и са трачним транспортерима. На поплављеним транспортерима користио се одређен број ваљака код којих је (касније се испоставило) било оштећења заптивки где су нечистоће продрале до самог лежаја и изазивале отказ. Овакви ваљци, како је показала и анализа, били су најчешћи узроци пожара. Из свега овога настала је и потреба да се врши анализа отказа лежаја на ваљцима. У доле датим подацима извршена је анализа у једном од два дела РБ Колубара (Источни копови и Западни копови). Пошто су Западни копови претрпели већу материјалну штету и у том делу, пуна производња је била успостављена у другој половини 2015. године, са овом анализом кренуло се од јануара 2016. (слика 5 и табела 1).



Слика 5 – Пожари у Западним коповима – упоредни приказ укупног броја пожара и пожара чији је узрок отказ лежаја на ваљцима

Табела 1 – Приказ укупног броја пожара, са пожарима чији је узрок отказ лежаја на ваљцима

Месец	Пожари	Укупан број пожара у току месеца	Број пожара чији је узрок отказ лежаја на ваљцима	Пожари са неким другим узроком (угљена прашина, квар на ел. инст. непознат...)
Јануар		26	24	2
Фебруар		34	27	7
март		25	23	2
април		31	25	6
мај		21	16	5
јун		18	10	8
јул		23	13	10
август		22	16	6
септембар		15	12	3
октобар		23	20	3
новембар		17	13	4
децембар		19	17	2
јануар		12	11	1
фебруар		15	9	6
март		36	31	5
април		39	27	12
мај		18	12	6
јун		51	24	27
јул		60	34	26
август		97	45	52
септембар		47	14	33
октобар		29	24	5
новембар		24	18	6
децембар		23	22	1
јануар		15	11	4
фебруар		22	18	4
март		40	35	5
април		30	17	13
мај		20	13	7

Са израдом ове анализе ће се наставити и даље а добијени резултати су нам указивали и даље ће указивати у ком правцу треба радити како би се ови пожари смањили или потпуно елиминисали.

#### 4. ПОЖАРИ

Пожари представљају опасност која у рударском сектору може проузроковати велику материјалну штету. Сви горе наведени (дати у табели 1.) чији је узрок отказ лежаја, представљају пожаре у почетној фази које Ватрогасна индустријска јединица лако угаси исанира јер се углавном примете на време и дојава не касни. Ако се ови пожари, из неког разлога не примете и дојава закасни, они прерастају у пожаре са великом материјалном штетом. Један такав чији је узрок отказ лежаја на ваљку (слика 6 а.), створио је велику материјалну штету (слика 6 б.) и прекид у процесу производње. Нагомилани материјал, отказ лежаја и појава отвореног пламена уз закасну дојаву створили су велику материјалну штету на транспортеру (гума, електро делови, каблови, метална конструкција, итд). Ватрогасна индустријска јединица је брзо интервенисала уз правилну тактику и употребу пене, у овом случају, најефикасног средства за гашење [4].



а)

б)

Слика 6 – Пожар на трачном транспортеру

а) гашења пожара и б) велика материјална штета на конструкцији транспортера

#### 5. ЗАКЉУЧАК

Редовни обиласци трачних транспортера (визуелан стручни преглед) и стручно одржавање потпуно би искључило настанак почетних пожара чији је узрок отказ лежаја на ваљцима. Ове ваљке би требало мењати новим чим се појаве први разлози за то. Разлози за замену су најчешћикада дође до прве промена звука у раду ваљка (најчешће пискав звук или шкрипање). Такође, уз ово треба додати да редовно чишћење испод транспортера нагомиланог материјала, у многоме продужава радни век ваљка тј. уграђеног лежаја. Ако до отказа лежаја ипак дође и настане пожар, најважнија је правовремена дојава која ће брзом интервенцијом Ватрогасне индустријске јединице спречити настанак пожара са великом материјалном штетом.

## **ЗАХВАЛНОСТ**

Овај рад је настао као вишегодишња тежња Службе ЗОП у РБ Колубара да се индустријско ватрогаштво подигне на виши ниво. Свим запосленима из Службе ЗОП, као и осталима који имају исте циљеве, без обзира на препреке који им се на том путу нађу.

## **6. ЛИТЕРАТУРА**

- [1] [www.rbkolubara.rs](http://www.rbkolubara.rs)
- [2] [www.tehnoguma.rs](http://www.tehnoguma.rs)
- [3] Кастратовић Н. Примена вибродијагностике у анализи отказа котрљајних лежајева – мастер рад, Машински факултет, Крагујевац 2017.
- [4] Савић Д, Бељић Б, Марковић С. Заштита од пожара рударских машина у Организационој целини „Површински копови Барошевац“ РБ Колубара, „Техника и пракса“ бр.17, ВШТСС, Чачак 2017.

Новак ОТАШЕВИЋ<sup>1</sup>

Дарко ТЕРЗИЋ<sup>2</sup>

## СКЛАДИШТЕЊЕ ЗАПАЉИВИХ ТЕЧНОСТИ У НАМЕНСКИМ ПРЕНОСИВИМ СКЛАДИШТИМА КОНТЕЈНЕРСКОГ ТИПА

**Резиме:** Недостатак адекватне законодавне регулативе којом би се третирао преносива складишта за запаљиве течности контејнерског типа у великој мери отежавају несметано функционисање производних процеса у Рударском басену КОЛУБАРА. Брзо стављању у употребу оваквих складишта за боје, лакове и разређиваче, је од стратешког значаја за успешну ревитализацију рударских машина, које се користе у површинској експлоатацији лигнита неопходног за производњу електричне енергије у оквиру ЈП ЕПС. Пут који је потребно прећи да би се од надлежног Министарства унутрашњих послова добила сагласност да су спроведене мере заштите од пожара предвиђене инвестиционо техничком документацијом, траје много дуже него што траје једна инвестициона поправка рударске машине. Кроз овај рад поделићемо наша искуства и покушаћемо да дамо конкретне предлоге за превазилажење проблема, који настају при сваком премештању оваквог складишта за запаљиве течности на нову локацију.

**Кључне речи:** законодавне регулативе, преносиво складиште, запаљиве течности, техничка документација, сагласност

## FLAMMABLE LIQUIDS STORING IN ADEQUATE PORTABLE STORAGE CONTAINERS

**Summary:** The lack of adequate legislation to treat portable storages for flammable liquids of a container type greatly complicates the undisturbed functioning of production processes in the Mining Basin KOLUBARA. Putting into use of such storage containers for varnishes and thinners as soon as possible, is of strategic importance for the successful revitalization of mining machines, which are used in surface exploitation of lignite, necessary for the production of electricity within PE EPS. The procedure for obtaining the consent from the competent Ministry of Internal Affairs for proving that the fire protection measures provided in the investment technical documentation have been implemented takes much more time than one investment repair of the mining machinery. Through this paper, we will share our experiences and try to give actual proposals to overcome the problems that arise whenever you move this flammable liquid storage to a new location.

**Key words:** legislative regulations, portable storages, flammable liquids, technical documentation, accordance

---

<sup>1</sup> инж, Руководилац Одељења ЗОП, ЈП ЕПС, ОГРНАК РБ Колубара Лазаревац,  
novak.otasevic@rbkolubara.rs

<sup>2</sup> инж, Руководилац Службе ЗОП, ЈП ЕПС, ОГРНАК РБ Колубара Лазаревац,  
darkoterzic@rbkolubara.rs

## 1. УВОД

Експлоатација лигнита из Рударског басена „Колубара“ врши се уз помоћ машина за површинску експлоатацију, коју чине багери са више радних елемената (роторни багери и ведричар), одлагачи, трачни транспортери и др. Приликом сервиса рударских машина постоји потреба за њиховом антикорозивном заштитом. У сврху адекватног рада са бојама, лаковима и разређивачима, јавила се потреба за коришћењем наменских преносних складишта, због чега је набављено више индетичних складишта за запаљиве течности контејнерског типа капацитета 1600 и 5000 литара, са уграђеним електроенергетским инсталацијама и уређајима. Да би се испоштовале све законске обавезе, поред добијања сагласности, од надлежног Министарства унутрашњих послова, да је локација на коју се планира постављање једног складишта безбедна и у складу са Законом [2], било је неопходно прибавити сагласност на пројектну документацију, а затим и да су спроведене све мере заштите од пожара предвиђене инвестиционо техничком документацијом. Цео поступак стављања у употребу једног складишта траје много дуже од ревитализације машине за површинску експлоатацију угља. Колико је сада ситуација апсурдна говори чињеница да уколико се одлучимо да преместимо исто складиште на нову локацију морамо поново да пролазимо цео поступак, односно извршимо израду нове пројектне документације и да доказујемо да су спроведене мере заштите од пожара предвиђене пројектима. За овом процедуром не би било потребе да предметна складишта немају изведене електричне инсталације, али како то овде није случај недостатак адекватне законодавне регулативе, представља озбиљан проблем који ћемо Вам презентовати кроз поступак стављања у употребу складишта на локацији у индустријском комплексу РБ „Колубара“.

## 2. ОПШТИ ПОДАЦИ

### 2.1. Локација и намена

Преносива складишта контејнерског типа, намењена су за складиштење 1600, односно 5000 литара боја, лакова и разређивача у оригиналној фабричкој амбалажи, чија је запремина од 0,75 до 25 литара.

Како није било могуће прецизно дефинисати врсте које ће се складиштити, због различитих потреба саме технологије фарбања, предвидели смо најнеповољнију ситуацију која се може догодити у складиштењу. За складишта капацитета 1600 литара предвидели смо да ће се складиштити запаљиве течности категорије 1, чија је тачка паљења  $<23\text{ }^{\circ}\text{C}$  и почетна тачка кључања  $\leq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , док за складишта капацитета 5.000 литара запаљиве течности категорије 2, чија је тачка паљења  $<23\text{ }^{\circ}\text{C}$  и почетна тачка кључања  $>35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , у складу са Законом [2].

Складишта ће се користити у индустријским комплексима и на привременим радилиштима, где се врши производња нових и одржавање старих рударских машина и справа (багери, одлагачи, транспортети и сл.), који се користе у експлоатацији лигнита у оквиру Рударског басена „Колубара“. Конкретно прва два складишта капацитета 1600 и 5000 литара, за које смо добили употребне дозволе Министарства унутрашњих послова, налазе се у индустријском комплексу Организационе целине „Колубара Метал“, као дела РБ „Колубара“.

### 2.2. Опис складишта

Сва складишта која су набављена по свему су индетична, са истим конструктивним склопом и истом уграђеном опремом, као и складишта која су предмет овог излагања. Складишта за боје, лакове и разређиваче капацитета до 1600 литара су изведена као слободно стојећи објекти, димензија 2,00m x 2,00m x 2,80m. Складишта капацитета 5000 литара су димензија 6,058 x 2,438 x 2,80m.





Слика 1 – Складишта за запаљиве течности капацитета 1600 и 5000 литара

Сва складишта су израђена као челична конструкција у складу са стандардом SRPS EN 1090-2, који се односи на грађење челичних конструкција овог типа, а сви метални спојеви су заварени. Грађевински гледано, контејнер је у целини изведен као слободно стојећа челична конструкција, грађен као складиште-контејнер са зидовима и кровом од панела са испуном од минералне вуне, ослоњен на чврсту, стабилну подлогу. Дно простора контејнера је непропусно од споја пода и зида до висине која одговара најнижој тачки улаза, израђено од челика, изнад танкване са поцинкованом решетком. Примењене мере заштите од пожара у погледу избора материјала за грађевинску конструкцију су кроз приложену пројектну документацију предвиђене на начин да уз нормално функционисање обезбеђују потпуну безбедност објекта и имовине. Могућност ширења и пренос пожара са складишта на суседне просторе и објекте, избегнута је безбедним растојањем од истих. Материјали одабрани за конструкције на границама функционалних целина задовољавају услове отпорности против пожара у трајању од 90 минута. Кров је лак, израђен од панела носивости  $500 \text{ N/m}^2$ , преко које је постављен поцинковани лим као завршни слој.

Технолошки гледано у посматраном простору нема посебно опасних процеса рада, али се у њему врши складиштење материја које у складу са Законом [2] спадају у запаљиве течности. С обзиром на процес рада, елементе конструкције и материја које се по било ком основу могу срести у овом објекту, углавном су могући пожари у класи „Б” пожари запаљивих течности, као и пожари уз присуство електро инсталација и уређаја под напоном. Простор се користи као складиште и у њему није предвиђен боравак лица.

### 2.3. Електричне инсталације

Све електричне инсталације су изведене у складу са одредбама „Прописа о електричним постројењима на надземним местима угроженим од експлозивних смеша“.

#### 2.3.1. Електрични уређаји

У складу са Елаборатом [8] у свим складиштима су уграђени исти електрични уређаји у одговарајућем степену противексплозивне заштите.

За осветљење складишта примењена је једна светиљка која се укључују инсталационим прекидачима постављеним са спољне стране контејнера.

Као техничка мера за ограничење ризика од пожара и експлозије предвиђено је да складишта буду опремљена стабилним системом за аутоматску детекцију пара запаљивих течности. Намена система је да обезбеди детекцију гаса у предалармним и алармним концентрацијама

у штићеном простору. Систем детекције гаса се састоји од: централног уређаја, детектора, уређаја за алармирање и сигнализацију и неопходне кабловске инсталације.

У разводни електро орман се уграђује централа за детекцију гаса, док је у складишту уграђен детектор, изведен у противексплозивској заштити и он у потпуности одговара прописаним карактеристикама захтеваним стандардом SRPS EN 60079-29-2. У случају повећане концентрације гаса централа за детекцију даје сигнал за укључење вентилатора и уједно се активира сирена са бљескалицом.

Аксијални вентилатор са гравитационом жалузидом је у одговарајућем степену противексплозивне заштите и уграђен је са задње стране контејнера. Вентилатор се укључује ручно или преко централе система за детекцију запаљивих пара. Надокнада ваздуха, предвиђена је преструјавањем спољног ваздуха преко две преструјне решетке са заштитном мрежицом против инсеката и лебдећим жалузидима да би се спречио губитак топлоте, уграђених у оба крила спољних врата контејнера, постављене наспрам вентилатора, чиме је остварено потпуно “испирање” запремине контејнера.

### **2.3.2. Уземљење и громобранска инсталација**

Уземљење складишта је изведено прстенастим уземљивачем, са два извода, по дијагонали, за везу са контејнером. Отпор распрострањања уземљивача, без обзира на локацију, мора бити мањи од 10 Ω.

Складиште поседује громобранску инсталацију, која због карактеристика ускладиштеног материјала аутоматски спада у I први ниво заштите, према стандарду SRPS IEC 1024-1.

### **2.3.3. Заштита од опасног напона додира**

Заштита од индиректног додира делова под напоном је изведена TN-C-S системом. Као додатна мера за изједначење потенцијала предвиђено је повезивање металне подне решетке контејнера за конструкцију контејнера и премошћење врата контејнера. Повезивање се врши проводником пресека 16mm<sup>2</sup>, шрафљењем за конструкцију.

Поред сваких врата постављен је тастер за искључење напајања електричном енергијом у случају опасности.

### **2.3.4. Провера изведених радова**

По завршетку монтаже и радова извршена су следећа мерења:

- мерење отпора изолације електричне инсталације,
- мерење отпора петље квара,
- мерење отпора распрострањања уземљивача објекта.

Опрема и инсталације редовно се контролишу у прописним временским интервалима.

## **3. СТАВЉАЊЕ У УПОТРЕБУ СКЛАДИШТА**

Пре стављања у употребу за предметна складишта морали смо прибавити од надлежног министарства сагласност да су спроведене мере заштите од пожара које су предвиђене инвестиционо техничком документацијом. Ово је подразумевало да се најпре прибави сагласност надлежног министарства да локација задовољава услове који су дефинисани законодавном регулативом. Цео поступак за добијање сагласности на локацију, инвестиционо техничку документацију и сагласност да су спроведене мере заштите од пожара, које су



предвиђене инвестиционо техничком документацијом, трајао је неколико месеци. Један планиран ремонт рударске машине за површинску експлоатацију угља траје у просеку до месец дана. Очигледно је да смо сваки пут у проблему када имамо потребу да на привременим радилиштима користимо наменско преносиво складиште за запаљиве течности, јер не можемо да испоштујемо законодавне регулативе.

### 3.1. Законодавне регулативе

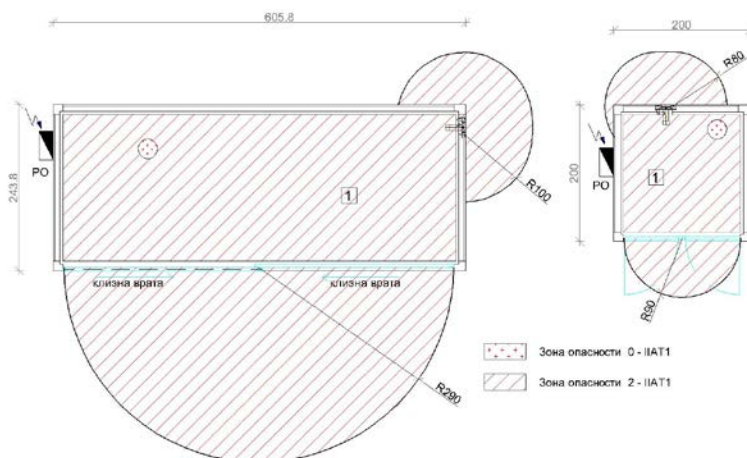
Локације на којој се планира употреба складишта за запаљиве течности су у зони експлоатационог поља РБ Колубара, због чега не можемо да уђемо у редован поступак у складу са Законом [4]. У оваквим ситуацијама поступамо у складу са одредбама Закона [3], и као корисници предметних складишта директно се обраћамо надлежном Министарству унутрашњих послова за прибављање свих неопходних сагласности.

Новим Правилником [6], као и старим Правилником [5], није предвиђено коришћење преносних контејнера за складиштење запаљивих течности, због чега се као важећа законодавна регулатива примењује Упутство [7], које је Министарство унутрашњих послова прописало 1993. године и по чијим одредбама смо поступала приликом одабира локације.

Након добијања сагласности на локацију, било је неопходно прибавити сагласност надлежног Министарства на инвестиционо техничку документацију. Елаборат [8], чини саставни део техничке документације, и као такав кроз њега је извршена класификација подручја и класификовање окружења у коме се може појавити експлозивна гасна атмосфера, у циљу олакшања правилног избора инсталација уређаја који се могу безбедно користити у таквом окружењу.

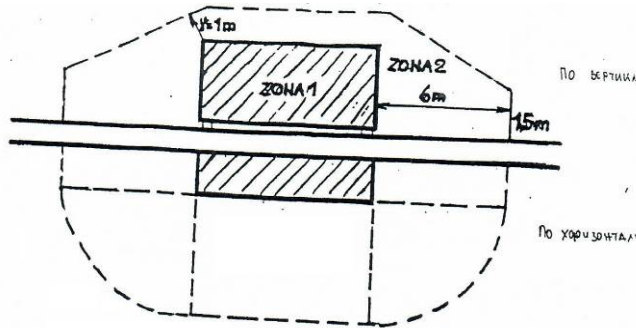
Распростирање зона опасности експлозивних атмосфера, у складишту за запаљиве течности - контејнеру, процењена је на основу прорачуна распростирања експлозивних смеша, и добијене димензије су занемарљиво мале. Међутим на основу искуства, табела и стандарда усвојене су димензије зона како је приказано на слици 2.

Димензије и распростирање зона опасности су подлога за избор електричне опреме, уређаја и инсталација чије постављање је испланирано у угроженом простору као и инсталирање главног разводног електро ормана који није у простору који обухватају зоне опасности, односно налази се у безбедном простору.



Слика 2 – Приказ распростирања зона опасности

У овој фази израде пројектне документације морали смо да одступимо од одредби Упутства [7], у делу који се односи на зоне опасности чије распрострањање је приказано на слици 3.



Слика 3 – Илустрација из Упутства [7] са приказом зона опасности

#### 4. ПРЕДЛОЗИ ЗА УБРЗАЊЕ ПОСТУПКА СТАВЉАЊА У УПОТРЕБУ СКЛАДИШТА ЗА ЗАПАЉИВЕ ТЕЧНОСТИ

Неопходно је да министарство изврши измене и допуне актуелног Правилника [6], или да изда нови подзаконски акт, који може бити и у форми Упутства [7], као што је то урадило 1993. године, када је за потребе произвођача контејнера у виду мишљења одбрило конструкциона решења ових производа. Било да су допуне актуелног Правилника [6] или издавање новог Упутства, за преносна складишта запаљивих течности где имамо електроенергетске инсталације и уређаје, корисницима се мора омогућити да за одређени тип складишта само једном врше израду пројектне документације на коју ће се тражити сагласност надлежног Министарства унутрашњих послова. Овом документацијом биће обрађени сви конструктивни елементи, уграђена опрема и уређаји од значаја за заштиту од пожара. Саставни део техничке документације је атестна документација, исправе о усаглашености, извештаји о испитивању и сл. Свака нова локација на коју ће се постављати складиште биће обрађена техничком документацијом за одобрење локације, која се прилаже приликом упућивања молбе министарству, и она мора да садржи све елементе у складу са Законом [2]. У претходном делу кроз поглавље 3.1. морали смо да одступимо од одредби Упутства [7] приликом одређивања зона опасности. Такође наведеним Упутством нису предвиђене електричне инсталације и уређаји.

Након добијања сагласности на пројектну документацију, за одређени тип складишта запаљивих течности, више нема потребе да се инсистира на изради нове техничке документације приликом промене локације.

##### 4.1. Први предлог

Крећемо са претпоставком да се складишта третирају као типска и да су као таква обрађена пројектном документацијом, на коју је добијена сагласност Министарства унутрашњих послова.

Када корисник дефинише локацију која задовољава безбедносна растојања из Упутства [7], обавештава надлежно министарство са молбом за одобрење локације за безбедно постављање складишта.

Након добијања сагласности на локацију врши се постављање складишта и његово повезивање на електроенергетску мрежу након чега се врши провера изведених радова и иситивање инсталација, као што је наведено у поглављу 2.3.5.

Резултате мерења се заједно са одобреном пројектном документацијом, коју чини атестна документација за уграђену опрему, и Решењем о одобреној локацији, прилажу приликом инспекцијског прегледа којим се утврђује да ли су спроведене предвиђене мере заштите од пожара.

Слободна процена за завршавање овог поступка и стављање у употребу складишта за запаљиве течности је између 15 до 30 дана, нашта у највећој мери утичу административни поступци и обављање непосредних прегледа од стране надлежног министарства.

#### 4.2. Други предлог

Као у првом предлогу крећемо са претпоставком да је одређен тип складишта обрађена пројектном документацијом, на коју је добијена сагласност Министарства унутрашњих послова.

Уколико корисници складишта могу сами да препознају да ће локација за смештај складишта задовољити прописане услове из Упутства [7], треба им омогућити да га поставе на локацију и изврше његово повезивање на електроенергетску мрежу, након чега врше неопходна испитивања. У овом случају би се у исто време упутиле две молбе надлежном министарству. Једна за одобрење локације за безбедно постављање складишта, а друга за сагледавање спроведених мера заштите од пожара, које су предвиђене пројектном документацијом. Да би поступак био још бржи, уколико надлежни инспектори могу да сагледају све чињенице и ако немају примедби приликом непосредног прегледа, треба им омогућити да издају посебну потврду са којом би смо могли одмах да започнемо са коришћењем складишта, што би цело поступак стављања у употребу svelo на период од 7 до 14 дана.

Наравно овај период највише зависи од брзине одзива овлашћених лица министарства, који би свакако били у обавези да издају Решење којим се даје сагласност на локацију и Решење којим се потврђује да су спроведене мере заштите од пожара предвиђене раније одобреном пројектном документацијом за одређени тип складишта. У овој фази остаје обавеза корисника да изврши уплату административних такси према надлежном министарству за издавање наведених Решења.

### 5. ЗАКЉУЧАК

Као део система који је задужен да обезбеди сигурну производњу 52% укупне електричне енергије у Србији, не постоји опција одступање од предвиђених рокова за трајање инвестиционе поправке рударске машине. Брзина којом ће се преносно складиште за запаљиве течности, ставити у употребу на привременој локацији зависи од низа фактора, а као кључне елементе који се морају изменити у будућности издвајамо следеће:

- доношење нових или измене и допуне постојећих законодавних регулатива, којима би био дефинисан начин одобравања употребе и коришћења преносивих складишта за запаљиве течности контејнерског типа са уграђеним електроенергетским инсталацијама
- смањење административних процедура
- бржа комуникација на релацији надлежно министарство – корисник

У међувремену су се изменили стандарди из области електричних уређаја намењених за рад у угроженом простору од експлозивних смеша и постоји могућност да се нађу савременија и економичнија решења за коришћење преносивих складишта за запаљиве течности контејнерског типа.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

1. Закон о заштити од пожара (“Сл. гласник РС”, бр. 111/2009 и 20/2015)
2. Закон о запаљивим и горивим течностима и запаљивим гасовима (“Сл. гласник РС”, бр. 54/2015 од 22.6.2015. године)
3. Закон о рударству и геолошким истраживањима (“Сл. гласник РС”, бр. 88/2011)
4. Закон о планирању и изградњи (“Сл. гласник РС”, бр. 72/2009, 81/2009 - испр., 64/2010 - одлука УС, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - одлука УС, 50/2013 - одлука УС, 98/2013 - одлука УС, 132/2014 и 145/2014)
5. Правилник о изградњи постројења за запаљиве течности и о ускладиштавању и претакању запаљивих течности (“Сл. лист СФРЈ” бр. 20/71)
6. Правилник о техничким нормативима за безбедност од пожара и експлозија постројења и објеката за запаљиве и гориве течности и о ускладиштавању и претакању запаљивих и горивих течности (“Сл. гласник РС”, бр. 114/2017)
7. Упутство о начину складиштења запаљивих течности у надземним преносним резервоарима и контејнерима, које је издато од Министарства унутрашњих послова под бројем 15-217-47/93
8. Елаборат зона опасности, израђен од стране ИПОН СИСТЕМ, Земун,
9. Техничка документација за техничко решење за израду уземљења и напајања два складишта боја и лакова контејнерског типа, израђен од стране ЈП ЕПС, РБ Колубара, ОЦ Пројект, Лазаревац.

Иван АРАНЂЕЛОВИЋ<sup>1</sup>

Србислав ГЕНИЋ<sup>2</sup>

Раденко РАЈИЋ<sup>3</sup>

## ОДРЕЂИВАЊЕ РАСПОРЕДА АПАРАТА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА У НЕИНДУСТРИЈСКИМ ОБЈЕКТИМА

**Резиме:** Предмер и предрачун опреме за гашење пожара је обавезан део Главног пројекта заштите од пожара, Елабората заштите од пожара, као и Плана заштите од пожара. Код нас се број и тип апарата за гашење пожара, неопходних за заштиту од пожара разматраног објекта, одређује најчешће на основу специфичног пожарног оптерећења, при чему се не узимају у обзир други битни фактори, на пример брзина ширења пожара или брзина задимљавања. У раду је прво дат преглед домаћих законских и техничких прописа који регулишу ову област, а затим EN, BS и NFPA норме. После тога биће представљена једна побољшана методологија за одређивање типа, броја и распореда мобилних уређаја за гашење пожара у неиндустријским објектима, која је усклађена са домаћим прописима.

**Кључне речи:** ручни апарат за гашење пожара; превозни апарат за гашење пожара; специфично пожарно оптерећење; класа пожарне опасности; коефицијент сагорљивости

## ON DISTRIBUTION OF FIRE EXTINGUISHERS IN NON-INDUSTRIAL BUILDINGS

**Abstract:** Specification of fire-extinguishing equipment is a mandatory part of the fire protection technical documentation: Final Design of Fire Protection, Study on Fire Protection and Fire Protection Plan. In Serbia the number and type of fire-extinguishers required for fire protection of the object are determined mostly on the basis of a specific fire load, as well as taking into account other important factors, for example, the speed of fire spread or smacking speed. In the first part of a lecture an overview of the domestic legal and technical regulations that regulate this field will be given, followed by the EN, BS and NFPA standards. Subsequently, an improved methodology will be presented for determination of the type, number and layout of mobile fire extinguishers in non-industrial installations, which is harmonized with domestic regulations.

**Key words:** portable fire extinguishers, mobile fire extinguishers, fire load density; class of fire danger, degree of combustibility,

---

<sup>1</sup> редовни професор, Универзитет у Београду – Машински факултет, тКраљице Марије 16, 11000 Београд, e-mail: iarandjelovic@mas.bg.ac.rs

<sup>2</sup> редовни професор, Универзитет у Београду – Машински факултет, Краљице Марије 16, 11000 Београд, e-mail: sgenic@mas.bg.ac.rs

<sup>3</sup> професор струковних студија, Висока инжењерска школа струковних студија Техникум Тауруним, Наде Димић 4, 11080 Земун, e-mail: rrajic@tehnikum.edu.rs

## 1. ДЕФИНИЦИЈА РУЧНИХ И ПРЕВОЗНИХ АПАРАТА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА

### 1.1. Законски прописи у Србији

Правилник [1] прописује да ручни и превозни апарати за гашење пожара морају да задовољавају, између осталог и услове прописане стандардима: [2] и [3]. Према наведеним стандардима, постоје следећи типови апарата за гашење пожара:

- ручни апарати за гашење хемијском пеном (Ph10);
- ручни апарати за гашење угљен-диоксидом ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}_23$  и  $\text{CO}_25$ );
- ручни апарати за гашење водом и ваздушном пеном (VP15);
- ручни апарати за гашење ваздушном пеном (Pz9, Pz15);
- ручни апарати за гашење водом (Vr9, V15);
- ручни апарати за гашење прахом (S1, S2, S3, S6, S9, S12);
- ручни апарати за гашење халоном (H11, H12, H13, H16, H19, H112);
- превозни апарати за гашење хемијском пеном (Ph50, Ph100 и Ph150);
- превозни апарати за гашење прахом (S25, S50, S100 и S150);
- превозни апарати за гашење угљен-диоксидом ( $\text{CO}_210$ ,  $\text{CO}_230$  и  $\text{CO}_260$ );
- превозни апарати за гашење ваздушном пеном (Pz50, Pz150, Pz150);
- превозни апарати за гашење халонима (H125 и H150).

Овим дефиницијама, нису директно обухваћени апарати за гашење пожара на електронској опреми Fe36 P2E и Fe36 P3E, али се они могу прихватити као H12 односно H13, ако се покаже да могу да угасе типска жаришта прописана стандардом [3]. За сваки од дефинисаних апарата стандард [3] прописује типска жаришта за пожаре класе А и В на којома се предметни апарат агестира.

Табела 1 – Типска жаришта за дефинисане врсте апарате за гашење пожара [3]

ознака	A	B	ознака	A	B	ознака	A	B	ознака	A	B
S1	A1	B2	S150	-	B10	$\text{CO}_2$	-	B1	Ph10	A4	B3
S2	A2	B3	H11	-	B2	$\text{CO}_3$	-	B2	Ph50	-	B5
S3	A3	B4	H12	-	B3	$\text{CO}_5$	-	B3	Ph100	-	B6
S6	A4	B5	H13	-	B3	$\text{CO}_10$	-	B3	Ph150	-	B7
S9	A5	B6	H16	-	B5	$\text{CO}_30$	-	B3	Pz9	A4	B6
S12	A6	B7	H19	-	B6	$\text{CO}_60$	-	B3	Pz15	A5	B7
S25	-	B7/8	H112	-	B7	Vr9	A4	B5	Pz50	-	B8
S50	-	B8	H125	-	B8	V15	A5	-	Pz100	-	B9
S100	-	B9	H150	-	B9	VP15	A5	B4	Pz150	-	B10

### 1.2. Технички прописи у државама Европске уније

Европске норме препознају:

- ручне апарате за гашење пожара (portable fire extinguishers) са дозвољеним максималним притиском једнаким или мањим од 30 bar, дефинисане стандардом [4];
- ручне апарате (portable fire extinguishers) за гашење пожара угљен-диоксидом, дефинисане стандардом [5];
- превозне апарате за гашење пожара (mobile fire extinguishers) са дозвољеним максималним притиском једнаким или мањим од 30 bar, дефинисане стандардом [6];

- превозне апарате за гашење пожара (mobile fire extinguishers) за гашење пожара угљен-диоксидом, дефинисане стандардом [7].

Детаљнија поређења домаћих и европских прописа дата су у раду [8].

## 2. ОДРЕЂИВАЊЕ НЕОПХОДНОГ БРОЈА АПАРАТА

### 2.1. Одређивање неопходног броја апарата у Србији

Неопходан број апарата за гашење пожара, зависи од специфичног пожарног оптерећења и површине пожарног сектора. Одређује се према препорукама произвођача које дајемо у Табели 2 (детаље видети у [9], [10] или [6]). Као јединични апарати усвојени су S9, CO<sub>2</sub>, Pz9 или Vt9.

Табела 2 – неопходан број апарата за гашење пожара

Површина пожарног сектора [m <sup>2</sup> ]	СПЕЦИФИЧНО ПОЖАРНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ		
	мање од 1 GJ/m <sup>2</sup>	од 1 до 2 GJ/m <sup>2</sup>	изнад 2 GJ/m <sup>2</sup>
до 50	2	2	2
50-100	2	2	3
100-150	2	3	3
150-200	3	3	4
200-300	3	3	5
300-400	3	4	6
400-500	3	4	7
500-750	4	6	9
750-1.000	5	7	12
1.000-1.500	6	9	17
1.500-2.000	7	12	22
2.000-2.500	8	14	27
2.500-3.000	10	17	32
3.000-3.500	11	19	37
3.500-4.000	12	22	42
4.000-4.500	13	24	47
4.500-5.000	15	27	52
5.000-5.500	16	29	57
5.500-6.000	17	32	62
6.000-6.500	18	34	67
6.500-7.000	20	37	72
7.000-7.500	21	38	77
7.500-8.000	22	42	82
8.000-8.500	23	44	87
8.500-9.000	25	47	92
9.000-9.500	26	49	97
9.500-10.000	27	52	102

Иако се описана методологија користи у пројектовању у нашој држави преко 40 година можемо да запазимо следеће нелогичности:

- примећујемо да се овде одлука о броју неопходних апарата за гашење пожара, доноси само на основу специфичног пожарно оптерећења, при чему се не узимају у обзир други битни фактори, на пример брзина ширења пожара или брзина задимљавања;
- јединични апарати немају еквивалентне капацитете гашења.

Наиме, на основу података из Табеле 1 констатујемо да апарат S6 има боље карактеристике од апарата CO<sub>2</sub>5 и CO<sub>2</sub>10 за пожаре Класа А и В (с тим што не сме да се користи за гашење на електричним уређајима под напоном већим од 1000 V). S6 има исте карактеристике, за пожаре Класа А и В као Vt9. S6 има исте карактеристике, за пожаре Класа А, као Pz9, док је за Класу В слабији. S9 има исте карактеристике за пожаре Класа В као Pz9. Vt9 и Pz9 се не користе за пожаре Класе С. Класе пожара су дефинисане у стандарду [12].

Због слабијих карактеристика апарате Pz9 и Vt9 изостављамо из даљег разматрања.

## 2.2. Одређивање неопходног броја апарата у неким државама Европске уније

У неким државама Европске уније (погледајте [8]), прописана је методологија која даје две битне разлике у односу на претходно описани поступак, и то:

1. Не разматрају се јединични апарати већ јединице гашења.
2. Уводи се појам пожарне опасности.

Појам јединице гашења заснива се на способности гашења типског жаришта, дефинисаног према [13], за пожаре типа А, В и F, дефинисане према [12].

Табела 3 – јединице гашења за типска жаришта за пожаре типа А, В и F

број јединица гашења	A	B	F	број јединица гашења	A	B	F
1	5A	21B	5F	6	21A	113B	-
2	8A	34B	-	9	27A	144B	75F
3	-	55B	25F	10	34A	-	-
4	13A	70B	-	12	43A	183B	-
5	-	89B	40F	15	55A	233B	-

Ако апарат има различит број јединица гашења за различите типове жаришта као његов број јединица гашења узима се мања (најмања) вредност. Дефинишу се три класе пожарних опасности мала, средња и велика. Класификацију неиндустриских објеката дајемо у следећој табели.

Табела 4 – класе пожарне опасности

Класа пожарне опасности	трговачка, складишна	намена простора	
		административна, услужна, смештајна, угоститељска, културно-забавна	занатска
мала	негориви производи с малим уделом гориве амбалаже	улазни простори и претпростори, ходници и чекаонице	израда и поправка негоривих производа
средња	гориви производи	канцеларије, кухиње, хотели, угоститељски објекти, поште, архиви, библиотеке, банке, гараже, студентски и ученички домови, образовне и научно - истраживачке установе, здравствене установе и домови за старије и немоћне, стамбене зграде, пољопривредне зграде,	браварске и вулканизерске радионице, прерада, коже, вештачке коже и текстила, пекаре, електро-радионице, фризерски и козметички салони
велика	лако запаљиви материјали и простори за прикупљање отпада	дискотеке, биоскопи, гледалишта дворана у којима се окупља велики број људи;	аутомеханичарске, столарске, и тапетарске радионице, лакирнице



За одређивање неопходног броја јединица гашења за разматрани пожарни сектор, користи се Табела 5.

Табела 5 – Број неопходних јединица гашења

површина сектора [m <sup>2</sup> ]	КЛАСА ПОЖАРНЕ ОПАСНОСТИ		
	мала	средња	велика
50	6	12	18
100	9	18	27
200	12	24	36
300	15	30	45
400	18	36	54
500	21	42	63
600	24	48	72
700	27	54	81
800	30	60	90
900	33	66	99
1.000	36	72	108
На сваких даљих 250	6	12	18

За просторе са високим пожарним оптерећењем се на сваких 500 m<sup>2</sup> додаје још један превозни апарат. Ако се пожарни сектор протеже на више етажа, онда се на свакој од етажа мора налазити најмање један апарат капацитета не мањег од 6 јединица. Апарати типа S6 и S9, произведени у складу са [4], имају 6 односно 9 јединица гашења а апарати CO<sub>2</sub>5, произведени у складу са [5], 3 јединице гашења.

### 2.3. Одређивање неопходног броја апарата према BS стандарду

Апарати се постављају тако да тако да на свакој етажи објекта буду постављена најмање два апарата, чији укупни капацитет гашења није мањи од 26A. При томе се захтева да ниједна тачка на етажи није удаљена од најближег апарата више од 30 m. Ако је површина етаже већа од 400 m<sup>2</sup>, онда укупни капацитет апарата треба да буде већи од 0,065 × A, где је са A означена површина предметне етаже у квадратним метрима. Ако су у објекту могући пожари класе В и F онда се апарат поставља на највише 10 m од могућег извора таквог пожара. Такође се апарат поставља на највише 10 m од главних разводних ормара, машина које покрећу електромотори снаге веће од 10 kW и трансформаторских станица.

### 2.4. Одређивање неопходног броја апарата према NFPA10 стандарду

Директна примена NFPA10 стандарда у Европским државама није директно могућа. Напоменимо само да се САД апрати пуне другачијим количинама средстава за гашење. Предметни стандард захтева да највећа удаљеност између произвољне тачке у објекту и места на којем је смештен апарат за гашење пожара не сме буде већа од 22,5 m, као и да један апарат покрива највише 279 m<sup>2</sup>. Услови за пожаре класа В и F су исти као у предметном BS стандарду.

## 3. НОВА МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ РАСПОРЕДА АПАРАТА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА ПОЖАРА У НЕИНДУСТРИЈСКИМ ОБЈЕКТИМА

Поступак за одређивање распореда апарата за гашење пожара пожара у неиндустријским објектима, који овде предлагемо, разрађен је са циљем да се отклоне недостаци, запажени у различитим методологијама изложеним у тачкама 2.1-2.4.

### 3.1. Ограничења у примени

Ова методологија се користи само за објекте (делове објеката) који нису обухваћени подзаконским прописима, чији је детаљан преглед дат у [8]. Она је прилагођена тренутним условима који важе у Републици Србији: типови апарата заступљени на терену, цене апарата и њиховог одржавања, најчешћи узроци пожара.

### 3.2. Избор апарата

Анализа дата у 2.1 показује да су S апарати најефикаснији за гашење најчешћих типова пожара. Поред тога, њихова набавна цена и цена одржавања су (што у овом раду није посебно разматрано) су повољније у односу на друге типове апарата. S апарати се не смеју користити за гашење уређаја који су под напоном већим од 1.000 V, као ни за гашење опреме и уређаја које би прах могао да оштети.

Апарате типа CO<sub>2</sub>10 треба избегавати, где год је то могуће, јер је њихова цена отприлике три пута већа од цене CO<sub>2</sub>5 апарата. Према томе за просторе у којима су инсталиране машине и уређаји који раде под напоном између 1.000 V и 10.000 V треба предвидети CO<sub>2</sub>5 апарате.

За гашење електронске опреме и уређаја који би били оштећени у случају контакта са сувим прахом или угљен-диоксидом, неопходно је обезбедити одговарајуће апарате, пуњене неком од замена за халон. Усклађивање таквих апарата са нашим прописима дато је у 1.1.

Према Табели 1 S50 нема слабије карактеристике од Pz50. Тако добијамо да кад је год неопходан превозни апарат најбоље је користити S50.

### 3.3. Капацитет гашења

На основу анализе дате у 2.1 и 3.2 због универзалности, набавне цене и цене одржавања, заступљености на тржишту и тактичких карактеристика определили смо се за апарате типа S као основе мобилне уређаје за гашење пожара. При томе посебно истичемо да су S апарати произведени пре 2000. године имали слабије карактеристике гашења него савремени апарати. Преглед карактеристика дајемо у Табели 6. Да би се избегле забуне, напомињемо да дефиниције старог и новог типа не зависе од погонског гаса и кинематског механизма (ово посебно истичемо јер су се на том плану десиле револуционарне промене у конструкцији S апарата око 2000. године) већ од карактеристика праха, домета и времена пражњења. Подаци за старе апарате су преузети из [16], а за нове из Табеле 3.

Табела 6 – могућности гашења типских жарништа за пожаре типа А, В према [16]

бр	тип апарата	А	В	Карактеристика гашења
1.	S6 – стари	13А	89В	0,67
2.	S6 – нови	21А	113В	1,0
3.	S9 – стари	21А	113В	1,0
4.	S9 – нови	27А	144В	1,3

### 3.4. Коефицијент специфичног покретног пожарног оптерећења

Једина намена апарата за гашење пожара је гашење пожара у почетној фази. За почетну фазу пожара битно је само покретно специфично пожарно оптерећење. Практично у неиндустијским објектима наредна фаза развоја пожара почиње паљењем фиксираних горивих елемената ентеријера (подне и зидне облоге) и горивих елемената конструкције, који дефинишу непокретно специфично пожарно оптерећење. Гашење пожара битно зависи од површине коју је он захватио. Она ће битно зависити од сагорљивости материја које учествују

у покретном пожарном оптерећењу Брзина ширења пожара се може проценити коефицијентом сагорљивости. Коефицијент сагорљивости садржаја објекта, одређен је класом опасности од пожара, која је одређена према стандарду [17], према подацима из Табеле 7. Сви технолошки процеси су подељени у шест класа опасности од пожара. Запазићемо да се у стандардизованим методологијама за процену пожарних ризика: Еуроалармов поступак, TRVB 100 и SIA 2007, коефицијент сагорљивости дефинише на исти начин и узима исте вредности.

Табела 7 – коефицијент сагорљивости

Класа опасности од пожара	VI	V	IV	III	II	I
Коефицијент сагорљивости $C$	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6

Због исправљања уочених недостатака предлажемо увођење Коефицијента специфичног покретног пожарног оптерећења ( $S$ ) који се израчунава по формули:

$$S = P \cdot C \cdot F \cdot (GJ/m^2)^{-1}$$

где је:

$P$  – специфично покретно пожарно оптерећење изражено у  $GJ/m^2$ ;

$C$  – коефицијент сагорљивости;  $F$  – коефицијент деловања дима.

$F = 1,2$  ако у разматраном сектору може доћи до задимљења у почетној фази пожара. Иначе је  $F = 1,0$ .

### 3.5. Одређивање распореда апарата за гашење пожара

Методологија 2.1 се користи у пројектовању у нашој држави преко 40 година, и даје очекиване резултате. Према расположивим подацима о преко 100 пожара угашених у почетној фази количина средстава дефинисана према 2.1. била је одговарајућа. Методологија 2.2 захтева веће количине средстава за гашење него 2.1, што је непотребно јер 2.1 даје одговарајуће резултате. 2.3 даје упутства за просторни размештај апарата.

Сада ћемо изложити нову методологију у којој су усвојена ефикасност средстава за гашење иста као у 2.1 с тим да се као јединични апарати усвојени **S6** нови тип односно **S9** стари тип. При томе су дефинисана првила за распоред апарата која дају нешто брже време почетка интервенције него правила дефинисана у 2.3.

У првом кораку треба заштитити све просторе и уређаје који се не гасе сувим прахом одговарајућим апаратима. Затим се размештају апарати типа **S** (који имају карактеристику гашења најмање 0,67 – Табела 6), тако да:

- на свакој етажи се налази најмање један апарат;
- не постоји тачка у објекту која је удаљена од најближег **S** апарата више од 20 m;
- од могућег извора паљена нисконапонских инсталација и пожара класа **B** и **F**, апарат се поставља на удаљености од највише 10 m.
- растојање између два суседна **S** апарата не буде дуже од 30 m, при чему се пређени пут степеништем рачуна као дужина степеништа помножена са 1,5.

У последњем кораку се постављају допунски апарати ако су потребни у то тако да буду испуњени услови прописани Табелом 2, с тим што се уместо специфичног пожарног оптерећења разматра коефицијент специфичног покретног пожарног оптерећења, а карактеристике гашења се узимају из Табеле 6.

Овим смо обезбедили тип, број и распоред апарата који постиже исту ефикасност гашења као да су изабрани према 2.1, при чему је време за почетно гашење пожара повољније него да је изабран минимални распоред према 2.3.

#### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] \*\*\* (2009): Правилник о техничким и другим захтевима за ручне и превозне апарате за гашење пожара, *Службени гласник Републике Србије*, 74/2009.
- [2] \*\*\* (1981): *SRPS Z.C2.020:1981 - Ручни и превозни апарати за гашење пожара – Опште одредбе*. Београд: Савезни завод за стандардизацију.
- [3] \*\*\* (1981): *SRPS Z.C2.022:1981 - Ручни и превозни апарати за гашење пожара - Методе испитивања*. Београд: Савезни завод за стандардизацију.
- [4] \*\*\* (2010): *SRPS EN 3-8:2010 - Преносни апарати за гашење пожара - Део 8: Додатни захтеви за стандард EN 3-7 који се односе на израду, отпорност према притиску и механичка испитивања за апарате са максималним дозвољеним притиском мањим или једнаким 30 bar*. Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [5] \*\*\* (2011): *SRPS EN 3-9:2011 - Преносни апарати за гашење пожара - Део 9: Додатни захтеви за стандард EN 3-7 који се односе на отпорност према притиску апарата за гашење са угљен-диоксида.*, Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [6] \*\*\* (2015): *SRPS EN 1866-2:2015 - Превозни апарати за гашење пожара. — Део 2: Захтеви за израду, отпорност на притисак и механичка испитивања за превозне апарате са дозвољеним максималним притиском једнаким или мањим од 30 bar, који су усаглашени са захтевима EN 1866-1*. Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [7] \*\*\* (2014): *SRPS EN 1866-3:2014 - Превозни апарати за гашење пожара — Део 3: Захтеви за монтажу, израду и отпорност на притисак апарата за гашење пожара са CO<sub>2</sub> који су усаглашени са захтевима из EN 1866-1*. Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [8] Arandžević, I., Rajić, R. (2018): The Choice and distribution of fire extinguishers, *31. International Congress on Process Industry, SMEITS, Belgrade*
- [9] Bujandrić, V., Bujandrić N. (1996): *Projektovanje protivpožarne zaštite*. Београд: Vedeko 1996.
- [10] Исаиловић, М. (1996): Технички прописи о заштити од пожара и експлозија, Београд: СМЕИТ.
- [11] Kadić, M., Sekulović D. (2004): *Zaštita od požara i eksplozija, knjiga 1*. Београд: Nova Prosveta.
- [12] \*\*\* (2011): *SRPS EN2:2011 – Класификација пожара*. Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [13] \*\*\* (2010): *SRPS EN3-7:2010 – Преносни апарати за гашење пожара - Део 7: Карактеристике, захтеви за перформансе и методе испитивања*. Београд: Институт за стандардизацију Србије.
- [14] \*\*\* (2012): *BS 5306-8:2012 – Selection and positioning of portable fire extinguishers*. London: BSI Standard Publication.
- [15] \*\*\* (2002): *NFPA 10 – Portable fire extinguishers*. New York: National Fire Protection Association.
- [16] Bujandrić, V., Bujandrić N. (1996): *Požar, gašenje i protivpožarna tehnika*. Београд: Vedeko 1995.
- [17] \*\*\* (1979): *SRPS Z.C0.005:1979 – Класификација материјала и робе према понашању у пожару*. Београд: Савезни завод за стандардизацију.

Весна ПЕТРОВИЋ<sup>1</sup>

Борислав СИМЕНДИЋ<sup>2</sup>

## АНАЛИЗА ФЛУИДНИХ КАРАКТЕРИСТИКА ПЕНИЛА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА ПРИМЕНОМ РАЗЛИЧИТИХ МЕТОДА

**Резиме:** У раду су дати резултати одређивања неких физичко-хемијских параметара (константе површинског напона и коефицијента вискозности) одабраног пенила, концентрација 3%, 4%, 5%, 6%, 10%, 15%, 20% и 50%, добијених различитим методама. За одређивање константе површинског напона пенила употребљене су следеће методе: метод вертикалне капиларе, метод прстена и метод капи. Док је одређивање коефицијента вискозности пенила извршена двома методама које су базиране на истицању течности. Прва метода је Освалдова метода а друга је Енглова метода. Добијени резултати су показали на приметне разлике вредности добијених параметара у зависности од методе са којом су одређени. Тако су најниже вредности константе површинског напона добијене методом капиларе а највише методом прстена, а разлике су се кретале чак до 50%. Регистроване су и изузетно велике разлике у вредностима коефицијената вискозности, тако да су вредности добијене Енгловом методом су неколико пута веће од вредности добијених Освалдовом методом.

**Кључне речи:** физичко-хемијске методе, пенила, константа површинског напона, коефицијент вискозности.

## ANALYSIS OF THE FLUID CHARACTERISTICS OF FIRE FIGHTING FOAMS USING DIFFERENT METHODS

**Abstract:** The results of the determination of some physical-chemical parameters (surface stress and viscosity coefficients) of the foam selected are given, with a concentration of 3%, 4%, 5%, 6%, 10%, 15%, 20% and 50% obtained by different methods. Methods were used for the determination of the surface penetration constant constants: the method of vertical capillary, ring method and drop method. The determination of the viscosity coefficient of the foam was performed by two methods based on the leaching of the liquid. The first method is Oswald's method and the second method is Engler. The obtained results showed the noticeable differences in the values of the obtained parameters, depending on the method with which they were determined. Thus, the lowest values of the surface stress constants were obtained by the capillary method and most by the ring method, and the differences ranged up to 50%. Extremely large differences in the viscosity coefficient values were recorded, so the values obtained by the Engler method are several times higher than those obtained by the Oswald method.

**Key words:** physical-chemical methods, foams, surface stress constant, viscosity coefficient.

<sup>1</sup> Доктор наука, Висока техничка школа стурковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail:petrovic.v@vtsns.edu.rs

<sup>2</sup> Доктор наука, Висока техничка школа стурковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail:simendic@vtsns.edu.rs

## 1. ФИЗИЧКО ХЕМИЈСКИ ПАРАМЕТРИ ТЕЧНОСТИ

Неки физичко-хемијски параметри течности (густина, површински напон, вискозност) су изузетно значајни и у великој мери условљавају примену дате течности. Тако нпр. примењујући Њутнову физику на силе које настају због површинског напона, може се тачно предвидети мноштво особина течности.

### 1.1. Површински напон

Површински напон је појава да течност тежи да смањи своју слободну површину. Сила која се јавља у површинском слоју течности и која тежи да смањи ту површину назива се сила површинског напона. Последица је међумолекулских сила на површини течности које теже да међусобно приближе молекуле, а то значи да течност тежи да смањи своју слободну површину. Површински напон је карактеристика сваке течности а има димензију силе по јединици дужине (N/m), или енергија по јединици површине (J/m<sup>2</sup>) [1,2]. Развијено је више метода за одређивање њене вредности. Овде ће бити наведе неке од њих.

*Метода капиларе* је поуздана, јефтина и брза метода за одређивање константеповршинског напона. Заснива се на мерењу висине подизања течности у капиларној цеви, слика 1а, познатог пречника. Израчунавање константе се врши према једначини:

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho g r h \quad (1)$$

где су:

$\rho$  – густина течности,

$g$  – гравитационо убрзање Земљине теже, 9,81 m/s<sup>2</sup>,

$r$  – полупречник капиларе,

$h$  – висина течности у капилари.

*Метод капи*, слика 1б, је за разлику од методе капиларе релативна метода, јер се површински напон анализираних течности упоређује са површинским напоном стандарда (најчешће дестиловане воде). Код ове методе врши се мерење масе одређеног броја капи (обично око 100) испитиване течности ( $m_x$ ) и стандарда ( $m_0$ ) на аналитичкој ваги. Константа површинског напона се потом рачуна као [3]:

$$\gamma_x = \frac{m_x}{m_0} \gamma_0 \quad (2)$$

где је:

$\gamma_x$  – константа површинског напона испитиване течности,

$m_x$  – маса капи испитиване течности

$m_0$  – маса капи воде

$\gamma_0 = 0,0728 \text{ N/m}$  – константа површинског напона воде на 20 °C [4].

*Метод откидања прстена* је један од стандардних метода за мерење коефицијента површинског напона. Овај метод је доста брз, те се зато често користи када је потребно брзо измерити коефицијент површинског напона. У методи откидања прстена се мери сила

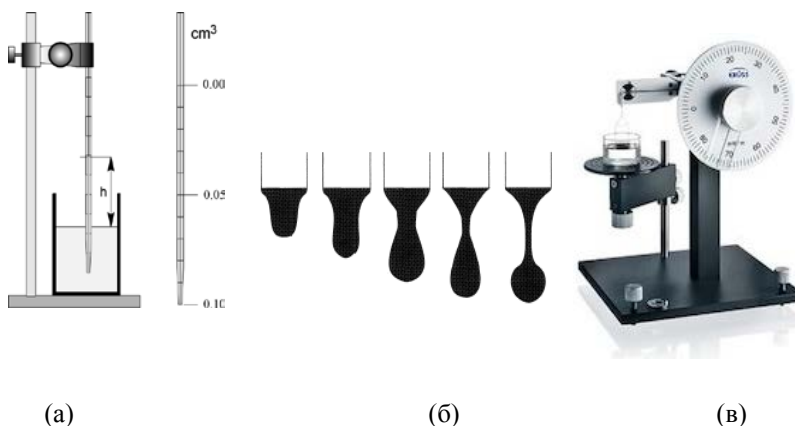
потребна да се откине прстен потопљен у испитивану течност. Мерење силе се врши торзионом вагом, слика 1в. Баждарење торзионе ваге извршено је еталонираним теговима који се налазе у склопу апаратуре. Торзиона вага је оптерећивана теговима ( $F$ ) и мерио се угао скретања казаљке ( $\alpha$ ) на основу чега је нацртана графичка зависност  $F=f(\alpha)$ . Израчунавање константе површинског напона се врши према једначини:

$$\gamma = \frac{F}{2\pi d} \quad (3)$$

где је:

$d=2,193 \cdot 10^{-2}$  m – пречник прстена

$F$  – сила површинског напона [3].



Слика 1 – Методе одређивања константе овршинског напона:  
(а) метод вертикалне капиларе, (б) метод капи и (в) метод прстена

## 1.2. Вискозност

При кретању реалних течности јављају се силе које се супротстављају кретању једних слојева течности у односу на друге, тј. јавља се унутрашње трење у течностима. Ово трење се назива вискозност. Сила вискозности успорава протицање течности и кретање тела кроз течност. Мера вискозности се изражава преко динамичког коефицијента вискозности чија је јединица Паскал секунда ( $\text{Pa}\cdot\text{s}$ ) [1-3].

За одређивање коефицијента вискозност развијено више директних и релативних метода, али ће овде бити обрађене две релативне методе које су коришћене у експерименталном делу рада. Прва метода је Освалдова метода а друга је Енглорова метода.

*Освалдова метода* је метода у којој течност мале запремине истиче кроз капилару. Мерењем времена истицања одређене запремине течности ( $t_x$ ) и времена истицања исте запремине воде ( $t_0$ ) израчунава се коефицијен вискозности према једначини:

$$\eta_x = \eta_0 \frac{\rho_x t_x}{\rho_0 t_0} \quad (4)$$

где су:

$\eta_x, \eta_0$  – вискозитети испитиване течности и воде

$\rho_X \rho_0$  – њихове густине

$t_x t_0$  – времена истицања.

Енглеров метод се такође своди на исти поступак, само што је отвор кроз који течност истиче већи и количина течности већа (200 cm<sup>3</sup>). Израчунавање се врши према једначини:

$$\eta = \frac{t_{penila}}{t_{vode}} [^{\circ}E] \quad (5)$$

где су:

$t_{penila}, t_{vode}$  - времена истицања наведених течности.

Резултат се добија у Енглеровим степенима, након чега се прерачунава у Раxs.

## 2. СРЕДСТВА ЗА ГАШЕЊЕ ПОЖАРА

Средства за гашење пожара представљају материје које могу да потпуно прекину процес сагоревања. Процес прекидања се остварује тако што се из процеса сагоревања одстрањује бар један од учесника сагоревања (горива материја, кисеоник или топлота). Тако нпр. увођењем средства за гашење пожара може се снизити температура, количина гориве материје и кисеоника или се успорава реакција сагоревања [5].

Највећу примену у гашењу пожара различитих материја има **вода**. Она се може користити директно или у смеси са различитим хемијским једињењима која повећавају њену способност прекидања процеса горења. Осим воде, распрострањена је и примена прашкастих материјала за гашење пожара класе Б и Ц али и за гашење пожара на електричним инсталацијама. Наравно, **прашкасти материјали**, да би се користили, морају да задовољавају неке карактеристике, односно да су: неотровни, стабилни, нешкодљиви и да су електро непроводни. Ист тако, као средство за гашење пожара распрострањена је и употреба **угљендиоксида**. Он се користи за гашење пожара класе Б, Ц и Е, нарочито за гашење пожара на електричним инсталацијама и пожара лако запаљивих течности у лакирницама и фарбарама. Употреба **халона** као средства за гашење пожара у многим земљама се више не користи, када је утврђено штетно деловање на људски организам и животну средину (уништавање озонског омотачау). Нова истраживања су усмерена на проналажење нових средстава, која би употпуности могла да замене халоне, али при томе морају да испуњавају еколошке захтеве

Све већим коришћењем нафте и нафтних деривата јавила се потреба за ефикаснијим средствима за њено гашење како вода не може да се користи јер је тежа и при пригашењу пада на дно резервоара. То средство је пена, која је најзаступљеније средство за гашење пожара након воде, а осим за гашење нафте и нафтних деривата користи се за гашење пожара у постројењима где се налазе хемикалије [5].

### 2.1. Пенила за гашење пожара

Пенила за гашење пожара представљају водени раствор, одређене концентрације, концентрата за пену који са ваздухом сачињавају мехурове. Пене се могу користити у комбинацији са другим средствима за гашење пожара, нарочито халонима, угљендиоксидом и прахом.



За стварање пене за гашење неопходно је увести најмање три пута већу запремину ваздуха. При овоме се запремина пене повећава четири пута у односу на воду. Оваква пена садржи 75% ваздуха и 25% воде. Данас се производе пене при чијем се стварању у течност уводи сто па и хиљаду пута већа запремина гаса. Основна својства која утичу на ефикасност пене као средства за гашење пожара су:

- број пенушања (упењавања) и експанзиона способност пене,
- стабилност (постојаност) пене,
- површински напон пене,
- вискозитет пене,
- топлотна проводљивост пене и
- дисперзност пене [5].

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

Експериментални део рада обухвата одређивања неких физичко-хемијских параметара (густина, константе површинског напона и коефицијента вискозности) одабраног пенила, концентрација 3%, 4%, 5%, 6%, 10%, 15%, 20% и 50%, применом различитих метода. При употреби пенила током акције гашења пожара користи се његов 3% раствор. Међутим карактеризација се врши за остале концентрације, јер уколико карактеристике пенила концентрације 3% не задовољава потребне услове праве се раствори већих концентрација док се не постигну захтеви.

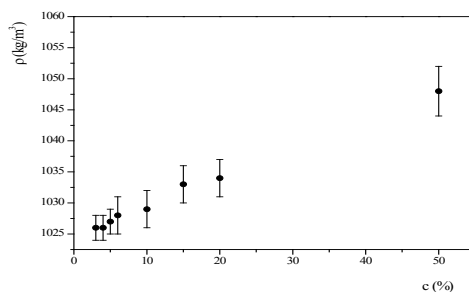
Густина пенила испитиваних концентрација извршена је пикнометском методом, а за мерење масе употребљена је аналитичка вага тачности  $5 \cdot 10^{-3}$  g.

Површински напон је, међутим, одређен са више метода и то: методом вертикалне капиларе, методом прстена и методом капи. Идеја је била да се провери да ли ће све методе дати сте вредности овог параметра. Према СТАНДАРДУ СРПС 7203-1:1995 (Концентрати за пену, Део 1: Технички услови концентрата за нискоекспанзиону пену која се површински примењује на течности немешљиве са водом) одређивање површинског напона треба да се врши методом прстена.

На сличан начин, коефицијент вискозности је одређен двома релативним методама. Обе методе су засноване на мерењу времена истицања испитиване течности и времену истицања дестиловане воде, дефинисане запремине.

### 4. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Вредности густине пенила, испитиваних концентрација, имају вредности у интервалу од  $1,026$ - $1,046$  kg/m<sup>3</sup> и показују концентрацијску зависност, слика 2.



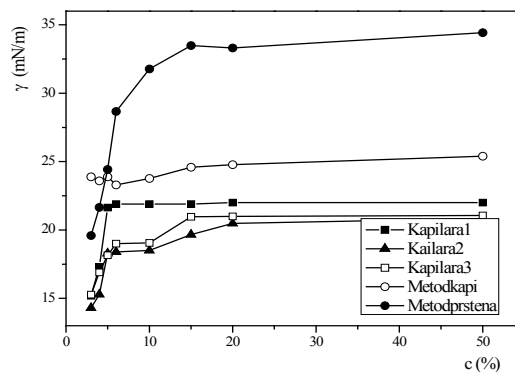
Слика 2 – Концентрацијска зависност густине пенила

Са слике 2 се јасно види да са повећањем садржаја пенила у раствору расте и густина раствора., али су све вредности веома блиске густини воде.

Константа површинског напона пенила испитиваних концентрација одређена је: методом вертикалне капиларе, методом прстена и методом капи. При чему је метод вертикалне капиларе примењен три пута са капиларама различитих полупречника (0,043, 0,061 и 0,038 cm) а вредност константе површинског напона је израчунат применом једначине (1). Након тога је исти параметар одређен методом капи, мерењем масе 100 капи (на аналитичкој ваги) испитиване течности и дестиловане воде, применом једначине (2). И коначно, константа површинске ваге одређена је методом прстена помоћу претходно калибрисане торзионе ваге. Наиме, торзионом вагом је одређена сила површинског напона, те је познавањем пречника прстена, и применом једначине (3) израчуната константа површинског напона. Резултати константе површинског напона пенила за гашење пожара, испитиваних концентрација, добијених са поменуте три методе приказани су у табели 1, док је концентрацијска зависност дата на слици 3.

Табела 1 – Резултати мерења константе површинског напона испитиваних концентрација пенила за гашење пожара

Концентрација (%)	$\gamma$ (mN/m)				
	Капилара 1	Капилара 2	Капилара 3	Метод капи	Метод прстена
50	22,0	20,83	21,057	25,4	34,42
20	22,0	20,48	20,99	24,77	33,31
15	21,9	19,66	20,97	24,59	33,48
10	21,9	18,51	19,06	23,77	31,77
6	21,9	18,4	19,0	23,3	28,67
5	21,64	18,29	18,15	23,89	24,42
4	17,3	15,29	16,9	23,59	21,65
3	15,2	14,3	15,28	23,89	19,59



Слика 3 – Концентрацијска зависност константе површинског напона испитиваног пенила

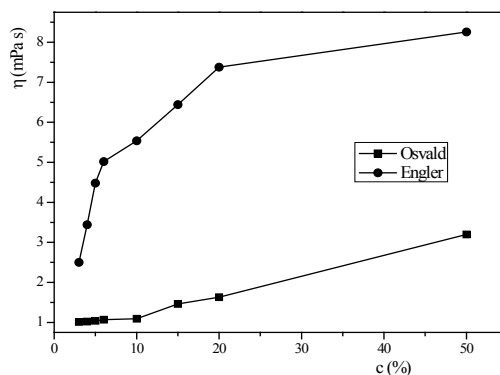
Анализа вредности датих у табели 1, али и посматрајају графичке зависности са слике 2 уочава се да се да константа површинског напона показује концентрацијску зависност, односно са повећањем концентрације повећава се њена вредност. То повећање је до концентрација

6% или 10 % практично линеарно, да би се након тога уочио веома лаган пораст-тако да се практично формира плато када концентрација достигне 15%. Друга веома важна чињеница је да се уочавају велике разлике у вредности константе површинског напона одређених методом капиларе са остале две методе. Све вредности добијене методом вертикалне капиларе (капиларе различитог полупречника) су приближне и у складу су са литеартурним подацима [4], док су разлике значајније употребом других метода. Посебно је велика разлика између методе прстена и методе капиларе, а разлике достижу чак и 50%.

За одређивање вредности коефицијента вискозности пенила у интервалу испитиваних концентрација употребљене су две методе: Освалдова и Енглера метода. Резултати добијени овим методама сау приказани у табели 2 и графички приказани на слици 3.

Табела 2 – Вредности испитиваних концентрација добијене Освалдовом методом

Концентрације (%)	$\eta$ (mPa·s)	
	Освалд	Енглер
50	3,2	8,26
20	1,63	7,38
15	1,46	6,44
10	1,09	5,54
6	1,07	5,02
5	1,04	4,48
40	1,02	3,44
30	1,01	2,5



Слика 4 – Концентрацијска зависност коефицијента вискозности испитиваног пенила

Прво што се уочава при анализи резултата коефицијента вискозности испитиваног пенила је велика разлика у вредностима добијена два метода за исту концентрацију. Разлике су биле очекиване због тога што је време истицања методом Енглера веома мало, тако да се јавља велика грешка при укључењу и искључењу штопернице, међутим, не толико велике. Консултовањем литературних одака [7,8] није могло да се утврди која вредност је приближније, јер су у литератури уочене изузетно велике разлике коефицијента вискозности за различита пенила а за испитивано пенило нису добијени никакви подаци о његовој врсти, тако да се није могло утврдити којој групи пенила припада и које су му очекиване карактеристике.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Рад је обухвати истраживање неких физичко-хемијских параметара (константе површинског напона и коефицијента вискозности) одабраног пенила, како би се утврдило да ли постоје разлике наведених параметера услед примене одређене методе. Површински напон је одређен са више метода и то: методом вертикалне капиларе, методом прстена и методом капи, док је коефицијен вискозности одређен двома релативним методама: Освалдова метода и Енглера метода. Испитивања су обухватила интервал концентрација пенила: 3%, 4%, 5%, 6%, 10%, 15%, 20% и 50%.

Анализа вредности зависности оба параметра флуидности пенила, показује јасну концентрацијску зависност. Регистрована је повећање оба параметра са повећањем концентрације. Веома важна чињеница је да се уочавају велике разлике у вредности оба параметра у зависности од методе са којом су одређени. Анализи резултата коефицијента вискозности, испитиваног пенила, је велика разлика у вредностима добијена двома методама за исту концентрацију. Како се и у литератури сусрећу изузетно различите вредности овог параметра за пенила, решење ми могло да буде употреба неке друге али обавезно директне методе.

Све вредности константе површинског напона добијене методом вертикалне капиларе (3 капиларе различитог полупречника) су приближне и у складу су са литеартурним подацима, док су уочене значајне разлике употребом других метода. Посебно је велика разлика између методе прстена и методе капиларе, а разматрајући техничке потребе за обе методе, стиче се утисак да је метода вертикалне капиларе једноставнија, бржа и тачнија.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Avramov M.(2007): *Fizika*, Novi Sad, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu.
- [2] Avramov M., Petrović V. (2012): *Praktikum laboratorijskih vežbi iz fizike*, Novi Sad, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Novom Sadu.
- [3] Božin S., Napijalo M., Žegarac S., Božin J., Vidaković P., Dojčilović J., Zeković Lj. (1990): PRAKTIKUM IZ FIZIKE Eksperimentalne vežbe za studente I godine fizike, Beograd, SINEX.
- [4] Hauner I.M., et al. (2017): The Dynamic Surface Tension of Water, *The Journal of Physical Chemistry*, <https://phys.org/news/2017-04-dynamic-surface-tension.html>
- [5] Mihajlović E., Dragan M., Janković Ž.(2009): *Procesi i sredstva za gašenje požara*. Niš: Fakultet zaštite na radu.
- [6] Pellicer J., Garcia-Morales V., Guanter L., Hernandez M. J. and Dolz M. (2002): On the experimental values of the water surface tension used in some textbooks, *American Journal of Physics*, 70, 705-709.
- [7] Tureková I., Balog K.(2010), The Environmental Impacts Of Fire-Fighting Foams, Research Papers Faculty Of Materials Science And Technology In Trnava Slovak University Of Technology In Bratislava ,Number 29, 111-120.
- [8] Dlugogorski B.Z., Kennedy E.M., Schaefer T.H., Vitall J.A.(2002), What roperties matter in fire-fighting foam?, 2nd NRIFD Symposium, Tokyo

Драган КАРАБАСИЛ<sup>1</sup>

Саша ПЕТКОВИЋ<sup>2</sup>

## ФУНКЦИЈЕ МОЗГА У ЕКСТРЕМНИМ УСЛОВИМА У ОПОЖАРЕНОМ ОБЈЕКТУ

**Резиме:** Рад обрађује веома сложену проблематику функционисања мозга у условима пожара. Дисфункције овог органа су у директној вези са телесном температуром која расте са порастом температуре у опожареном објекту. Друга велика група проблема у раду овог органа везана је за токсично деловање хемикалија из дима које жртва удише. Отказ централног нервног система у највећем броју случајева није праћен и губитком свести. Смртно угрожена особа је „потпуно свесна“ али се понаша чудно. Овакво понашање се манифестује симптомима који ће заварати и жртву и спасиоце ако исти нису припадници професионалних или добровољних ватрогасних јединица који су обучени да препознају та стања. Резултат је остављање угрожених да их смрт докрајчи.

Ове проблеме пиротоксикологија препознаје као инкапациацију и кататонични синдром. Наравно и жртве имају свој угао гледања где ће их сопствени мозак убити уз субјективно осећање неизмерне среће и небеског мира и опуштености. Овај осећај ће произвести све мањи прилив кисеоника у мозак (пожар за сагоревање користи кисеоник и његова концентрација се смањује) и енормно лучење адреналина, јер ЦНС зна да је смрт исувише близу. Осећање овог блаженства олакшава жртви последње тренутке и они умиру са осмехом.

**Кључне речи:** отказ мозга у пожару, инкапациација, кататонија, кататонични синдром

## FUNCTIONS OF THE BRAIN IN THE EXTREME CONDITIONS OF THE FIRE OBJECT

**Abstract:** The paper deals with a complex system of brain functioning in case of fire. Dysfunction of this organ is directly related to body temperature, which increases with temperature in the burning building. Another large group of problems in the work of this body is related to the toxic effects of chemicals in the smoke inhaled by the victim. Collapse of the central nervous system in most cases is not threatened and loss of consciousness. Fatally compromised person is “fully aware” but it behaves strangely. This behavior is manifested by symptoms that will fool even the victim and rescuers if they are not members of either professional or volunteer fire units that are trained to recognize these states. The result is leaving them vulnerable so death can finish its job.

These problems pyro toxicology recognized as catatonic syndrome. Of course, the victims have their own perspective, but it will kill them with its own brains with a subjective feeling of immense happiness and tranquility. This feeling will produce less and less oxygen supply to the brain (fire combustion uses oxygen and its concentration is reduced) and an enormous adrenaline, because the CNS knows that death is too near. The feeling of bliss makes victims last moments, and they die with a smile.

**Key words:** brain collapse in the fire, incapacitation, catatonia, catatonic syndrome

<sup>1</sup> Карабасил др Драган, професор струковних студија Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду, Нови Сад.

<sup>2</sup> Петковић др Саша, лекар специјалиста, Нови Сад

## 1. УВОД

У већини јавних објеката у којима борави већи број људи у Србији нема **аутоматског** система за алармирање. За гашење још мање. Када пожар крене једина шанса да се сви обавесте о опасности је да се искористи разглас ако има, или гласни повици припадника физичког обезбеђења, односно оних који су задужени за безбедност, који ће присутне упозорити на **смртну** опасност, генерисану у објекту. На жалост и за ову врсту узбуњивања је неопходна синхронизација и увежбавање. Већина особља задуженог за безбедност објекта и људи у њему, не зна прави поступак у случају пожара.

Непостојање система аутоматског алармирања и аутоматског обавештавања ватрогасаца о пожару прави двоструку штету. Нема позива ватрогасцима и нема брзе евакуације. Пракса да ће власник, запослени радници или неко од присутних обавестити ватрогасце увек се изјави јер ће људи затечени у опожареном објекту погрешно мислити да је власник објекта или неко од запослених обавестио ватрогасце. Пракса у свету показује да ће се то одрадити тек када ситуација постане критична и констатују да је њихов пријатељ у смртној опасности од пожара и да му нема спаса. Када присутни назову ватрогасце већ су сви, који се нису евакуисали, одавно мртви. Познато је да у предпозарном планирању пробне евакуације представљају значајну меру за смањење ризика од смртних исхода код корисника објекта у случају појаве ватре. У Србији се ретко предузимају пробне евакуације, што указује на озбиљност проблема, јер сви сматрају да су потенцијалне жртве довољно паметне да се евакуишу и да се ту нема шта увежбавати. Дobar пример је пословни објекат НИС-а у Новом Саду где је обављена евакуација целе зграде у истом тренутку укључивањем свих сирена за узбуњивање у случају пожара. Више од 60 особа није напустило објекат – нису чули сирене јер је евакуација звучно сигнализирана по слободном избору људи који су организовали вежбу. Проблем је био у чујности сирена. Оне треба да генеришу звук који је 30 децибела изнад средњег нивоа буке уштићеном простору. Овакви и слични проблеми израњају на видело у оваквим предпозарним вежбама.

Кашњење у прве две фазе доводи до ланчаних кашњења у свим операцијама које следе и чији је циљ заустављање пожара. Гашење почетних пожара је од животне важности за све угрожене. Могу га обавити само они који су овладали руковањем апаратом и његову тактичку примену. У Србији не постоји ни један полигон за практичну обуку становништва у гашењу почетних пожара. И поред тога што сами не умеју погасити пожар апаратом већина посетилаца и корисника објеката верује се да ће бар једна особа умети да активира апарат и заустави трагедију. Оваква веровања су прилично сигуран пут без повратка.

Основа масовног обучавања из заштите од пожара требало би да буду добровољна ватрогасна друштва. Они окупљају грађане упућују их у елементарне фазе развоја пожара и ефикасног гашења са практичним радом на полигону. Њихов рад је тренутно у Србији значајно запостављен тако да су изостали и резултати. У развијеним европским државама то се обавља у фирмама које располажу са полигонима и уз новчану накнаду обучавају све који су заинтересовани и могу то да плате. Добровољна ватрогасна друштва то обављају бесплатно па би број оних који прођу обуку могао бити значајан.

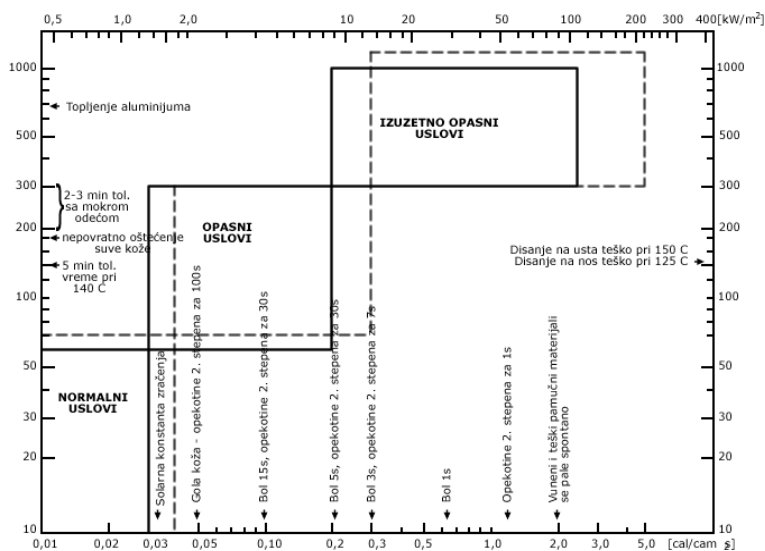
После свих наведених неуспешних фаза, да би се избегло најгоре, остаје још само самоспасавање. Особа мора да је свесна опасности, способна да хода, едукована довољно да зна да се најближим путем упути ка излазу, да не удише дим и токсине у њему и да после напуштања објекта удаљи се 10 до 15 m од њега како не би страдала од пламених удара. Већина жртава у пожарима успе да напусти објекат али има и таквих који побегну на највишу коту опожареног објекта и ту их покоси смрт. Свакако да је на њихову смрт утицало врло много пропуста почево од образовања па до законских прописа. Постављамо питање шта

је са функцијама мозга у оваквим ситуацијама? Да ли се људи заваривају поуздавајући се у функције мозга? Међу жртвама има и доста интелектуалаца и људи који су посветили живот проучавајући коришћење мозга и интелекта.

## 2. ТЕЛЕСНА ТЕМПЕРАТУРА И ФУНКЦИЈЕ МОЗГА

Излагање људи при пожарима топлоти доводи до пораста телесне температуре. Сви знамо да смо, као деца при високој температури имали бунцања и да су нам функције мозга рапидно помућиване. Наравно да се иста ствар догађа и у пожарима, пораст температуре у простору доводи до пораста телесне температуре и температуре самог мозга. Пораст температуре може се класификовати према степену излагања топлоти и времену деловања топлоте на човека. На Слици 1 је дијаграм у којем се јасно виде 3 подручја опасности, дефинисана према температури ваздуха и току радијацијске топлоте<sup>3</sup>.

Истраживања су показала да температура под стропом опожареног објекта достиже 165°C за период од 2 минута. Очигледно је да особа у опожареном објекту мора бити на што је могуће нижој коти, ако већ не може да напусти угрожени простор. Физиолошка граница удисања врелог ваздуха је 70°C и то је граница где се губи свест.



Слика 1 – Топлинска изложеност ватрогасаца

Особе у опожареном објекту су рутински изложени температури ваздуха од 25 - 60 °C и флуксу радијацијске топлоте од 1-8 kW/m<sup>2</sup> већ у самом почетку пожара. Топлотни стрес код њих је проузрокован самим пожаром ( $\approx 200 \text{ W}$ ). Губитак воде због перспирације типично износи 1-2 l/h. Током краткотрајних опасних ситуација, корисници објекта могу бити изложени температурама ваздуха од 60-300 °C и флуксу радијацијске топлоте од 8-20 kW/m<sup>2</sup>. Дисање кроз нос постаје тешко при 125 °C, дисање на уста при 150 °C, док ће неповратне повреде суве коже настати при излагању од 30 секунди и температури од 180 °C. У случају да их пожар „прегази“ или ако остану заробљени у пожару, људи не могу очекивати да ће успети побећи без смртоносних или најмање озбиљних озледа које им могу угрозити живот.

<sup>3</sup> Hoschke, B.N.: Standard and specification for firefighters clothing, Fire Safety Journal, vol. 4/2, p.125-137,

### 3. ФИЗИЧКА НЕМОЋ У ПОЖАРИМА – ИНКАПАЦИТАЦИЈА

Жртве токсина из дима пожара имају озбиљне проблеме са функцијама мозга и расуђивањем, које остали присутни неће регистровати јер су и сами заузети сопственим спасавањем. Први проблем са расуђивањем је одабир заклона који у пожару апсолутно не постоји. Одабирају просторију која је са малим пожарним оптерећењем и ту се склањају не слутећи да су у смртоносној клопки и да дим неумољиво продире у одабрани део простора и усмрћује их. **Једино безбедно место је најхитније напуштање опожареног објекта.** У становима који су опожарени често ће одабрати купатило и напунити каду водом где ће их спасиоци пронаћи, али мртве.

Инкапациција је заједничко деловање више токсина из дима пожара који парализују жртву. Позната је у медицинским наукама као синергијски леталитет. Карактерише је физичка немоћ жртве. Сматра се да је на челу листе токсина који синергијски делују цијановодоник. Настаје на пример при сагоревању полиуретана – „лурпена“. У јако ниским концентрацијама он већ може да изазове инкапацицију и да жртва која не може да се креће буде докрајчена угљен-моноксидом, топлотом или неким другим токсином. Инкапациција се латински назива „*adynamia acuta ruyotoxica*“. Карактерише се присуством свести и апсолутном немогућношћу кретања.

Инкапациција у пожару настаје из следећих разлога:

Физичка одсеченост жртве, због;

- задимљења пута евакуације; опскурације,
- високе температуре у коридору на путу евакуације,
- висине објекта у коме се налази жртва,
- закључаност просторије у којој се налази жртва.

Нагли пораст јаких иританата у диму пожара, који изазивају;

- јаку лакримацију,
- блефароспазам,
- ларингоспазам.

Неуромускуларна дисфункција, која је настала због:

- директне аноксије,
- индиректне аноксије, без срчаног застоја
- индиректне аноксије, са акутним срчаним блоком
- карбоксимиоглобинске рабдомиолизе.

Погрешне процене и погрешне одлуке;

- пожртвовање-гашење пожара,
- пожртвовање-враћање у угрожени простор због општег добра (искључење компјутера),
- враћање у пожар због заборављених личних ствари,
- враћање у пожар због кућних љубимаца.

Контрапродуктивне психолошке реакције:

- паника,
- дезоријентација,
- кататонички синдром,



- тренутни поремећај понашања,
- скривање,
- закључавање,
- улазак у каду са водом,
- једном речи; отказ расуђивања у мозгу.<sup>4</sup>

Немогућност успостављања контакта спасиоца са жртвом због:

- дисфоније,
- афонија,
- физичког хендикепа жртве – глувонем или слеп,
- неадекватне психолошке реакције; дезоријентација, паника, акутна поремећена понашања

Сви они који буду жртве инкапациције се не могу сами спасти. То исто не могу да им ураде ни ватрогасци. Према статистици МУП-а ватрогасци у Србији стижу у просеку на пожар за 14 минута. Према Пурсеру и сарадницима већ после 3 минута у опожареном објекту концентрација отровних гасова и температура усмрћују жртву. Једина шанса да они који су закаснили са евакуацијом буду спасени је, да их из опожареног објекта, изнесу корисници који су свесни опасности у којима се дотични налазе. Никакви савети типа „Људи бежите изгинућете“ неће дати резултате, јер се жртве не могу кретати.

#### 4. КАТАТОНИЈА У ПОЖАРИМА

Други проблем у расуђивању је кататонични синдром, односно едем мозга услед дејства токсина на ЦНС. Кататонични синдром је стање мозга које лаици не могу препознати

Кататонија или кататонични синдром је ментални поремећај, који се манифестује углавном као поремећај моторних активности.

Кататонија је синдром код шизофреније и психоза као резултат тровања, инфекције или органских можданих лезија. Веома се често среће као последица тровања у:

- рударству,
- на нафтним пољима или на резервоарима сирове нафте,
- у пожарима објеката где се окупља више људи и
- другде

Постоје две наизменичне фазе: омамљеност и узбуђење.

##### *Фаза омамљености*

У кататоничној омамљености, укоченост скелетних мишића се повећава до тачке где жртва остаје блокиран у било ком положају (оном у којем се налази на почетку напада), што му задаје веома непријатан осећај. Крутост мишића може да досегне и крајње границе мишићне напетости. Грчење мишића постаје толико интензивно у мишићима ближим трупу да особа заузима фетални положај. Израз лица је замрзнут, а жртва остаје потпуно нема и не комуницира. Жртва не реагује на спољне утицаје (на пример, бол), или чак ванредне околности (пожар, земљотрес) тако да чак ни када би то било логично, страдалник не покушава да се заштити. Сваки покушај да промените положај особе у дубокој омамљености ће изазвати додатни отпор мишића.

<sup>4</sup> Беритић Т и др.: „Дим и немоћ (инкапациција)“, ч. Пожар-експлозија-превентива, бр 1-2, Сарајево, 1990, стр 103-105

### Фаза „помаме“

Кататонично узбуђење може бити бизарно и патетично. Жртва ове фазе кататоније се понашају будаласто, бунцају, певају, говоре гласно или вичу, нападају све око себе импулсивно, избеумљено, и агресивно. У пожарима угоститељских објеката овај вид кататоније веома личи на пијанство и спасиоци заобилазе ове несрећнике убеђени да су „мало више попили“. Обично им, у случају пожара поделе неки савет као на пример „бежите напоље изгинућете“.

Искуства људи који су „за длаку“ избегли смрт у пожару овако описују кататонијско узбуђење: „Пробудио сам се у хотелској соби а да нисам имао појма где се налазим. Обузела ме је нека Божанска смиреност. У животу никад пре ни после тога нисам осећао такву мирноћу и плим небеске среће. У том тренутку у собу је ушао ватрогасац у комплетној заштитној опреми и лично ми је на самог сотону. Грубо ме је зграбио за руке и почео да вуче из собе ка евакуационом степеништу. Пошто су ми руке биле блокиране замахнуо сам да ударим ногом ту сподобу у свемирској одећи. У том часу ми је прорадио рационални део мозга и рекао сам себи “будало умиреш, брзо напоље“ Сећање лекара С. П. на пожар хотела у Барселони.

Жртвине сећање на догађаје под кататоничним узбуђењем је углавном јасно, тек се понекада деси да се жртва сећа догађаја као кроз маглу, али једно је заједничко за све, а то је да сви памте шта се догодило. Кататонија у пожарима се лечи грабљењем жртва за руке и ноге и извлачење на неугрожени простор – место одређено за тријажу. Неопходно је најмање два спасиоца да би блокирали руке и ноге жртва, која наступа агресивно и напада спасиоце.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Највећи број угрожених на време напусти објекат који је у пожару. Онај мањи број олако прихвата опасности и ризик за живот погрешно верујући да ће их мозак и реално расуђивање извести из смртоносне замке. На жалост, мозак је први орган који ће отказати на пожару у присуству повишене температуре и токсина.

Жртва неће изгубити свест што ће потенцијалне спасиоце заварати и они ће делити савете жртвама све док не буду морали, због сопствене угрожености напустити опожарени објекат.

Сви они који не реагују на опасности од пожара, а свесни су, морају бити, применом силе, изнешени из објекта. Једино то ће им спасти живот. Остављање истих у опожареном простору је смртна казна, коју нису заслужили.

Помозимо људима да препознају смртне опасности у пожарима и помогну другима, ако при том не угрожавају сопствени живот. Уосталом то је и законска обавеза у Србији и у целом свету.

## 6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Purser D., Grimshaw P., Berril K. R. “Intoxication by Cyanide in fires: A study in monkeys using polyacrylonitrile”, Arch Environ Health, 1984.
- [2] Беритић Т., Зрилић И., Антабак А.; “Дим и немоћ (инканицитација)”, Пожар – Експлозија – Превентива, Сарајево, 1990.
- [3] Purser D., i dr; “Hox toxic smoke products affect the ability of victims to escape from fires“, Fire Prev., 1985; (179): 28-32

Срђан НИКОЛИЋ<sup>1</sup>

Света ЦВЕТАНОВИЋ<sup>2</sup>

## МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЕ У ПОЖАРИМА КАО МОГУЋНОСТ СМАЊЕЊА ШТЕТНОГ УТИЦАЈА ТОПЛОТЕ НА ЧОВЕКА

**Резиме:** У тактици гашења пожара може се отворити питање: да ли недостатак података о тренутним температурама којима су ватрогасци-спасиоци изложени у простору интервенисања при гашењу пожара, директно угрожава њихову безбедност и да ли се тиме посредно утиче на квалитет и исход успешности интервенција, а као резултат свега тога, доводи и до смањења могућности за спасавање угрожених лица.

Односно, осим облачења и коришћења комплета заштитних униформи на интервенцијама, да ли увођењем мониторинга температуре при гашењу пожара, можемо побољшати заштиту ватрогасаца од топлоте и квалитет интервенције у свим њеним сегментима?

Мониторингом температуре у пожарима створиле би се могућности за управљење и контролу изложености ватрогасаца спасиоца штетном утицају топлоте приликом интервенисања гашења пожара и до смањења штетних топлотних ефеката на најмању меру, чиме би се додатно осигурала и повећала безбедност свих учесника у догађају.

**Кључне речи:** тактика, гашење, пожар, температура, мониторинг, топлота, безбедност.

## MONITORING TEMPERATURE IN FIREWORKS AS A POSSIBILITY OF REDUCING THE HARMFUL IMPACT OF HEAT ON HUMAN

**Abstract:** In the fire-fighting tactic, the question may arise: does the lack of data on the current temperatures that firefighters are exposed to in the fire intervention area directly threatens their safety and whether this indirectly influences the quality and outcome of the success of interventions, and as a result In all, it also leads to a reduction in the possibilities for rescuing endangered faces?

In other words, besides dressing and using a set of protective uniforms on interventions, by introducing temperature monitoring during fire fighting, can we improve the protection of firefighters from heat and the quality of intervention in all its segments?

Monitoring of temperature in fires would create possibilities for managing and controlling the exposure of firefighters to the damaging effect of heat when intervening fire extinguishing and minimizing harmful thermal effects, which would additionally ensure and increase the safety of all participants in the event.

**Key words:** tactics, fire fighting, fire, temperature, monitoring, heat, security.

<sup>1</sup> Командант Ватрогасно спасилачке бригаде Ниш, МУП РС: srdjan.nikolic@mup.gov.rs

<sup>2</sup> Доцент, др, Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду у Нишу: sveta.cvetanovic@znrfac.ni.ac.rs

## **1. МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЕ У ПОЖАРИМА КАО МОГУЋНОСТ СМАЊЕЊА ШТЕТНОГ УТИЦАЈА ТОПЛОТЕ НА ЧОВЕКА**

Интервенције гашења пожара су догађаји који се одвијају у затвореним или на отвореним просторима код којих је температура највећа у делу простора у коме се налази жариште пожара, а удаљавањем од жаришта у свим правцима температура опада. Жариште пожара заузима мањи део простора одвијања пожара. Пад температуре у простору око жаришта пожара није уједначен у свим правцима. За сваку тачку у простору зависиће пре свега од растојања од жаришта и висине од пода или тла, а и од других фактора, међу којима су значајнији смер и брзина струјања ваздуха, кретање дима и продуката сагоревања, положај и величина препрека које се налазе у окружењу, а зависиће и од времена које је протекло од настанка пожара, односно од фазе развоја пожара.

Сва ова питања описана су у стручној литератури, а позната су и ватрогасцима спасиоцима из искуства стечених на интервенцијама гашења пожара. То би на неки начин било довољно као предуслов за учествовање на интервенцијама по питањима успешности гашења пожара и безбедности ватрогасаца спасиоца.

Међутим, зато што знамо да не постоје два иста пожара, а самим тим ни две исте интервенције, ватрогасци спасиоци не могу на основу теоријских знања и стечених искуства знати величину температуре којој су тренутно изложени, ни време трајања излагања, као основне параметре штетног утицаја топлоте на човека. Углавном се до тих сазнања долази са закашњењем, најчешће када су последице већ наступиле, а у неким случајевима и након завршетка интервенције када су последице накнадно постале видљиве.

Недостатак података о тренутној температури у простору интервенција, у случајевима када топлота још увек не представља велику опасност по безбедност ватрогасаца спасиоца, због опрезности може довести до одустајања или привременог одлагања спровођења одлучујућих тактичких радњи у циљу ефикасног и брзог гашења пожара, а тиме довести у питање и успешност интервенције.

Супротно од тога, при брзом и енергичном наступу ватрогасних екипа, недостатак података о тренутној температури којој су изложени ватрогасци спасиоци, може повећати опасност од штетног утицаја топлоте.

Сталним мониторингом температуре којој су изложени ватрогасци спасиоци у свим фазама интервенције гашења пожара, створиле би се могућности за праћење, контролу и управљање изложености штетном дејству топлоте на човека. Тако би се на најбржи начин могло директно утицати на смањење штетног утицаја топлоте у пожарима на ватрогасце спасиоце, а и све друге који се буду нашли у њиховом непосредном окружењу.

Поређења ради, мерење температуре је неопходно у многим другим областима. Врло често је у пракси потребно праћење и меморисање добијених података. На пример, температура се мери на уређајима као што су системи грејања, хлађења и климатизације, затим у прехранбеној, хемијској, металној, гумарској, петрохемијској и другим индустријама, у метеорологији, медицини, кулинарству и многим другим областима. Знамо да је за рад мотора СУС важна контрола и стално регулисање температуре а многи електромотори имају уграђену термозаштиту од прегревања услед преоптерећења или кратког споја. Свакодневно су нам преко медија доступни подаци о дневним и прогнозираним температурама, просечним периодичним и историјски максималним и минималним температурама. Наведене и многе друге области незамисливе су без мерења и регулисања температуре.

## 1.1. Мерење температуре у пожарима

Постоји више начина којим можемо мерити температуру у пожарима, са циљем да нам добијени подаци помогну у повећању нивоа безбедности ватрогасаца спасиоца, односно дају могућност за смањење штеног утицаја топлоте на човека. Да би то постигли, најпре морамо одредити:

- места у простору одвијања пожара за која желимо да знамо податке о величини температуре;
- време настанка и трајања одређеног нивоа температуре у пожарима и
- учеснике догађаја као кориснике тих података.

Пошто су као предуслови за мерење температуре у пожарима набројани место, време и учесници, можемо промене температуре у пожару посматрати као посебан догађај. Зато у пракси често и кажемо да се у току пожара у неком простору догодио нагли скок температуре или након изгарања гориве материје или стварања услова за вентилацију простора десио се пад температуре.

Промене температуре у простору одвијања пожара се увек догађају, али за нас су најзначајније промене које се дешавају у простору у коме су штетном утицају топлоте изложени ватрогасци спасиоци. Ако се догоди излагање температури изнад нивоа који угрожава безбедност ватрогасаца спасиоца, доћи ће до последица повређивања. А ако излагање траје дуже, последице повређивања биће веће, сразмерно времену излагања. Топлота пожара загрева површину коже, када температура на површини коже достигне 44°C [1], долази до осећаја бола. Даљим загревањем и повећањем температуре долази до поређивања и последица које су познате.

Ватрогасна заштитна одела пружају ниво заштите од топлоте који је сразмеран квалитету одела која морају бити израђена у складу са Српским стандардом, Заштитна одећа за ватрогасце – Захтеване перформансе за заштитну одећу за ватрогасце (**SRPS EN 469:2010**) [2].

Значи, у циљу безбедности и заштите ватрогасаца спасиоца од штетног утицаја топлоте у пожарима, подаци о температурама којим су они конкретно изложени су од вањег значаја од података о температури жаришта пожара или неких угрејаних површина грађевинске конструкције и слично. Ово је тако из разлога, што се удаљавањем од жаришта температура смањује у свим правцима, а безбедним растојањем од жаришта пожара, можемо да утичемо на ниво изложености штетном дејству топлоте у пожарима. Само је остало нејасно, колико је безбедно растојање од жаришта пожара и како одредити то растојање у непознатим и непредвидивим условима у фази проналажења жаришта пожара!?

Контролу нивоа изложености штетном дејству топлоте у пожарима можемо постићи сталним праћењем података о тренутној температури окружења у коме се налазе ватрогасци спасиоци и времену задржавања у тим условима, односно сталним мониторингом температуре у окружењу свих који се приближавају жаришту пожара.

У пракси, на интервенцијама гашења пожара, увелико је у примени употреба термовизијских камера, о чему ће овде бити речи.

Али за потребе мониторинга температуре у пожарима којој су ватрогасци спасиоци директно изложени, треба тражити нова решења која могу ићи у правцу сталног мерења, праћења и меморисања података о величини температуре у непосредном окружењу ватрогасаца спасиоца. То би значи била температура којој су они директно изложени а подаци о томе би били доступни у истом тренутку не само њима, већ би могли бити доступни руководиоцу интервенције, командно оперативном центру и свим заинтересованим.

### 1.1.1. Употреба термовизијских камера за мерење температуре у пожарима

Индустријска примена инфрацрвене термографије је почела средином шездесетих година прошлог века. Начини коришћења ове технологије су неограничени, при чему је основна претпоставка на којој се она заснива, да сви објекти изнад апсолутне нуле ( $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) емитују невидљиви инфрацрвени спектар зрачења, који представља функцију више различитих карактеристика објекта, од којих се само једна односи на температуру. Са повећањем температуре објекта, расте и интензитет емитованог ИС зрачења. Инфрацрвени уређаји (радиометри, ИС камере) не мере директно температуру објекта, али детектују енергију зрачења која представља функцију температуре, тако да она може веома прецизно да се израчуна.

Термовизијске или ИС камере представљају неконтактне сензоре температуре. То су уређаји који генеришу слику на основу инфрацрвеног спектра зрачења. Принцип рада је такав да се инфрацрвени спектар зрачења (невидљив за људско око) који емитује неки објекат, преводи у видљиву слику (термограм) на коме се добија податак о температури и класификују се површине које емитују различите количине инфрацрвеног зрачења (веће зрачење – светлије боје), док исте боје представљају изотермалне површине које емитују једнаке количине топлоте.

Примена ИС камера уско је везана за случајеве где промена термичке слике може указати на неку аномалију. У циљу детектовања енергетских губитака, нарочито у урбаним срединама, могућа је примена ове методе као део интегрисаног система прикупљања просторних података

На тржишту постоји велики избор термовизијских камера, са све напреднијим техничким карактеристикама и могућностима, мерним распоном температуре од  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , термалном осетљивошћу од  $0,02\text{ }^{\circ}\text{C}$  и тачности мерења:  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  или 2%, при температури од  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

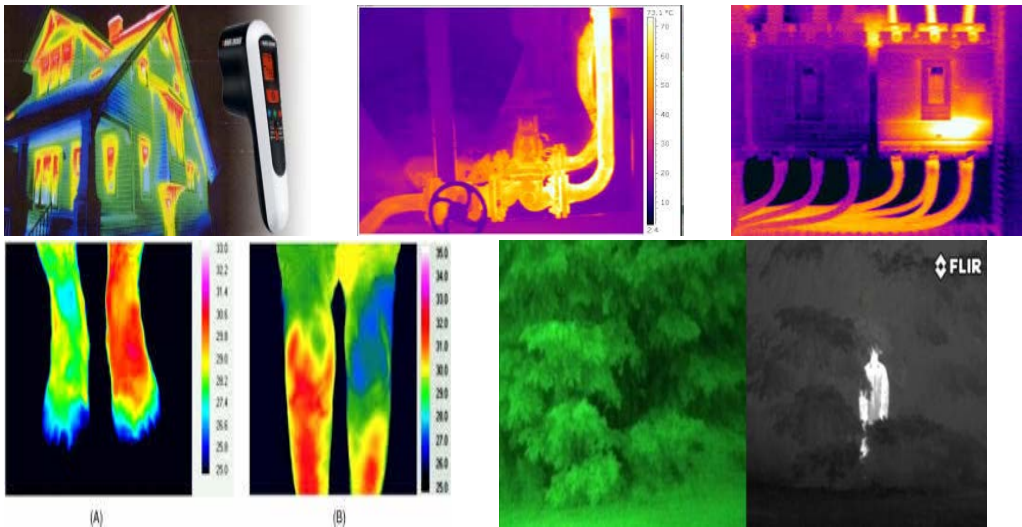
На слици 1. приказани су неки од многобројних доступних модела термовизијских камера.



Слика 1 – Термовизијске камере

Извор: <http://www.metroteh.rs/flir-e5-wifi>

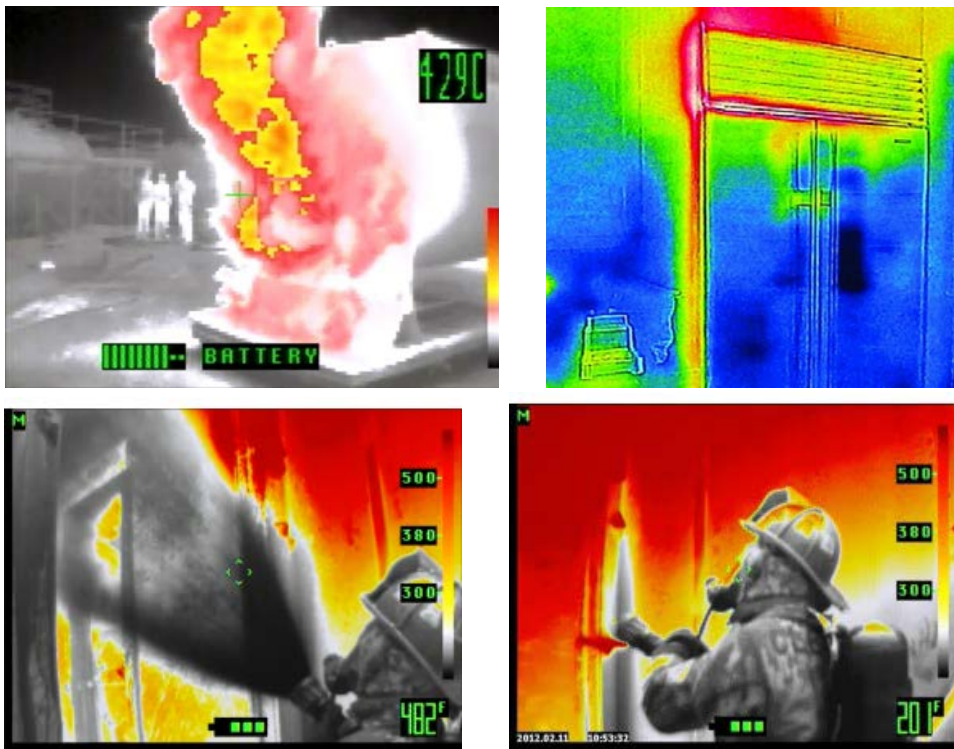
Примена је увелико заступљена у многим областима грађевине, термотехнике, електротехнике, медицине, и другим, а користе се и за ноћног осматрање, претраге терена, обезбеђење граница и слично, што је приказано на слици 2.



Слика 2 – Примена термовизијских камера у разним областима

Извор: <http://mehatronika.blogspot.com/2012/10/termovizijaska-analizatermografija-i.html>, <http://www.sesshudeign.com/5-tips-for-green-remodeling-from-top-eco-architect-2/>, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0967-3334/33/3/R33>

Термовизијске камере пружају изузетне могућности праћења температура свих површина приликом пожара, што је приказано на слици 3.



Слика 3 – Примена термовизијских камере у пожарима

Извор: <http://tehprojekt.com/product/161/termovizijaska-kamera-isp-e380>

Употребом термовизијских камера на интервенцијама гашења пожара омогућава се брже проналажење жаришта још у фази извиђања пожара, што олакшава и убрзава доношење одлуке и правилно концентрисање и усмеравање ватрогасних екипа у правцима дејства у којима ће њихов ефекат бити највећи.

Термовизијским камерама добијамо податак о температурама површина или самог жаришта пожара, а и даље не знамо температуру у непосредном окружењу ватрогасаца спасиоца, која је у ствари меродавна за процену опасности од штетног дејства топлоте у пожарима. У ту сврху неопходно је тражити друге начине мерења и праћења температуре у пожарима, којом је изложен сваки ватрогасац спасиоц посебно.

### 1.1.2. Други начини мерења температуре у пожарима

За мерење температуре у пожару могу се користити контактни температурни сензори, који у ствари мере своју властиту температуру, а то је уједно и температура објекта са којим је сензор у контакту, под претпоставком да су у топлотној равнотежи. Њихов принцип рада заснива се на физичким особинама материјала који се користе за њихову израду. Најчешће се користе:

- запремински термометри,
- електрични термопарови,
- отпорнички детектори температуре,
- термистори,
- диоде и други.

Запремински термометри раде на основу појава да се физичка тела загревањем шире, а хлађењем скупљају, и да топлота прелази са тела више температуре на тело са нижом температуром. Користе се живини, алкохолни и биметални термометри.

Електрични термопарови раде на основу појаве кретања електрона у електричним проводницима термопарова, уколико се њихови спојеви налазе на различитим температурама. Услед разлике у температурама на спојевима термопарова долази до појаве напона – разлике потенцијала на прикључцима термопарова.

Отпорнички детектори температуре раде на основу физичког принципа позитивног температурног коефицијента електричног отпора метала. Дакле, што су топлији то им је отпор већи. У главном се користи платина као материјал за њихову израду. Готово да су линеарни преко широког подручја температура, а неки толико мали да дају одзив у делићу секунде. Они су међу најпрецизнијим температурним сензорима с резолуцијом и мерном несигурношћу до  $\pm 0.1$  °C или чак и боље у посебним условима.

Термистори су специјални чврсти температурни сензори који се понашају као температурно-осетљиви електрични отпорници. Термистори типично раде у релативно малом температурном подручју, у односу на остале температурне сензоре. Могу бити врло тачни и прецизни унутар датог опсега. Термистор је термички осетљив отпорник који показује промене у отпору с променом његове температуре. Отпор се мери пуштањем мале, мерене једносмерне струје кроз термистор и мерењем пада напона којег она проузрокује.

Диодни температурни сензори је уопштен назив за класу сензора који се базирају на температурно осетљивим полупроводничким спојевима. Принцип њиховог рада се заснива на промени пада напона на PN споју у зависности од промене температуре. Промена напона с температуром зависи од материјала. Најчешће се користи силицијум, али и галијум-арсенид и галијум-алуминијум арсенид.



Могућности за мерење и стални мониторинг температуре у пожарима су велике. У овом раду се неће упустати у избор оптималног начина мерења и избор инструмента, али је важно напоменути да је неопходно изабрати онај начин који би обезбедио податке о температури у облику дигиталних нумеричких вредности погодних за коришћење, меморисање и слање тих података свим заинтересованим у истом тренутку, у току саме интервенције гашења пожара.

## **1.2. Мониторинг температуре у пожарима**

Ватрогасна заштитна одела пружају заштиту од топлоте у складу са могућностима која су унапред позната, на која можемо да утичемо само у фази набавке истих. У току интервенције имамо успостављен ниво заштите од топлоте на који тада не можемо да утичемо.

Интензитет топлотног флукса и време изложености сваког ватрогасца спасиоца на интервенцији гашења пожара, представљаће ниво опасности од штетног дејства топлоте у пожарима у том тренутку.

Као што је већ речено, реакције ватрогасца спасиоца у вези нивоа изложености штетном дејству топлоте у пожарима, могу бити различите:

- од уздржаних и превише опрезних – које доводе до успоравања интервенције или чак одустајања од одлучних наступа ватрогасних екипа.
- до исхитрених и превише храбрих – које директно угрожавају безбедност ватрогасца спасиоца и на тај начин воде интервенцију у други правац, који због могућих ризика од повређивања ватрогасца спасиоца изазваних штетним дејством топлоте може бити још већи неуспех.

У таквим ситуацијама неопходно је брзо и правовремено, на основу прецизних података који су релевантни у том тренутку, одредити наступ ватрогасне екипе који неће угрозити безбедност ватрогасца спасиоца, нити одвести ток интервенције у неуспех.

Пођимо од претпоставке да је на најпогоднији начин извршено мерење температура у непосредним окружењима сваког ватрогасца спасиоца и да су измерени подаци у сваком тренутку доступни:

- за своје окружење у пожару – сваком учеснику интервенције понаособ,
- за окружења свих учесника у пожару – руководиоцу интервенције и командно оперативном центру, а и другим.

Подацима о температурама и њиховим променама којима су изложени ватрогасци спасиоци у интервенцијама гашења пожара, најпре требају бити доступни њима самим. Увид у температуру окружења у сваком тренутку може се остварити једноставном уградњом термометра са дигиталним дисплејом у шлем ватрогасца спасиоца.

Праћење температура окружења свих чланова ватрогасних екипа од стране руководиоца интервенције гашења пожара, командно оперативног центра и других, може се омогућити савременим средствима за пренос података, чиме би се истовремено омогућило и њихово меморисање.

Тиме би било успостављено стално праћење температуре у окружењима свих ватрогасца спасиоца који учествују у интервенцији гашења пожара, што би у ствари представљало мониторинг температуре којој су изложени сви ватрогасци спасиоци појединачно у реалном времену.

## 2. ЗАКЉУЧАК

Располагање подацима о температурама којима су изложени сви ватрогасци спасиоци у току интервенције, била би дата додатна могућност да у сваком тренутку можемо позитивно утицати на ток интервенције гашења пожара у више праваца:

1. У случају уласка ватрогасаца спасиоца у зону са повећаним опасностима од топлоте, имали би смо могућност брзог реаговања у циљу смањења нивоа изложености штетном дејству топлоте на човека у пожарима,
2. Подаци о температурама који су тренутни и релевантни и нису засновани на слободним проценама, повећала би се најпре брзина и исправност донетих одлука а на крају и квалитет и успшност интервенција, и
3. Створиле би се могућности бржег реаговања у случају потребе слања додатних екипа на месту интервенција.

Најзначајнији допринос остварио би се свакако у правцу повећања нивоа безбедности ватрогасаца спасиоца од утицаја штетног дејства топлоте у пожарима на човека.

Мониторингом температуре у пожарима остварио би се и додатни допринос, јер након интервенције гашења пожара меморисани подаци нашли би примену најпре у анализама гашења пожара, затим у даљем проучавању пожара и тактике гашења пожара и у друге сврхе.

## 3. ЛИТЕРАТУРА

- [1] ЗИГАР. Д.: Нови метод за одређивање безбедног растојања људи од пожара као извора топлотног зрачења – докторска дисертација, Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2015.
- [2] Српски стандард, SRPS EN 469:2010, Заштитна одећа за ватрогасце – Захтеване перформансе за заштитну одећу за гашење пожара, („Сл. Гласник РС“, бр. 48/2010)

László KOMJÁTHY<sup>1</sup>

## POŽAR I OSIGURANJE

**Apstrakt:** Već kod dojava požara, od udara groma u stambenoj zgradi, vatrogasne jedinice znaju da mogu računati na brzo širenje požara. Nije isključeno ni spasavanje života. I u ovom slučaju jako je bitan brz izlazak na teren i da se zauzmu položaji na tačnom mestu, nakon detaljnog izviđanja iskusnih sinhronizovanih vatrogasaca, precizan rad, čiji krajnji rezultat je efikasno gašenje požara. U radu će se pokazati da ovo nije uvek slučaj.

**Ključne reči:** udar groma, požar, vatrogasci, intervencija, gašenje požara.

## FIRE AND INSURANCE

**Abstract:** If comes an alarm to the fire department, the intervening units know that the fire spreading will be fast, when already has burnt a residential house generated by a thunderbolt. They could't excluded life-saving. In this case very important the quick arriving, to choose installation location precisely, and after the deep place discovery the firefighters with many experience and precise work, the consequence is the effective fire fighting. The article will shows, that will not happen the same way in all time.

**Keywords:** lightning, fire, firemen, intervention, fire fighting.

---

<sup>1</sup> Dr. László Komjáthy docent, National University of Public Service, Disaster Prevention Institute, Budapest, Hungaria krt. 9- 11. Hungary. Email. komjathy.laszlo@uni-nke.hu

## 1. UVOD

Kako od udara groma može nastati požar? Brzina groma je 50 - 150 km u sekundi, jačina groma može da dostigne 30- 40 hiljadu ampera [1], što odgovara temperaturama većim od deset hiljada stepeni [2]. Posledica visokog napona i visoke toplote je požar, jer u kući ima mnogo zapaljivih materijala koji mogu da se na 300°C zapale. Prema statističkim podacima u Mađarskoj, svake godine u proseku se registruje 7.500 požara na kućama. U poslednjih pet godina, između šest i dvadeset i pet požara su nastala prilikom udara groma i šteta je ozbiljna [3].

U vezi gašenja požara u Mađarskoj postoje dve glavne regulative: 39/2011. (XI.15.) i Ministarstva unutrašnjih poslova 5/2014 Bm OKF instrukcije. Na osnovu njih, vatrogasni komandir, koji je na čelu vatrogasne jedinice, treba da postupi po određenom protokolu.

## 2. ISTRAŽIVANJE

Za određene zadatke koji se odnose na gašenje požara, za bezbedna i efikasna izvršavanja, potrebno je prikupljanje podataka i informisanje. To traje od dojava požara do završetka naknadnih radova. Istraživanjem treba da se obuhvati određivanje tačne lokacije požara, trenutnu procenu i očekivanu situaciju, da se izabere pravo rešenje i da se odrede potrebni zadaci za sigurnu intervenciju i preuzmu neophodne mere predstrožnosti. Važno pravilo je da bez izvidanja na licu mesta ne može se dati naredba za početak intervencije.

## 3. PRIPREMA ZA GAŠENJE POŽARA

Rukovodilac intervencije gašenja požara, od dojava požara, poznavanja lokacije i tokom izlaska na teren, treba da odluči o korišćenju potrebne zaštitne opreme i da izabere način i pripremu za gašenje požara.

Priprema za gašenje požara obuhvata:

- cisternu za vodu ili mlazni sklop za brzu intervenciju,
- montiranje osnovnog voda, mesto razdelnice (slika 1) i određivanje načina snabdevanja,
- snabdevanje.



Slika 1 – Mesto razdelnice kod intervencije [5]

Rukovodilac intervencije gašenja požara treba da naredi, ako se radi o spašavanju života, potrebu za izviđenjem, pošto pravilno izabranom intervencijom se može sprečiti eksplozija i veća šteta.

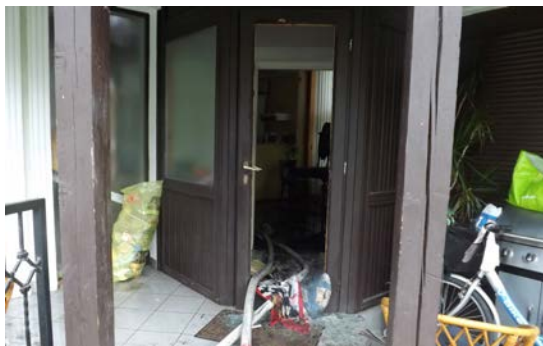
Rukovodilac intervencije na osnovu prikupljenih informacija donosi odluku o montiranju osnovnog voda, mesto razdelnice i određuje načina snabdevanja sredstvom za gašenje požara. Moguće je korišćenje više mlazova čije mesto se ne može odrediti precizno. Ukoliko je moguće razdelnica se postavlja u nivou požara ili ispod. Montažu snabdevanja treba da naredi, ako primarna informacija na predhodni način ne dozvoljava neprekidno snabdevanje velikom količinom sredstva za gašenje. Priprema za gašenje požara se završava kada se završi montaža i neprekidno snabdevanje sredstvom za gašenje požara.

#### 4. GAŠENJE POŽARA

Za vreme gašenja požara treba se truditi da se za najkraće vreme produkuje najmanja moguća šteta, uz najmanju snagu, mogućnost da se najefikasnije gasi. Na primeru događaja može da se sagleda na koji način se primenjuje teorija u praksi. U mesecu avgusta 2015. godine imao sam priliku da učestvujem u gašenju požara, izazvanog od groma u dvospratnoj kući. U požaru skoro 80 procenata krovne konstrukcije je izgorelo, šteta na imovini je bila velika kako je bilo i objavljeno u novinama [4]. Želeo bih da podelim sa Vama stečena iskustva sa ovog požara. Vatra je započela popodne oko dva sata i petnaest minuta posle udara groma. Na osnovu dojave požara, na lice mesta su upućene tri mlaznice, jedne lestve i jedno vozilo sa rezervoarom sa vodom.

Prilikom stizanja na lice mesta, važan segment je bio dobro izabrati mesto za mlaznice da ih u toku intervencije ne pomeramo i da ne predstavljaju prepreke u saobraćaju. Pomenuo sam značaj izviđanja. Prilikom dojave požara među informacijama je bila i ta pretpostavka da stanari nisu kod kuće. Zapravo šta ovo znači? Pretpostavka koju je potrebno potvrditi izviđenjem ili negirati. Potrebno je bilo na licu mesta obići kuću i proveriti tačnost dobijenih informacija [5]. Posle izviđanja, rukovodilac intervencije gašenja požara treba da donese odluku o tome prema kom modelu će odrediti taktiku za intervenciju, postavljanje mlaznica, vozilo sa vodom, postaviti osnovni vod i mesto za razdelnicu i način snabdevanja. Rukovodilac intervencije za gašenje požara opredelio se za montažu osnovnog voda. Tokom izviđenja je otkriveno da u 400 metarskoj ulici nema hidranta i zato vodu za gašenje su morali obezbediti iz vozila.

Kao što se vidi i na slici 2 razdelnica je postavljena ispred kapije kuće, i odavde se odvijalo postavljanje pruge. Ali pogledajmo ulicu. Oni su prvo probali da provale čelična ulazna vrata. Nije uspelo. Pored ulaznih vrata sa lestava su razbili prozor od kuhinje. Obilskom oko kuće, ispostavilo se da su zadnja vrata otvorena. Prema tome, na prizemlju se nije trebalo intervenisati sa vodom i prozor od kuhinje nije trebalo da se razbije. Posle su pronašli i zadnja ulazna vrata koja su probili jer su bila zaključana. Unutrašnja vrata nisu trebala da se probiju jer su bila otvorena, samo je trebalo kvaku pritisnuti da se otvore. Tokom ulaska na ovaj način je još dodatno naneta šteta od 1000 evra.



Slika 2 – Postavljen vodeni mlaz kroz ulazna vrata [4]

Kod zadnjeg ulaza ili na spratu efikasnije bi bilo da je stavljena razdelnica jer bi bilo preglednije njeno funkcionisanje. Na taj način ne bi trebalo da se podigne crevo na prvi sprat od kapije. Četri mlaznice su upotrebljene tokom gašenja požara. Samo ako su prosečno pola sata radile sa kapacitetom od 300 litara u minuti, to odgovara 36000 litara izlazne količine vode. To znači da je na spratu kuće prosečno bilo 36 cm vode. Ova voda naravno nije na spratu ostala, pronašla je put do prizemlja kroz plafon i stepeništa i u podrum. Uništeni su i parket, tapete i nameštaj.

Jedna mlaznica nije se mogala ni pravilno zatvoriti, i stalno je tekla voda i kada se nije koristila. Nije slučajno da vatra i gašenje požara zajedno nanose veliku materijalnu štetu prema proceni oko 80 000 evra. Veliko pitanje je da li se intervencija mogla izvesti sa manjom materijalnom štetom? Po mom mišljenju da. Na primer rukovodilac intervencije tokom alarmiranja sam bi izabrao stepen uzbune pošto bolje poznaje teritoriju nego komandno operacioni centar. Zato umesto lestava izabrao bi drugu mlaznicu. Pokretanje lestava je ograničeno i moguće su povrede. Na dve strane kuće trebalo je postaviti dve zaštitne mlaznice.

Možda je još bolji izbor umesto jedne mlaznice koristiti impulsivnu pušku (slika 3). Ona ima široku primenu u vatrogastvu u Mađarskoj (inače je to Mađarski pronalazak).



Slika 3 – Impulsna puška [6]

Impulsivna puška ima rezervoara za vodu od 12,5 litara, u boci komprimovan vazduh na 300 bara i reduktor pritiska. Redukcioni ventil smanjuje pritisak vode u posudi ispod 6 bara i impulsivnu pušku na 25 bara. Boca za vazduh snabdeva i aparat za disanje vatrogasaca koji gasi požar. Korišćenje impulsivne puške u požaru i dimu, rasteruje plamen i dim i može se videti čak i spasiti život čoveka [6]. Korišćenjem impulsivne puške znatno se smanjuje potrošnja vode, naročito u zatvorenoj prostoriji. Jedan hitac na 300 bari rasprši 10 litara vode na mikroskopsku veličinu, i veliku količinu toplote odvodi od zapaljive površine.

Za brzu intervenciju su se mogla primeti creva tipa „D” i tada se može za gašenje efikasno koristiti i voda. Zahvaljujući raspivaču mogu se smanjiti oštećenja vodom i zbog dobrog hlađenja efikasno je gašenje [7]. Gašenje bi bilo efikasnije da je izvidanje bili temeljnije, ili da su bili iskusniji vatrogasci. Posle gašenja požara se ispostavilo da je mnogim vatrogascima ovo bila prvo ozbiljnija intervencija. U teoriji su bili pripremljeni, ali za efikasnu intervenciju potrebna je rutina, odnosno nedostaje puno prakse, a to se samo iz knjiga ne može naučiti.

## **5. ZAKLJUČAK**

Vraćajući se značajnim karakteristikama štete. Izvršena je procena štete od strane osiguravajućeg društva, i u poslednjih tri godine isplaćena je šteta za pokretnu imovinu. Izgradnja nove porodične kuće je značajno otežana zbog osiguranja u vidu olakšanja štete i u pet navrata svega je 36000 evra isplaćeno porodici. Zbog ovoga oštećeni su bili prinuđeni da se obrate sudu, a parnica i do današnjeg dana traje.

Na kraju članka sa pravom može čitalac da postavi pitanje zašto baš ovaj primer sam izvukao od mnogobrojnih požara? Odgovor je jednostavan. Naša porodična kuća je izgorela. Prilikom ovog događaja došao sam u situaciju kao vatrogasac da sam svoju kuću gasim kao vatrogasac i gde sam veliko iskustvo stekao.

## **6. LITERATURA**

- [1] <http://www.origo.hu/kornyezet/20140528-mi-valtja-ki-a-villamlast-napszel-villamcsapas-gyakorisaga-ha-erosen-fuj-a-napszel-tobbszor.html>. Letöltés ideje: 2015.09.23.
- [2] <http://www.bama.hu/baranya/kozelet/egymillio-voltos-elmeny-mit-tegyunk-ha-jonnek-a-villamok-383024>. Letöltés ideje: 2015.09.23.
- [3] [http://www.biztositasiszemle.hu/cikk/hazaihirek/vallalatihirek/naponta\\_20\\_bejelentett\\_lakastuz\\_keletkezik\\_magyarorszagon.3989.html](http://www.biztositasiszemle.hu/cikk/hazaihirek/vallalatihirek/naponta_20_bejelentett_lakastuz_keletkezik_magyarorszagon.3989.html). Letöltés ideje: 2015.09.24.
- [4] [http://www.blikk.hu/blikk\\_aktualis/eloltottak-a-villamcsapas-okozta-tuzet-budakalaszon-2386447](http://www.blikk.hu/blikk_aktualis/eloltottak-a-villamcsapas-okozta-tuzet-budakalaszon-2386447). Letöltés ideje: 2015.09.27.
- [5] [www.youtube.com/watch?v=urVF27lt-dw](http://www.youtube.com/watch?v=urVF27lt-dw)
- [6] [http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/palyazat/Balogh\\_Imre\\_emlekpalyazat\\_2005.pdf](http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/palyazat/Balogh_Imre_emlekpalyazat_2005.pdf) 14. oldal. Letöltés ideje: 2015.09.27
- [7] [http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/palyazat/Balogh\\_Imre\\_emlekpalyazat\\_2005.pdf](http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/palyazat/Balogh_Imre_emlekpalyazat_2005.pdf) 9 - oldal. Letöltés ideje: 2015.09.27.

Ивана БОЖОВИЋ<sup>1</sup>  
Ђорђе ЋОСИЋ<sup>2</sup>  
Тања НОВАКОВИЋ<sup>3</sup>

## ЗНАЧАЈ ОРГАНИЗОВАЊА ОСНОВНЕ ОБУКЕ ИЗ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА ЗА ЗАПОСЛЕНА ЛИЦА

**Резиме:** У овом раду приказани су резултати знања из области заштите од пожара који су добијени путем анкетања студената на Факултету техничких наука, на Високој техничкој школи струковних студија у Новом Саду и у четири предузећа. Циљ истраживања је да се укаже на значај спровођења континуиране обуке из заштите од пожара за запослена лица. Анкета је спроведена међу студентима четврте године основних академских студија и мастер академских студија на Факултету техничких наука који похађају студијски програм Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара. Ови студенти нису никада присуствовали обуци за запослене из заштите од пожара. На Високој техничкој школи струковних студија анкетирани су студенти завршне године са смерова Заштите. Студенти су непосредно пре анкетања одслушали основну обуку за запослена лица. Запослена лица која су анкетирана раде у организацијама са различитом делатношћу и сви су прошли основну обуку из заштита од пожара али пре више од годину дана.

**Кључне речи:** едукација, основна обука, заштита од пожара, анкетање, студенти, запослени.

## THE IMPORTANCE OF FIRE SAFETY TRAINING FOR EMPLOYEES

**Abstract:** This paper presents the results of the examination of knowledge in the field of fire protection, student surveys at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, at the The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad and in four different working organizations. The aim is to emphasize the importance of continuous training of employees from fire safety and protection.

Students interviewed at Faculty of Technical Sciences are from field of Disaster Risk Management and Fire Safety, both students from the fourth year and master studies. The surveyed students never attended training for employees in fire protection.

At the The Higher Education Technical School of Professional Studies in Novi Sad, we interviewed the students of final year. All students attended basic training for employees before the interview.

Employees who are interviewed work in different work organizations and all have passed basic fire protection training but more than a year ago.

**Key words:** education, fire safety training, employees, students, survey.

---

<sup>1</sup> дипломирани инжењер, Факултет техничких наука Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, ivana.bozovic.92.ib@gmail.com

<sup>2</sup> проф. др, наука Факултет техничких Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, djordje.cosic@gmail.com

<sup>3</sup> асистент мастер, Факултет техничких наука Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, tanja.novakovic.ns@gmail.com



## **1. УВОД**

Пожари често изазивају велике материјалне штете и угоржавају животе људи. Посебан проблем представљају пожари у пословним и јавним објектима, где борави велик број људи. Неретко су се дешавали катастрофални пожари на радним местима где је било смртних случајева. Управо из овог разлога је изузетно битна обавезна обука запослених из заштите од пожара. Правилном обуком запослених и њиховом едукацијом, многи пожари би могли бити угашени у почетној фази, пре доласка ватрогасаца, и тако спречена већа штета. Поред тога, посебно битан сегмент обуке је и евакуација, како би се сви запослени безбедно евакуисали у случају пожара.

Извршено је анкетање студената Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду, Факултета техничких наука у Новом Саду, као и запослених у организацијама са различитом делатношћу управо помоћу тестова која решевају и запослени који су присуствовали основној обуци из заштите од пожара. Анкетирани су подељени у три групе и то:

- Студенти Факултета техничких наука у Новом Саду који су током својих студија имали више предмета везаних за област заштите од пожара, али нису никад присуствовали обуци за запослене раднике.
- Студенти Високе техничке школе у Новом Саду који су током студија имали барем један предмет у којем су се упознали са облашћу заштите од пожара, а непосредно пре анкетања су одслушали основну обуку за запослене.
- Запослена лица која су већ положили основну обуку из заштите од пожара, али пре више од годину дана.

На основу тестирања и добијених резултата закључено је колико основна обука има утицаја на знање анкетираних, као и да ли након годину дана од положене обуке запослени и даље знају основне ствари из заштите од пожара.

## **2. ОБУКА ЗАПОСЛЕНИХ ИЗ ЗАШТИТЕ ОД ПОЖАРА**

Основна обука из области заштите од пожара организује се за све запослене одмах по ступању на рад, а најкасније у року од 30 дана од дана ступања на рад. Провера знања свих запослених врши се једном у три године.

Запослени су дужни да присуствују обуци и провери знања из области заштите од пожара и да се у раду придржавају прописаних упутстава, упозорења, забрана, мера заштите од пожара, као и да у случају пожара приступе гашењу пожара [1].

Оспособљавање запослених из области заштите од пожара врши се на основу посебног Програма који се састоји из теоријског и практичног дела.

Теоријски део обуке се састоји из законских обавеза и општих знања из области заштите од пожара, док практични део обуке обухвата упознавање са прописаним мерама заштите од пожара, извођења показаних вежби гашења пожара као и непосредно упознавање запослених са средствима и опремом за гашење и дојаву пожара.

Теоријско знање се проверава путем теста. Радник је задовољан на тесту ако позитивно одговори на 80% предвиђених питања. Радник који није показао задовољавајући ниво знања на провери дужан је да након 30 дана понови проверу.

Ако радник и на поновљеној провери не покаже задовољавајући ниво знања сматраће се да он не испуњава услове за даљи рад на датим пословима и биће распоређен на друге послове.

**Обавезан садржај обуке:**

- Обавезе организација и органа у области заштите од пожара,
- Основи горења,
- Узроци настајања пожара,
- Гашење пожара и
- Савремени технички системи за откривање и гашење пожара [2].

### **3. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА**

Током овог истраживања коришћена је метода анкетања, а као истраживачки инструмент коришћен је упитник. Извршено је анкетање студената високих струковних и академских студија, као и запослених у различитим организацијама рада. Анкетање је извршено на Факултету техничких наука у Новом Саду, Високој техничкој школи струковних студија у Новом Саду, као и у четири организације са различитом делатношћу, где су анкетирани запослени који су прошли основну обуку из заштите од пожара.

#### **3.1. Материјал и методе рада**

Сви анкетирани су радили исти тест, и то управо тест који се полаже приликом обавезне основне обуке запослених о заштити од пожара у предузећима. Питања су постављана тако да су анкетирани бирали један од понуђених одговора, или су требали да допишу тачан одговор.

Прво су анкетирани студенти Факултета техничких наука у Новом Саду и то студенти четврте године основних академских студија и студенти мастер академских студија са смера управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара. Сви анкетирани студенти су током студија имали више предмета из области заштите од пожара, средстава за гашење, као и правне регулативе. Међутим ови студенти нису никада имали обавезну основну обуку за запослене, нити су полагали такву врсту тестова.

На Високој техничкој школи струковних студија у Новом Саду сви студенти завршне треће године су у обавези да пре одласка на стручну праксу у организације рада положе основну обуку за запослене. Анкетирани су студенти смерова Заштите, који су за време својих студија имали барем један предмет из области заштите од пожара. Сви студенти су прво одслушали обуку, а потом радили тестове.

Анкетање запослених је извршено у четири организације са различитом делатношћу, при чему су сви анкетирани одслушали и положили основну обуку из заштите од пожара, али не у протеклих годину дана.

#### **3.2. Резултати истраживања**

За потребе овог рада анкетирано је укупно 138 особа, од чега:

- 28 особа са Факултета техничких наука у Новом Саду,
- 68 особа са Високе техничке школе струковних студија у Новом Саду и
- 45 особа запослених у организацијама са различитим делатностима рада.

Циљ упоређивања одговора је да се види колико утиче обука на знање анкетираних, али и колико се након више од годину дана заборави.

У табели 1 приказан је проценат тачних одговора на свако питање и то посебно за студенте Факултета техничких наука (ФТН), Високе техничке школе (ВТШ) и за запослена лица.

Табела 1 – Процент тачних одговора свих анкетираних

Бр.	Питање	ФТН (%)	ВТШ (%)	ЗАПОСЛЕНИ (%)
1	Сагоревање као процес је пропраћено	81,5	100	60
2	Безпламеним сагоревањем огранских материја ослобађају се и следећи продукти сагоревања	40	81	73
3	За сагоревање као процес неопходно је присуство	90	97	53
4	Како се понаша одећа и коса натопљена кисеоником	39,5	100	87
5	Придукути сагоревања су штетни за људско здравље	84,5	100	80
6	Поред отровности у диму се крије опасност по здравље људи која се огледа у	71,2	98	80
7	Пожари се класификују у следеће класе	21	100	13
8	Да ли је дозвољена поправка прегорелог осигурача (линцовање)	41,5	93	67
9	Где треба да постоји упутство за поступање у случају пожара	89	100	73
10	Да ли смемо гасити запаљену особу апаратом са CO <sub>2</sub>	87	100	47
11	Да ли смемо користити обичан лифт (који није пожарни) у случају пожара	92	100	87
12	Како се активира преносни апарат са прахом	89,5	78	67
13	Како се активира преносни апарат са CO <sub>2</sub>	60,5	93	60
14	Колико апарата је неопходно применити при гашењу почетних пожара и како	15,5	98	93
15	Како се употребљава прах као средство за гашење пожара	57,5	82	53
16	Апарат са угљен – диоксидом има словну ознаку	100	100	80
17	Уз словну ознаку на апаратима постоји и бројчана ознака која означава	68	96	47
18	Да ли је при гашењу почетних пожара одећа радника који крену да гасе пожар битна	62,5	98	80
19	На којој удаљености се активирају апарати при гашењу пожара	31	94	60
20	Како треба прићи пожару након активирања апарата	72,5	100	87
21	Основни носилац заштите од пожара у фирми је	30,5	96	53
22	Ко раднику даје упутства за безбедан рад	5,5	91	27
23	Да ли непридржавањем мера заштите од пожара радник чини повреду радне дужности	84	97	93
24	Како се кретати након оглашавања пожарног аларма	100	100	93
25	Да ли радник може бити санкционисан због непридржавања мера заштите од пожара	76	98	87
26	Како се евакуисати у случају пожара са виших спратова	100	97	93
27	Да ли је опрема за гашење пожара предмет оштећења и отуђења	79	94	87
28	Да ли треба припремити зидни хидрант након гашења ручним апаратима	44,5	97	47
29	Шта предузети у случају оглашавања пожарног аларма	100	97	93
30	Број ватрогасно спасилачке јединице је	100	100	87

На графику 1 приказан је просечан број тачних одговора свих анкетираних. Тако је 100% студената ВТШ-а дало више од 25 тачних одговора. Највећи број студената ФТН-а дао је између 16 и 20 тачних одговора, док је највећи број запослених дао између 21 и 25 тачних одговора.

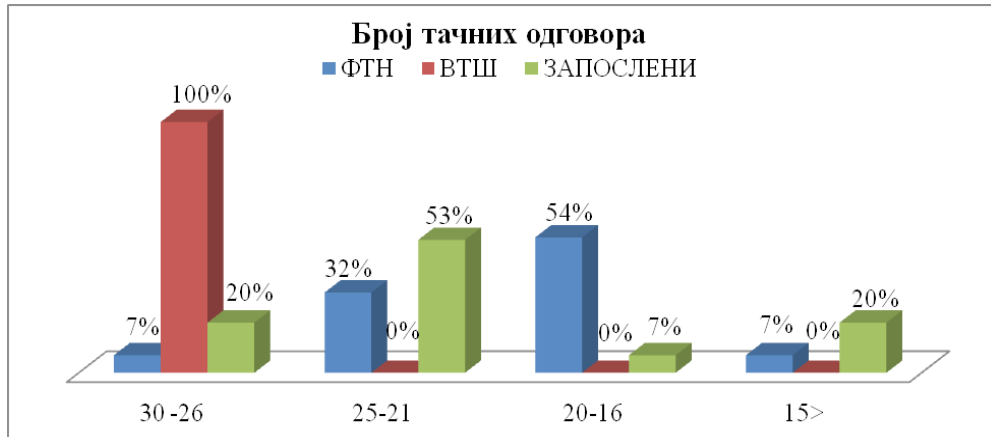


График 1 – Број тачних одговора свих анкетираних

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Циљ истраживања је био да се установи ниво знања студената смера управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара са Факултета техничких наука на тему заштите од пожара. Анкетирани студенти нису показали довољан ниво знања, и то поготово на питања која би после 4 и 5 година студија морали знати. Једно од решења за овај проблем би могле бити чешће провере знања студената из основних правила заштите од пожара из више предмета. Многе битне ствари су студенти слушали из само једног предмета, што већина заборави после полагања истог. Уколико би студенти имали редовне провере знања, већина би на тај начин запамтила све основне и битне ствари везане за заштиту од пожара. Такође, вероватно би практична настава имала већи утицај на студенте. На тај начин би лакше и боље научили како се апарати активирају и користе, што у великој мери нису знали приликом попуњавања анкете.

Други циљ истраживања је био да се установи квалитет основне обуке коју запослени пролазе пре провере усвојеног знања. Како су студенти Високе техничке школе одслушали обуку непосредно пре тестирања, сви су задовољавајуће урадили тест. Међутим, запослени који су анкетирани, и који су прошли обуку и позитивно одговорили на тест, али пре више од годину дана, заборавили су основне ствари везане за безбедну евакуацију, начин активирања апарата за гашење, као и друге ствари који би у случају пожара могле да им спасу живот. Изузетно је забрињавајуће што не знају сви запослени број ватрогасне бригаде, као и то што не знају како би помогли ни себи као ни другима у случају пожара.

Све ово је једним делом последица лоше и непотпуне обуке. Већина запослених је изјавила да за време обуке нису упознати са свим областима које би по правилнику морале да им буду објашњене. Поред тога, запослени су рекли да им је приликом полагања теста стручно лице помагало, па чак и давало тачне одговоре на питања. Ово је вероватно последица тога, да свако лице које не покаже задовољавајући ниво знања на провери, дужно је да након 30 дана поново прође обуку и проверу. Стручна лица која врше обуку онда чине све како би сви положили

обуку из првог покушаја. Управо овај податак значајно утиче на саму безбедност радника, који остају ускраћени за битно знање које им у случају пожара може спасити живот.

Обука из области заштите од пожара се спроводи на сваке три године, што је дуг временски период за који се сигурно и забораве многе ствари. Пожељно би свакако било да се обука одржава чешће, али не само теоријска него и практична по угледу на развијене земље.

## 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о заштити од пожара, „Сл. гласник РС”, бр. 111/2009 и 20/2015
- [2] Правилника о минимуму садржине дела Програма обуке радника из области заштите од пожара („Службени гласник СРС”, бр. 40/90)

Nenad POPOVIĆ<sup>1</sup>

Nedžad SMAJLOVIĆ<sup>2</sup>

## UPOTREBA INFORMACIONIH TEHNOLOGIJA I UPRAVLJANJE INFORMACIJAMA U VANREDNIM SITUACIJAMA/STANJIMA

**Abstrakt:** U vanrednim situacijama, vatrogasnim, spasilačkim i medicinskim (EMS) timovima su potrebne relevantne, ažurne i konsolidovane informacije. Velika količina neorganizovanih informacija često predstavlja dodatno opterećenje osobama koje moraju brzo donositi odluke i adekvatno reagovati. Dobro koncipirana, jednostavna i provjerena informaciona rješenja – aplikacije koja podržavaju sigurnosne standarde, odgovarajuće baze podataka, brzu komunikaciju i koordinaciju, mogu značajno pomoći efikasnosti spasilačkih službi. Pozitivni efekti su vidljivi prilikom prevencije, efikasnog reagovanja u konkretnim situacijama i dokumentovanju - analizi realizovanih aktivnosti.

**Ključne reči:** vanredna situacija, upravljanje informacijama, EMEREC.

## USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND INFORMATION MANAGEMENT IN EMERGENCY SITUATIONS/CONDITIONS

**Abstract:** In emergencies, fire, rescue and medical (EMS) teams need relevant, up-to-date and consolidated information. A large amount of unorganized information is often an additional burden for people who need to make quick decisions and react adequately. Well conceived, simple and proven information solutions – applications that support security standards, appropriate databases, rapid communication and coordination can significantly help the efficiency of rescue services. Positive effects are visible during prevention, effective response in specific situations and documentation – analysis of realized activities.

**Key words:** emergency situation, information management, EMEREC.

---

<sup>1</sup> Mipex-Auto RS doo, Miloša Crnjanskog 55, Banja Luka, BOSNA I HERCEGOVINA,  
mipex@nsc.ba

<sup>2</sup> mr.sc. Firing doo, Čajengradska bb, Visoko, BOSNA I HERCEGOVINA, nedžad@firing.ba

## 1. UVOD

U vanrednim, pa i redovnim situacijama, vatrogasnim, spasilačkim i medicinskim (EMS) timovima su potrebne relevantne, ažurne i funkcionalno organizovane informacije. Velika količina informacija još uvijek ne znači dovoljno znanja i često predstavljaju dodatno opterećenje osobama koje moraju brzo donositi odluke i adekvatno reagovati. Jednostavna, dobro koncipirana i provjerena informaciona rješenja – aplikacije koja podržavaju sigurnosne standarde, odgovarajuće baze podataka, brzu komunikaciju i koordinaciju, mogu značajno pomoći efikasnosti spasilačkih službi.

Zahvaljujući podršci kompanije Rosenbauer AG dobili smo na testiranje njihov sistem za upravljanje informacijama namjenjen spasilačkim službama - EMEREC (EMERgency & RECORD). Ovaj sistem pohranjuje i konsoliduje informacije u digitalnom formatu, automatski ih sinhronizuje na svim terminalima, te se može koristiti za komunikaciju između pojedinačnih jedinica, vođe operacije i komandnog centra. Obrada podataka se vrši u EMEREC DATA CENTRU koji je dostupan 7\*24. Svi podaci u DATA CENTRU i protok podataka su zaštićeni u skladu sa ISO27001 standardom. Razmjena informacija je dvosmjerna, a svi bitni podaci su operativni u online i offline modu (nalaze se već na uređaju), pa svi učesnici u intervenciji dobijaju istovremeno sve informacije.

Velike količine informacija u vanrednim situacijama se mogu podijeliti na DINAMIČKE (promjenjive) i STATIČKE (unose ih stručna lica i ne mjenjaju se često).

DINAMIČKE (informacije proizilaze iz intervencije i podložne su stalnoj izmjeni): Prijem (poziv, vatrodojava i sl.) i potvrda alarma, vrsta incidenta, adresa incidenta, navigacija do lokacije, podaci sa senzora, podaci sa video nadzora, evidencija ljudi/vozila koji su se odazvali na intervenciju, dolazak na lice mjesta, pokretanje pumpe, utrošak vode/pjene, fotografije scena požara, tok intervencije i sl.

STATIČKE (informacije koje se administriraju u kontekstu planiranja misije, a dostupne su i van mreže i online): mape sa rasporedom hidrantske mreže, planovi zaštite za bitne objekte, baze podataka vatrogasnih vozila i vatrogasaca sa adresama i telefonom, baze podataka za sjećanje vozila, baze podataka za HAZMAT intervencije, ček-lista aktivnosti tokom različitih intervencija, fotografije objekata i okoline, tehnički listovi opreme i sve ono što može pomoći u hitnim situacijama.

## 2. UPOTREBA EMEREC-a

Analizom postojećeg stanja u vatrogasnim i spasilačkim službama u Bosni i Hercegovini (u oba entiteta i Brčko Distriktu) uočili smo sledeće opšte probleme:

Glomazna i neefikasna državna administracija koja je preslikana i na spasilačke službe, sa vrlo lošom komunikacijom unutar, kao i između kantona, regija i entita, predstavlja veliku prepreku za njihov efikasan rad. Problemi korupcije, nefunkcionalnog trošenja novca i nedovoljne/neadekvatne stručnosti zaposlenih kao i nedostatak kvalitetnih akcionih i strateški dokumenta predstavljaju dodatan problem u radu spasilačkih službi. Sve ovo ima za posledicu da je stanje u vatrogastvu i spasilačkim službama i pored solidnog zakonskog okvira i dovoljno sredstva, neopravdano, vrlo loše, a većina pozitivnih rezultata se zasniva na entuzijazmu pojedinaca.

Kroz višegodišnje iskustvo u saradnji sa vatrogascima i ostalim spasilačkim službama, u poslednjih godinu dana smo intezivirali aktivnosti vezano za mogućnosti primjene informacionih sistema i savremenih tehnologija namjenjenih vatrogascima i spasilačkim službama. Obavili smo petnaestak informativnih razgovora, uglavnom sa vatrogascima i članovima GSS-a, i ustanovili da se benefiti informacionih tehnologija koriste sporadično i povremeno, čak i tamo gdje su na čelnim pozicijama mlađi ljudi kojima su ove tehnologije „bliže“. Utvrdili smo da se ne primjenjuje jedinstven informacioni sistem koji se može koristiti za potrebe spasilačkih službi na teritoriji Bosne i Hercegovine. Takođe, na prostorima Zapadnog Balkana (Hrvatska, BiH, Srbija, Crna Gora i Makedonija) gdje se govori istim/sličnim jezikom, situacija u ovoj oblasti je ista ili lošija.

U cilju informisanja spasilačkih službi o postojanju funkcionalnog informacionog sistema namjenjenog spasilačkim službama – EMEREC, održali smo prezentaciju aplikacije sa simulacijom vatrogasne intervencije u Banja Luci i Sarajevu i ovim prezentacijama je prisustvovalo oko 30 predstavnika vatrogasaca, civilne zaštite i spasilačkih službi. Predstavili smo im sledeće:

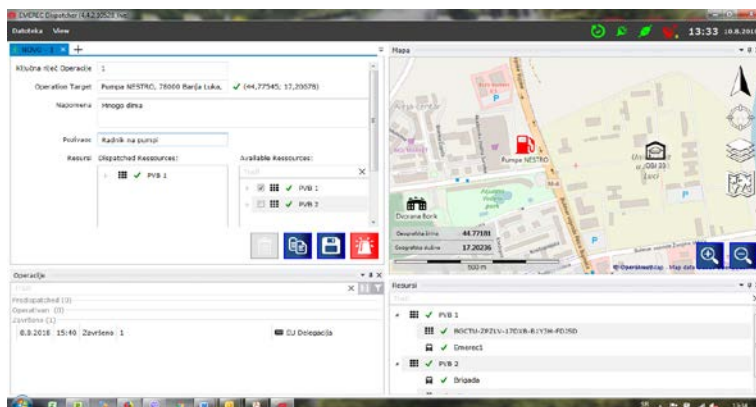
EMEREC kao modularan sistem kombinuje različite funkcije i komponente u jednostavno okruženje

- EMEREC DISPATCHER
- EMEREC PILOT
- EMEREC OFFICE
- EMEREC ALARM
- EMEREC MOBILE
- EMEREC DEVS
- EMEREC DWD
- SERVICE 4 FIRE

## 2.1. EMEREC Dispatcher

EMEREC Dispatcher je rešenje za alarmiranje i raspoređivanje spasilačkih organizacija. Kao sistem kontrolnog centra, aplikacija podržava organizacije poput vatrogasnih službi i spasilačkih službi, slično kao što to rade sigurnosni sistemi za zaštitu od požara u industriji i na aerodromima. Može se koristiti na tradicionalan način u stacionarnom okruženju operativnog centra za kontrolu, ali i kao mobilni operativni centar u komandnom vozilu ili direktno na sceni. Fleksibilna arhitektura ovog sistema omogućuje sledeća područja primjene:

- Kontrolni centar za organizacije hitnog odziva, kao što su vatrogasci i spasilačke službe,
- Komandni i kontrolni sistemi u oblasti energetske i infrastrukturnih usluga (komunalne službe, komunalne usluge, transportna preduzeća, održavanje tunela, železnički i javni transport),
- Operativni centar aerodromskih vatrogasnih službi (na zemlji / u vazduhu),
- Sigurnosni i kontrolni centri u oblasti industrije i zaštite fabrika,
- Usluge praćenja i sigurnosti,
- Podrška sigurnosnim službama na velikim događajima, koncertima i festivalima, kao i u centrima za zabavu, tržnim centrima i hotelijerstvu.



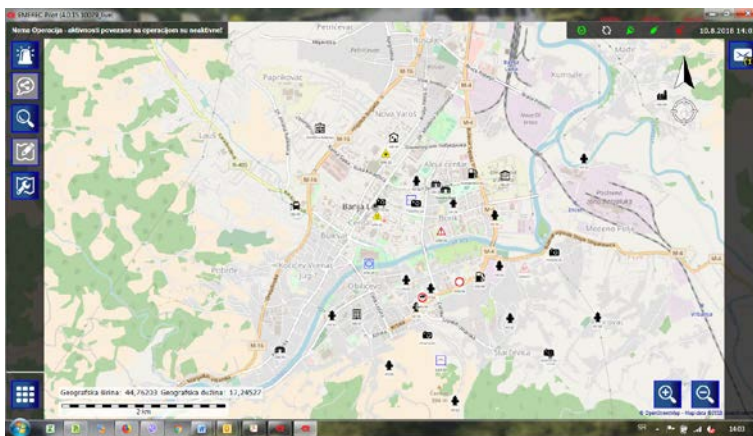
Slika 1 – EMEREC Dispatcher

Izvor: Demo verzija aplikacije



## 2.2. EMEREC Pilot

Služi za unos, konsolidaciju i organizaciju i prikaz podataka vezanih za intervenciju tako da nadležni oficir sve potrebne podatke ima na jednom mjestu. Prikupljanje podataka i komunikacija sa EMEREC bazom su posebno zaštićeni.

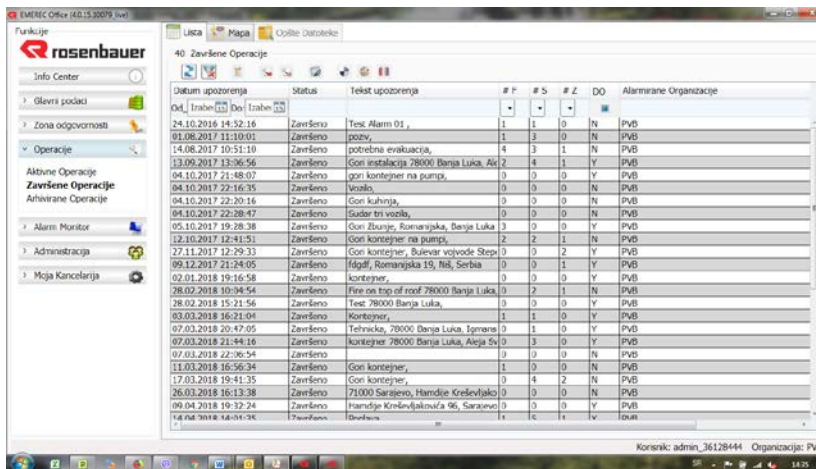


Slika 2 – EMEREC Pilot

Izvor: Demo verzija aplikacije

## 2.3. EMEREC Office

Služi za unos opštih podataka (o vatrogascima, vozilima, čekliste – taktike gašenja, najvažnije web stranice, linkovi prema kamerama, uvoz odgovarajućih GIS mapa i sl.), te služi za organizaciju podataka kao i za dodjeljivanje prava i pristupa.

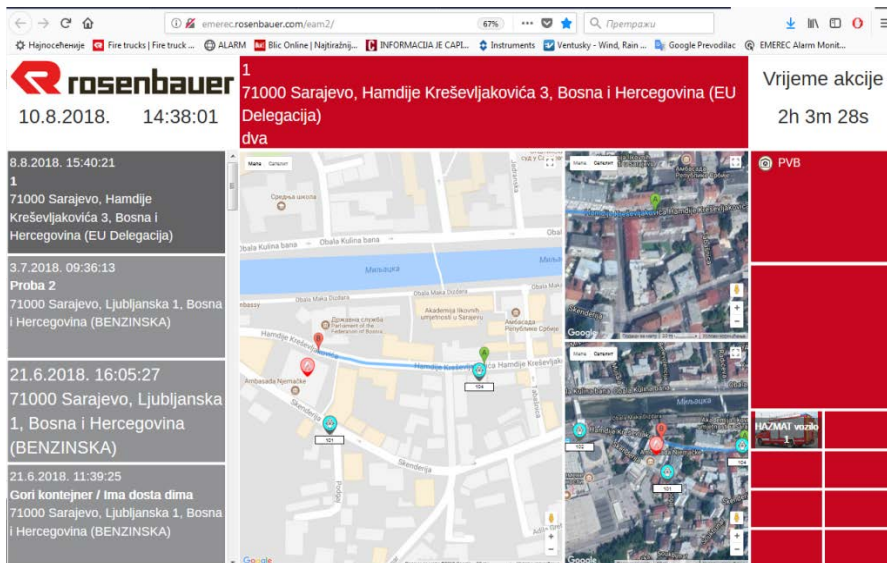


Slika 3: EMEREC Office

Izvor: Demo verzija aplikacije

## 2.4. EMEREC Alarm

Obezbeđuje pregled aktivnih alarma u vatrogasnoj stanici, prikaz operativnih informacija (koje jedinice su u intervenciji, putanju do lokacije i sl.).



Slika 4 – EMEREC Alarm  
Izvor: Demo verzija aplikacije

## 2.5. EMEREC Mobile

EMEREC Mobile je smartfon aplikacija za podršku članovima vatrogasne jedinice. Vrlo je funkcionalna i kod većih incidenata gdje je moguće integrisati i ostale spasilačke organizacije i volontere korištenjem QR licenci. Korisna je za velike organizacije gdje je potrebna koordinacija velikog broja učesnika, navigacija i mjenjanje pozicija.



Slika 5 – EMEREC Mobile

Izvor: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/mobile-information-management/emerec-mobile>

## 2.6. EMEREC Devs

Sistem za podršku vozačima vozila za hitne intervencije u uslovima loše vidljivosti. Driver Enhanced Vision Sistem (DEVS) čine tri komponente: navigacija, praćenje vozila i unapređenje vidljivosti. Ovaj sistem se karakteriše visokom preciznošću i jednostavnim korištenjem.

Navigacija – omogućuje izuzetno preciznu navigaciju vozila u regionima gdje konvencionalni navigacioni sistemi ne funkcionišu, npr. aerodromi, vojne oblasti ili fabrike. Tačnost od 1,5 m postiže se zahvaljujući veoma tačnom sistemu lociranja.

Praćenje – Sistem za praćenje pozicija vozila poboljšava situacionu svijest vozača i komandnog

centra. GPS signali omogućuju komandnom centru i svim EMEREC DEVS korisnicima da vide ostala vozila na mapi u realnom vremenu i da sarađuju sa njima.

Unapređenje vidljivosti – FLIR infracrvena kamera postavljena na vozilo olakšava navigaciju u lošim vremenskim uslovima (magla, dim, mrak) čime poboljšava vizuelnu svijest vozača.



Slika 6 – EMEREC DEVS

Izvor: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/mobile-information-management/emerec-devs>

## 2.7. DWD

Uređaj za podršku vozačima, postavlja se u kabinu vozila i pruža uvid u siguran način upravljanja vozilom posebno protiv prevrtanja kod vozila sa visokim centrom gravitacije. U skladu je sa NFPA 414/2012 ili FAA 150 / 5220-10E standardom. Uređaj ima sistem koji mjeri nagib vozila, kao i aksijalne (uzdužne) i poprečne sile koje se vrše na vozilo. Ukoliko se postignu kritične vrijednosti, uređaj vizuelno i zvučno upozorava vozača na način da mu pomaže kako bi održao kontrolu nad vozilom.

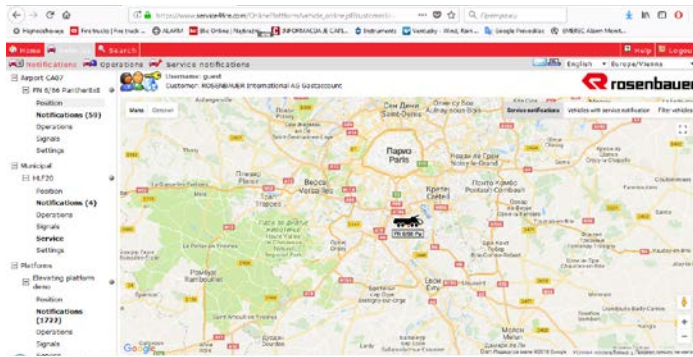


Slika 7 – EMEREC DWD

Izvor: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/vehicle-management/dwd>

## 2.8. SERVICE 4 FIRE

Može se koristiti uz ugradnju odgovarajućeg modula na vozilu. Sadrži podatke o statusu vozila (količina vode, pjene, status akumulatora) i neophodnim eventualnim servisnim intervencijama. Sadrži evidenciju o intervenciji (načinu vožnje – za obuku vozača, kada je upaljena rotacija, kada je upaljena pumpa, koliko je dugo radila, koliko je potrošeno vode i sl.).



Slika 7 – SERVICE 4FIRE

Izvor: <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/vehicle-management/service4fire-portal>

Neposredno po završetku prezentacije svi učesnici su anonimno popunili test gdje su realizaciju prezentacije ocijenili kao odličnu (uz sugestije da se prati planirano vrijeme prezentacije).

Kao prednosti EMEREC-a su prepoznali sveobuhvatnost, grafički prikaz intervencije, GPS lociranje, kvalitetnu naknadnu analizu intervencije, navigaciju do mjesta dešavanja, pozivanje timova, baze podataka za tehničke i HAZMAT intervencije i sl.

Problemi na koje bi trebali obratiti pažnju su loša pokrivenost internetom u BiH, kompleksnost/komplikovanost aplikacije, da većina lokalnih zajednica nema odgovarajuće dokumente koje se odnose na objekte, hidrantsku mrežu i sl.

Dodatni prijedlozi/sugestije su da je potrebno aplikaciju prevesti na naš jezik i dodatno prilagoditi timovima za potragu na vodi i kopnu.

### 3. ZAKLJUČAK

Unos statičkih informacija se vrši kroz jednostavan korisnički interfejs i isključivo zavisi od spremnosti nadležnih službi da obezbjede i unesu odgovarajuće podatke. Ovo se posebno odnosi na planove zaštite od požara, rasporede hidrantske mreže, pozicije minskih polja, poplavnih zona, operativnih procedura i sl. Dinamičke informacije o vrsti alarma, lokaciji, angažovanoj jedinici, broju i poziciji spasioca, vozila, trenutnim ili realizovanim aktivnostima i sl., su dostupne u digitalnom formatu svim učesnicima u intervenciji gotovo trenutno. Sam tok intervencije je evidentiran u bazi podataka i može se koristiti za naknadnu analizu intervencije u cilju ocjene uspješnosti intervencije, edukacije učesnika, štampanju izvještaja i sl.

Neophodno je da se ovakvi informacioni sistemi prepoznaju i koriste kao alati podrške spasilačkim službama, i da njihova snaga i funkcionalnost zavise od postojanja i adekvatnog unosa ažurnih i bitnih podataka te sposobnosti komandnog kadra da ih pravilno koristi. Na taj način se smanjuje vrijeme od alarma do intervencije, poboljšava koordinacija i subordinacija učesnika u intervenciji, smanjuje mogućnost greške prilikom intervencije i trajno evidentiraju sve aktivnosti učesnika u intervenciji.

Sistem nije zatvoren – postoji mogućnost pridruživanja i integrisanja aplikacija koje vatrogasci već koriste. U međuvremenu, dio postojećih aplikacija smo preveli na naš jezik što može olakšati obuku za rad i upotrebu EMEREC-a.

Ovo informaciono rješenje je primjenjivo u svim segmentima reagovanja u vanrednim situacijama – preventivi, brzoi i adekvatnoj reakciji na problem i sanaciji/analizi posledica vanredne situacije.

#### 4. LITERATURA

- [1] Internet sajt kompanije Rosenabauer Ag: Mobile Information Management EMEREC *dostupan na* <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/mobile-information-management>, *datum pristupa:* 2018-08-13
- [2] Internet sajt kompanije Rosenabauer Ag: Vehicle Management *dostupan na* <https://www.rosenbauer.com/en/int/rosenbauer-world/products/vehicle-management>, *datum pristupa:* 2018-08-14

Ненад КОМАЗЕЦ<sup>1</sup>

Милица МЛАДЕНОВИЋ<sup>2</sup>

Славица ДАБИЖЉЕВИЋ<sup>3</sup>

## УПРАВЉАЊЕ ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА У ФУНКЦИЈИ ДРУШТВЕНЕ БЕЗБЕДНОСТИ

**Резиме:** Посебно место у спектру опасности по друштвену заједницу заузимају ванредне ситуације. Савремени погледи на друштвену безбедност дају значајно место ванредним ситуацијама на лествици опасности, нарочито, ако се има у виду број и учесталост појава које оне обухватају. Последице су локалног али и много ширег карактера. Утицаји различитих појава нису више директни, већ најчешће индиректни и по времену и последицама. Путем интернета за неколико секунди стиже информација у било који крај света. То је понекад довољан услов да се људи заштите од надоласеће опасности. Деструктивни капацитет опасности, одређује њену важност за друштво, а не појединачна мишљења. Иако је опасност у првом плану за друштвену заједницу, огроман значај имају и способности различитих органа за превенцију и адекватно реаговање. У том смислу управљање ванредним ситуацијама директно зависи од развијених способности надлежних органа.

**Кључне речи:** друштвена безбедност, управљање, ванредне ситуације, опасност

## EMERGENCY MANAGEMENT IN THE FUNCTION OF SOCIAL SECURITY

**Abstract:** A special place in the spectrum of hazards for the community is taking on emergency situations. Modern views on social security place a significant place in emergency situations on a scale of danger, especially if one takes into account the number and frequency of the events they cover. The consequences are local but also a much wider character. The effects of different phenomena are no longer direct, but mostly indirect and in time and consequences. Through the Internet in a few seconds information comes to any part of the world. This is sometimes a sufficient condition for people to be protected from the upcoming danger. Destructive capacity of danger, determines its importance for society, not individual opinions. Although the danger is in the forefront of the social community, the ability of different prevention and response bodies is of great importance. In this regard, the management of emergency situations depends directly on the developed capacities of the competent authorities.

**Key words:** social security, management, emergency situations, danger

<sup>1</sup> Доктор наука, доцент, Универзитет одбране Војна академија, nkomazec@gmail.com

<sup>2</sup> Доктор наука, доцент, Универзитет одбране Војна академија, nkomazec@gmail.com

<sup>3</sup> Мастер, студент докторских студија, С4 ГлоСец Глобална безбедност доо

## 1. ДРУШТВЕНА БЕЗБЕДНОСТ У СВЕТЛУ САВРЕМЕНИХ ИЗАЗОВА

Научно технолошки прогрес, има веома позитивне импликације на људско благостање, међутим упоредо са позитивним ефектима јавља се и низ негативних који нагло увећавају број несрећа и негативних последица. Узроци се налазе у различитим појавама, социо-економског, природног и техничко-технолошког карактера. Без обзира на узрок појаве, која је декларисана као опасност, појава има капацитет да проузрокује далекосежне негативне последице, како на локалном нивоу тако и на регионалном и на глобалном.

### 1.1. Савремени изазови друштвеној безбедности

Настојања да се идентификују и упознају сви узроци који доводе до појаве опасности по вредности друштва, довела су до настанка безбедносних изазова. Са разлогом, зато што узроци појаве опасности имају директну везу са појавом угрожавања истих вредности, а које се налазе у економским, еколошким, политички и другим појавама. Корелација између изазова и претњи вредностима друштва, постоји, с тим што су изазови општији појам, који се према претходно наведеном односи на све појаве, без обзира дали имају угрожавајући карактер или не. Перцепција појава које представљају изазове, је моменат који одређује дали ће нека појава добити епитет угрожавања, зависно од чинилаца, узрока и могућих ефеката. Дакле, изазов као појава представља вредносно неутралан појам, све до момента успостављања корелација између појава, које су предмет безбедносног разматрања и идентификације негативног контекста.

Обзиром да безбедносни изазови директно зависе од врсте и карактеристика појава које их одређују и испољавају, може се закључити да карактеристике и начин деловања изворних појава одређује карактер изазова друштвене безбедности. На облике и начине угрожавања друштва утичу две групе чинилаца: први су они који их генеришу, омогућавају и развијају и други су они који их спречавају, ограничавају и онемогућавају [5]. Чињеница је, да ове групе чинилаца, на појаве делују дивергентно, односно указују да појава може да има позитиван и негативан карактер. Позитиван карактер се огледа у одсуству опасности, а негативан у њеном присуству.

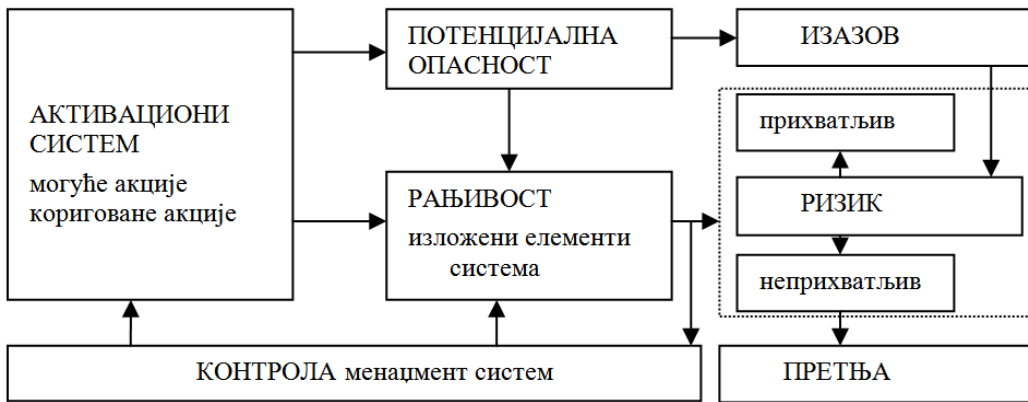
Глобална промена животне средине као и разне техничко-технолошке и хидрометеоролошке опасности, испољавају огроман утицај на појединца али и на друштво. Државноцентрична национална безбедност није дала потребне одговоре на узроке и последице различитих несрећа. Развој савремене безбедносне мисли је померио границе ка здравој логици и поставио човека у средиште безбедносне арене. Стога се, перцепција безбедности из корена мења. Различите несреће, доводе незаштићене људе и заједнице, до питања опстанка. Услед повећаног броја несрећа, долази до масовних миграција становништва, које не представљају само пуко померање становништва већ и озбиљне изазове друштвеног и политичког карактера [9]. Уска национална безбедност заснована на војним претњама не посматра све изворе претњи по човека и друштво, остаје недоречена и самим тим само заташкава проблеме. Људска безбедност је нови оквир за посматрање безбедности са аспекта утврђивања свих могућих претњи човеку и његовој заједници. Неприхватљиво је управљање примењиво само на краткотрајне претње и озбиљне војне претње, већ и на структуралне факторе и опасности које почињу изненада и развијају се великом брзином [4]. Човек је главна ћелија друштвене заједнице и његова безбедност одређује и безбедност друштвене заједнице. Стога, је и оправдано размишљање, да се обезбеђењем безбедности за појединца, доприноси повећању безбедности друштвене заједнице.

### 1.2. Рањивост друштва

Концепт рањивости (Слика 1) је најприсутнији у литератури о глобалним променама и у заједницама које се баве несрећама. Рањивост проистиче из сиромаштва, искључивања,



маргинализације и неправичности у материјалној потрошњи [2]. На друштвеном нивоу рањивост може да се посматра као неспособност да се избегне опасност, или неинформисаност о надоласећој претњи, или таква политичка немоћност и сиромаштво тако да сте присиљени да живите у условима опасности [11].



Слика 1 – Процесни карактер рањивости  
Извор: Адаптирано према Birkmann, 2005

Рањивост, добија на значају, у процесу процене опасности по друштво или појединца. Рањивост може да подразумева карактеристике особе или групе у смислу њиховог капацитета да предвиди, да се носе, буду отпорни и опораве од утицаја природних опасности [3]. Наведени приступ укључује комбинацију фактора који одређују степен према којем је неки субјекат безбедности под ризиком од стране појединачних и изолованих догађаја у природи или друштву. Супротност рањивости, представља термин безбедан (отпоран). У овакав приступ рањивости је уграђена временска димензија, обзиром да постоји штета причињена средствима за живот, а не само животу и имовини, а рањивије групе су оне које после реализације претње на најтежи начин реконструишу своје животне потребе. Рањивост је тесно повезана са друштвено-економским положајем, појединца и друштвене заједнице.

## 2. ВАНРЕДНЕ СИТУАЦИЈЕ

У најопштијем смислу, ванредна ситуација представља свеукупност посебних услова и фактора који се јављају на одређеној територији као резултат настанка ванредног догађаја. Ванредни догађај представља склоп околности или дешавања природног, техногеног или друштвеног порекла, на одређеној територији, који указује на одступање од норми и принципа нормалног функционисања текућих процеса или појава и значајно негативно делује на човека, имовину, економију и животну средину [7].

### 2.1. Карактеристике савремених ванредних ситуација

Савремена наука није решила термилошке и појмовне недоумице у одређењу синтагме «ванредне ситуације». У употреби се налази неколико синтагми, које се користе за одређење ситуације<sup>4</sup> која подразумева опасно стање и постојање негативних последица: ванредна ситуација, ванредне прилике, ванредно стање, катастрофа, ургентна ситуација, итд. [1]. На

<sup>4</sup> Термин ситуација, потиче од латинске речи „situs“, која представља карактеристично стање које је последица неке радње или догађаја (Нова Larrouse енциклопедија, трећи том, ЈРЈ, Београд, 1999, стр 1668



основу свега анализираног може се констатовати да је заједнички именитељ за ванредне ситуације специфичност, екстремност, посебност услова настанка и развоја, велике негативне последице, хитност реаговања, итд. Посебне околности најчешће представљају повећани степен опасности за живот и здравље људи, нормално функционисање система у друштвеној заједници, имовину, културне вредности, итд. Реч је о околностима које су изазване утицајем различитих фактора природног, биолошког, техничко-технолошког или социјалног карактера а које захтевају посебне организационе, правне, финансијске, материјалне и оперативне мере ради нормализације насталих околности.

Комплексност ванредних ситуација као појаве, и тешкоће у класификацији намећу потребу за уједначавањем приступа класификацији. Велики део аутора се слаже, да је за практичне потребе, класификацију ванредних ситуација најбоље вршити према врсти и типу ванредних догађаја који узрокују ванредне ситуације. У складу са наведеним, ванредне ситуације се разликују према следећим групама: 1. Природне; 2. Техногене; 3. Еколошке; 4. Ратне и 5. Комплексне [1].

Велики број научника се слаже са тезом да друштвена безбедност подразумева комплексност фактора безбедности у вертикалној, хоризонталној и дијагоналној равни. Очигледно је да постоји потреба да се безбедност као појава и функција сагледа из различитих углова. Овакав приступ је узрокован чињеницом, да у кризним ситуацијама настаје велики број жртава и велике штете иако су, наизглед, предузете све мере заштите. Мере заштите су биле усмерене тежишно на заштиту од војних претњи, па су у том смеру развијени и системи безбедности у државама. Национална безбедност је морала да доживи ревизију и претрпи проширивање које би укључило ресурсе, животну средину и демографске теме [10]. Национална безбедност више није повезана само са интерним факторима. Она је повезана са речним подручјима, усевима, шумама, генетским ресурсима, климом, миграцијама и другим факторима који су ретко озбиљно разматрани од стране политичких лидера, а сви заједно могу да буду пресудни за друштвену безбедност.

## **2.2. Друштвене претпоставке ванредних ситуација**

Ванредне ситуације, које су се догађале последњих деценија, избациле су у први план многа питања везана за безбедност људи и животне средине. Поред покушаја да се ванредне ситуације објасне као чисто природне појаве или чисто техничко технолошке, све је више аутора који их покушавају објаснити кроз све веће нарушавање односа између природе и људског друштва. Такав приступ се објашњава, очигледним појавама у савременом свету, као што су: раст насеља, миграције и концентрација становништва, повећање отпада, повећан утрошак електричне енергије, неконтролисана експлоатација природних ресурса, итд. Вишеструки су покушаји, предузимања мера за умањење негативних последица наведених појава. Међутим, ефективност тих мера се доводи у питање јер очигледно је, да не делују у потпуности. Разлог за такво стање се налази пре свега у ограниченом познавању појава од стране човека. Брз техничко технолошки развој доприноси повећању благостања људског друштва али истовремено и повећању броја и последица негативних догађаја [9].

Савремено друштво, или како се детерминише у новијој литератури „друштво ризика“, управо имплицира постојање свести о све већој потреби истраживања и налажења начина за супротстављање ванредним ситуацијама. Велики број држава и институција је усмерио своје активности у правцу истраживања појава које узрокују ванредне ситуације и могућих последица по људско друштво. Последња истраживања су усмерена ка промишљању и сагледавању ванредних ситуација кроз примену концепта одрживог развоја. Наиме, велики број покушаја у прошлости, који се односио на пружање помоћи и реаговање по реализацији ванредних догађаја, показао је да такав приступ има велики број недостатака. Резултати последњих истраживања показују да је неопходно посветити већу пажњу планирању, координацији свих

фактора друштва и њиховом укључивању у реализацију мера за спречавање или одговор на ванредне ситуације, као и минимизацију последица по животну средину.

### **2.3. Системи за управљање ванредним ситуацијама**

Ванредне ситуације чија је основна карактеристика, неочекиваност, стављају човека као појединца, друштво, организације, системе пред различите изазове и искушења. Сложеност и кратко време за деловање, стварају посебне компликације у оперативним условима, јер се на територији захваћеној ванредним ситуацијама услови додатно компликују. Компликације настају делом због развоја самих догађаја, делом због спремности или неспремности заједнице за деловање, делом због природних услова, итд. Наведене чињенице указују на потребу удруживања субјеката и снага друштвених заједница и посебног организовања за одговор на ванредне ситуације. Кроз историју, зависно од степена угрожености ванредним ситуацијама, људи су предузимали различите активности у борби против опасности, као што су [12]:

- избегавање опасности путем померања;
- умањење и редуковање интензитета и последица;
- осматрање, јављање и узбуђивање угроженог становништва;
- спречавање и неутралисање дејства продуката опасности;
- спасавање становништва и материјалних добара;
- збрињавање угроженог становништва;
- асанација територије;
- материјално техничко обезбеђење угроженог подручја и
- унапређење припремљености територије за реаговање у ванредним ситуацијама.

Наведено указује на чињеницу, да су човек и његова заједница, предузимали одређене активности на, пре свега помоћи након дешавања опасности. Акцент је дат на упозоравање и помоћ и збрињавање на основу последица. Истраживања у последњих две деценије показују да то није довољно, већ се мора приступити овом проблему, много шире, односно решење се мора пронаћи пре наступања негативног догађаја. Научна и искуствена сазнања, јасно указују на потребу деловања и у превентивном смислу. Неопходно је плански и организовано извршити припреме за спречавање или минимизацију ефеката ванредних ситуација односно за ефикасан одговор на последице ванредних ситуација. У циљу испуњавања наведених захтева, неопходно је планирати, припремати, организовати, обучавати субјекте друштвене заједнице за одговор на ванредне ситуације, односно потребно је управљати ванредним ситуацијама.

Циљ управљања ванредним ситуацијама јесте очување стабилности и безбедности штићених вредности, односно припрему и спремност субјеката и снага система, односно заједнице, у циљу спречавања настанка и отклањања последица пре, у току и после настанка ванредног догађаја. Тежиште активности субјеката у управљању ванредним ситуацијама усмерено је на заштиту живота и здравља људи, заштиту материјалних вредности, природних добара и кључне инфраструктуре [8].

Управљање ванредним ситуацијама се реализује на локалном, регионалном и глобалном нивоу. Приступи решавању проблема из ове области су различити у појединим земљама и на различитим нивоима, пре свега због материјалних могућности појединих земаља али и степена угрожености појединим опасностима.

Управљање ванредним ситуацијама, може да се дефинише као организовани плански процес идентификације и мерења опасности које могу да узрокују ванредне ситуације, избора, развоја и примене опција за контролу ванредне ситуације и мониторинга ванредне ситуације [8].

Материјализација управљања ванредним ситуацијама врши се кроз систем управљања ванредним ситуацијама. Систем управљања ванредним ситуацијама чини комплексан скуп

активности динамичког система који је подложен сталном унапређивању и усавршавању у складу са развојем нових концепција, приступа, технологија, опреме, комуникационих система, научних сазнања и слично.

Комплексност и мултидимензионалност по времену, простору и последицама, ванредних ситуација, предиктивно одређује и концепцију система за управљање ванредним ситуацијама. Последње деценије двадесетог века, показују важност одрживог развоја и повећање потреба за безбедношћу у радној и животној средини. Као приоритетни и незаобилазни постављају се потребе за предвиђањем и најавом различитих катастрофа. Веома важна димензија овог проблема настаје на глобалном нивоу. Ретке су несреће које имају локални карактер. Националне државе формирају властите системе за управљање ванредним ситуацијама, на основу својих потреба и могућности. Међутим, због чињенице да простор више није препрека за различите негативне ефекте, веома је важно створити функционалне и координисане системе на регионалном и глобалном нивоу.

Многе државе су формирале, оптимално димензионисане националне системе намењене за безбедност руралних подручја, заштиту индустријских постројења, реаговање и одговор на различите несреће. Основни циљ таквог, системског приступа, управљању ванредним ситуацијама јесте обезбеђивање сталне приправности, пре свега органа државне управе али и грађана, за брзо и правилно поступање и реаговање при различитим несрећама.

Највећу одговорност за припреме и реаговање у ванредним ситуацијама имају органи власти. Ради тога се у различитим државама формирају различити органи-агенције оспособљени, овлашћени и надлежни за управљање ванредним ситуацијама. Органи власти би приликом димензионисања оваквих служби, требало да воде рачуна о неколико битних елемената [18]:

- да омогуће припрему државних органа, специјализованих служби, других актера за реаговање у ванредним ситуацијама;
- да омогуће пружање помоћи и организацију заштите и спасавања у катастрофама од значаја за државу и тражење међународне помоћи и
- санирање последица ванредних ситуација.

Димензионисање система заштите и спасавања, директно зависи од изазова, ризика и претњи субјекту који представља штићену вредност.

### **3. ЗАКЉУЧАК**

Велики број несрећа, а све мање могућности утицаја на смањење последица, довели су у питање постојећи систем „реаговања и помоћи“, а отвориле пут за нова промишљања о безбедносним аспектима друштва. Различити стручњаци и научници су увидели да није довољно само пружити помоћ страдалим вредностима када се несрећа већ деси. Веома важно место добија принцип „припреме и превенције“. Безбедност друштва је добила нову димензију, односно, усмерена је на управљање ризицима, кризним и ванредним ситуацијама. Глобалан облик утицаја на кризе, односно модел понашања, добија структуру са елементима: идентификације, планирања, реаговања и стабилизације стања и отклањања последица. Наведени концепт, у први план поставља човека као највишу вредност и тесну повезаност свих субјеката, снага и средстава за управљање кризним и ванредним ситуацијама.

Управљање ванредним ситуацијама, као елемент друштвене безбедности, добија на значају и о његовој примени се дискутује на високом нивоу, у уједињеним нацијама. Специјализоване агенције уједињених нација, регионална и национална тела, усмеравају огромну енергију на стварање универзалног модела понашања и реаговања у ванредним ситуацијама. Култура безбедности и припремљености на ванредне ситуације постаје стратешки принцип на светском, регионалном и националном нивоу. Подизање безбедносне културе постаје основ за промишљање о друштву спремном за ванредне ситуације али и припремљеном за брзо

и правилно реаговање на ванредне ситуације. Стварање безбедног и здравог окружења подразумева перманентно учење из криза. Организацијска клима која поспешује учење и мотивише за партиципацију у безбедносним активностима детерминише превенцију као вредност. Ова чињеница оправдава захтеве друштва и научне и стручне јавности да се друштвена безбедност, материјализована у систему безбедности уреди на новим основама, где ће у првом плану да буде човек као највиша вредност.

Преображај традиционалне функције борбе против ванредних ситуација у савремену улогу јавног управљања везану за целокупан живот друштвене заједнице, подразумева постојање знања, вештина и способности које су у функцији реализације нових циљева и задатака базираних на проценама угрожености друштва и државе од ванредних ситуација. Системи за управљање ванредним ситуацијама рефлектују друштвене и економске услове и оквире унутар којих функционишу, што генерише различите приступе решавању овог проблема и различите системе управљања. Међутим основни циљ, система за управљање ванредним ситуацијама јесте развој превентивних мера и активности, како у систему интегралне безбедности тако и у систему управљања ванредним ситуацијама.

#### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аврамовић, Д., Млађан, Д. (2012), Ванредно стање и ванредна ситуација-компаративни, термилошки и садржински аспекти, са пројекта Развој институционалних капацитета, стандарда и процедура за супротстављање организованом криминалу и тероризму у условима међународних интеграција. Пројекат финансира Министарство науке и технолошког развоја Републике Србије (бр. 179045).
- [2] Barnett, J., 2001, The Meaning of Environmental Security. Ecological Politics and Policy in the new Security Era -London
- [3] Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., (2000), At Risk Natural hazards, Peoples Vulnerability and Disaster, 2<sup>nd</sup> ed. (London- New York)
- [4] Brown, Newille (1989), Climate, ecology and International Security, Survival, Vol. 31, No.6, 519-532
- [5] Кековић, З.: Теорија система безбедности, Факултет за безбедност и заштиту, Бањалука, 2009.
- [6] Кековић, З., Комазец, Н., Милошевић, М., Савић, С., Јовановић, Д., 2010, Процена ризика у заштити лица, имовине и пословања, ЦАРУК, Београд
- [7] Комазец, Н.: Модел управљања ризику превенцији ванредних догађаја у војноорганизационим системима, докторска дисертација, Војна академија, Београд, 2017
- [8] Николић, В. (2007), Образовање као елемент управљања ванредним ситуацијама, Зборник радова: Управљање ванредним ситуацијама, факултет заштите на раду, стр 53-62
- [9] National Intelligence Council, (2000), Global Trends 2015, A dialogue About the future with Environmental Experts, Washington, D.C, Central Intelligence Agency
- [10] Lonergan, s., (2002), Environmental security, in: Munn, ted (Ed.): Encyclopedia of Global environmental Change, vol.5
- [11] O'Riordan, T., 2002, Encyclopedia of Global Environmental Change, vol.4; Responding to Global Environmental Change Chichester, UK, John Wiley:369
- [12] Стојановић, Р. (1984), Заштита и спасавање људи и материјаних добара у ванредним ситуацијама, ВИЗ, Београд

Душан ВРАЊЕШ<sup>1</sup>

## МОГУЋНОСТ ПОЈАВЕ ЕКСТРЕМНОГ УГРОЖАВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА ПРИЈЕДОРА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ

**Резиме:** Појаве екстремно високог нивоа загађења на подручју града Приједора присутне су као опасност услед елементарних непогода и техничко технолошких акцидента. Ове појаве се могу манифестовати као загађење површинских и подземних вода, екстремно загађење ваздуха, загађење земљишта те појаве великих количина опасног отпада. У раду се на бази анализе узрока појаве екстремног загађења животне средине утврђује приступ спровођењу мера заштите животне средине које је неопходно спроводити како у склопу превентивних и оперативних мера тако и мера отклањања последица елементарних непогода. Ефикасно спровођење мера заштите животне средине захтева пре свега ефикасно деловање и сарадњу институција у које врше мерење, служби са санацију стања и субјеката власника капацитета који су директно угрожени. Најзначајнији допринос могуће је остварити кроз оспособљавање за утврђивање нивоа загађења и праћење стања, оспособљавање и опремање за предузимање одговарајућих мера заштите те развој инфраструктурних капацитета ради адекватног спровођења мера отклањања последица елементарних непогода.

**Кључне речи:** животна средина, екстремно загађење, мере заштите

## POSSIBILITY OF EXTREME ENVIRONMENTAL DAMAGE IN THE AREA OF PRIJEDOR AND PROTECTION MEASURES

**Abstract:** Occurrences of extremely high levels of pollution in the area of the city of Prijedor are present as a danger due to natural disasters and technical and technological accidents. These phenomena can be manifested as pollution of surface and ground waters, extreme air pollution, soil contamination and the occurrence of large quantities of hazardous waste. In this paper, based on the analysis of the cause of the occurrence of extreme environmental pollution, the approach to the implementation of environmental protection measures that is necessary to implement as part of preventive and operational measures as well as the measures for removing the consequences of natural disasters is determined. Effective implementation of environmental protection measures requires, first of all, the effective operation and cooperation of the institutions in which they measure, the rehabilitation services and the entities of the owners of the capacities that are directly endangered. The most significant contribution can be achieved through training for determining the level of pollution and status monitoring, training and equipment for taking appropriate protection measures and development of infrastructural capacities in order to adequately implement the measures for removing the consequences of natural disasters.

**Key words:** environment, extreme pollution, protection measures

---

<sup>1</sup>Градска управа Приједор, [dusan.vranjes@prijedorgrad.org](mailto:dusan.vranjes@prijedorgrad.org)

## **1. УВОД**

Елементарне непогоде и теничко-технолошки акциденти који су присутни и идентификовани као опасност на подручју града Приједора могу имати за посљедицу поред угрожавања становништва и материјалних добара и значајно загађење и деградацију животне средине. Најчешћи непосредни узроци екстремног угрожавања живоне средине на подручју града Приједора су оштећења објеката комуналне инфраструктуре и техничко-технолошки акциденти који се појављују као посљедица елементарних непогода. До појаве екстремно високог нивоа загађења могу довести и индустријско и урбано загађење, поготово када је присутан кумулативни ефекат уз одређене неповољне метеоролошке услове а пре сега појаве температурне инверзије. Екстремни облици загађења животне средине на подручју града Приједора пре свега узрокују угрожавање здравља становништва а затим доводи до нарушавања еколошке равнотеже те узрокује значајне материјалне штете.

Спречавање појава екстремног угрожавања животне средине и спровођење мера заштите и спасавања код присутних профила опасности неопходно је спроводити кроз превентивне мере заштите. Спровођење превентивних мера могуће је остварити кроз изградњу и одржавање функционалне комуналне инфраструктуре, мере јавне хигијене као и правилно и одрживо управљање природним ресурсима на подручју града Приједора. Такође од изузетно важног значаја је спровођење мониторинга, адекватан надзор, квалитетно планирање и едукација становништва.

У случају појаве екстремних облика угрожавања животне средине неопходно је организовано и плански спроводити мере заштите и спашавања становништва као и мере отклањања посљедица екстремног загађења животне средине.

### **1.1. Метод рада**

Анализа стања и потенцијалних облика екстремног угрожавања животне средине на подручју града Приједора као и могућности спровођења мера заштите извршена је на бази праћења стања и прикупљања и обраде података о стању животне средине као и података из Процене угрожености од елементарних непогода на подручју града Приједора те урбанистичке и просторно планске документације на подручју града. Рангирање присутних проблема и облика угрожавања животне средине извршено је на бази емпиријског истраживања спроведеног о могућностима заштите животне средине кроз функције цивилне заштите у локалним заједницама. У склопу ове анализе извршено је анкетирање појединаца који су на различите начине ангажовани на пословима заштите и спашавања те пословима заштите и унапређења животне средине и који су стручно профилисани за обављање послова заштите и спасавања и заштите животне средине у органима локалне самоуправе, инспекцијским службама и у јавним предузећима и установама.

## **2. РЕЗУЛТАТИ**

### **2.1. Појавни облици екстремног угрожавања животне средине**

Угрожавање животне средине изнад дозвољеног нивоа односно када оно постаје опасност за здравље становништва може бити последица како индустријског и урбаног загађења тако и посљедица појаве елементарних непогоде и техничко технолошких акцидента. Појавни облици угрожавања животне средине углавном су присутни као [5]:

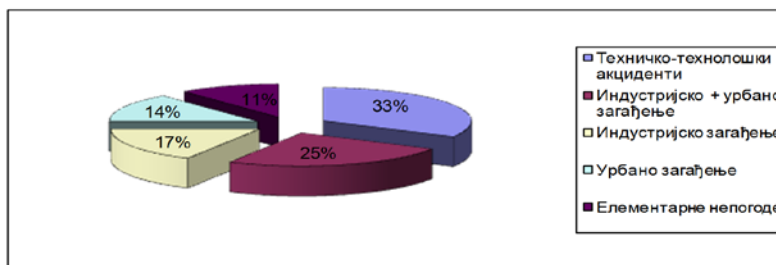
- загађење површинских и подземних вода доспећем механичких и хемијских компоненти као и микробиолошког загађења,

- загађење насеља и земљишта у захваћеном подручју услед наношења велике количине чврстог и опасног отпада,
- контаминација земљишта и биљног материјала тешким металима и органским полутантима,
- загађења ваздуха услед индустријског и урбаног загађења,
- појава значајнијих количина опасног – хемијског отпада (пестициди, заштитна средства и сл) ,
- уништење и оштећење објеката комуналне инфраструктуре који су у функцији водоснабјевања и хигијенизације простора,
- угинуће великог броја домаћих и дивљих животиња и опасност загађења услед појаве анималног отпада.

Наведене појаве значајно доприносе нарушавању еколошке равнотеже, контаминацији простора и угрожавању вегетативног потенцијала на подручју захваћеног катастрофом.

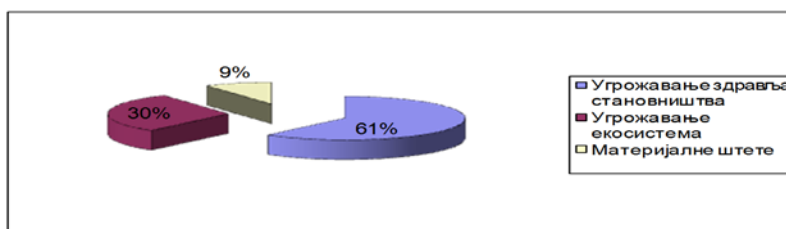
### 2.1.1. Узроци и последице екстремног загађења животне средине

Појаве екстремно високих концентрација појединих полутаната у урбаним подручјима може бити узроковано пре свега техничко – технолошким акцидентима на индустријским и енергетским капацитетима. Такође до појаве екстремно високог нивоа загађења могу довести и индустријско и урбано загађење поготово када је присутан кумулативни ефекат уз одређене неповољне метеоролошке услове а пре свега појаве температурне инверзије [2]. Најчешћи узроци појаве екстремног загађења на подручју локалних заједница приказан је на графикону број 1.



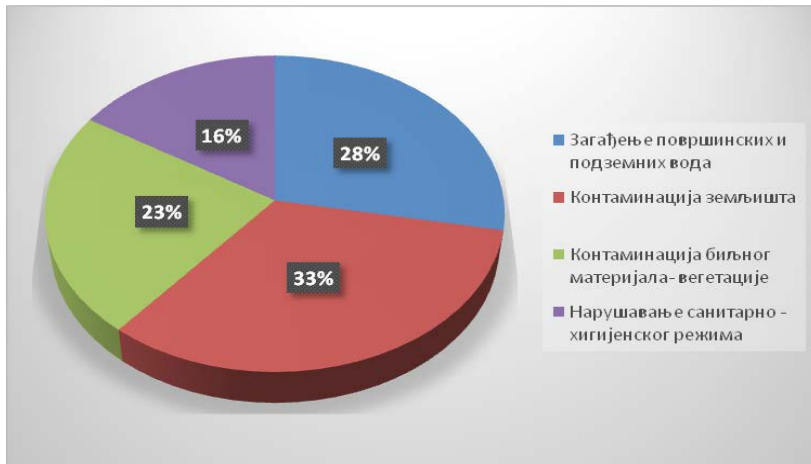
Графикон 1 – Преглед најчешћих узрока појаве екстремног загађења

Значајније прекорачење дозвољеног нивоа концентарције загађујућих материја пре свега узрокује угрожавање здравља становништва а затим доводи до угрожавања екосистема те узрокује материјалне штете које настају појавом екстремно високих концентрација загађујућих компоненти (графикон 2).



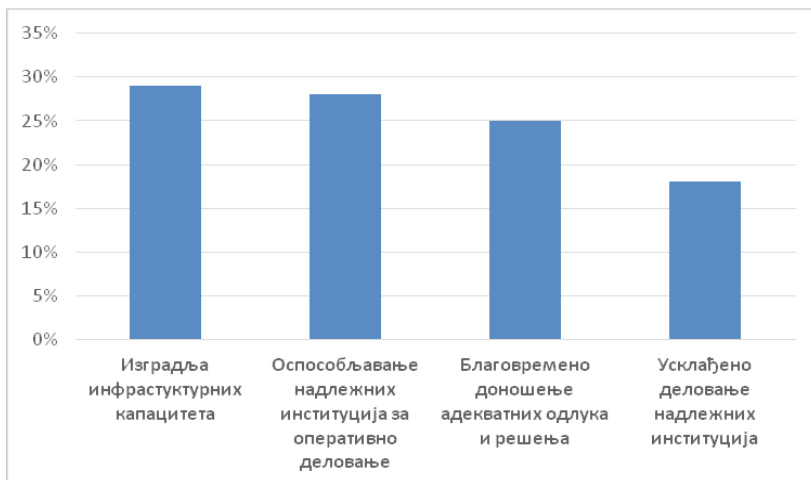
Графикон 2 – Преглед најзначајнијих последица екстремног загађења [4]

Еколошке последице које се манифестују приликом екстремно високих концентрација полутаната и загађења животне средине манифестују се као контаминација земљишта, загађење површинских и подземних вода те контаминација биљног материјала – вегетације и нарушавање санитарно хигијенских услова у зонама које су захваћене појавом екстремног загађења [3]. Преглед еколошких последица екстремног загађења у локалним заједницама приказан је на графикану 3.



Графикон 3 – Преглед еколошких последица екстремног загађења животне средине

Да би се спријечиле појаве екстремно високих концентрација загађења потребно је пре свега кроз превантивне мере односно изградњу одговарајућих капацитета – објеката комуналне инфраструктуре и оспособљавање (опремање и обучавање) надлежних јавних и специјализованих институција за ефикасно спровођење оперативних мера заштите. За ефикасно оперативно дјеловање на спровођењу мера заштите животне средине најзначајније је доношење адекватних одлука и решења од стране надлежних органа цивилне заштите као и усклађено деловање надлежних институција (графикон 4).



Графикон 4 – Преглед најзначајнијих мера за спречавање појава екстремног загађења



Спровођење мера заштите животне средине у случају појаве критичног нивоа загађености потребно је организовати од стране општинског – градског штаба ванредне ситуације у непосредној сарадњи са надлежним институцијама. За успешно провођење мера заштите животне средине у случају појаве критичног нивоа загађености неопходно је успоставити организациони модел који подразумева добру координацију активности надлежних градских субјеката, органа управе надлежног за животну средину и стручно - специјализованих установа.

### **2.1.2. Појаве екстремних облика загађења животне средине на подручју града Приједора**

Појаве екстремног загађења животне средине на подручју града Приједора могуће је пре свега услед појаве акцидентних ситуација као и кумулацијом загађујућих компоненти чему могу погодовати одређени метеоролошки услови.

На бази анализе стања и могућности угрожавања животне средине те анализе могућих ризика и сценарија може се констатовати да су пре свега могући следећи ризици [5]:

- Појава екстремног загађења ваздуха у урбаном подручју града Приједора,
- Екстремно загађење ваздуха услед појаве техничко-технолошког акцидента,
- Екстремно загађење воде у извориштима „Матарушко поље“ и „Приједорчанка“
- Екстремно загађење водотока реке Сане услед акцидентне појаве или одлагања опасних материја,
- Контаминација земљишта услед појаве поплаве и неконтролисаног одлагања опасног отпада.

Појава екстремног загађења ваздуха у урбаном подручју града Приједора настаје услед повећања емисија из урбаних извора загађења и кумулативног ефекта. Екстремно загађење ваздуха услед појаве техничко - технолошког акцидента може настати услед хаварије складишта лакозапаљивих и транспорта опасних материја. Екстремно загађење воде у изворишту „Матарушко поље“ може настати у случају плављења подручја изворишта када долази до продора плавних вода у извориште у контаминације воде за пиће.

### **2.1.3. Посљедице екстремног загађења животне средине на подручју Града Приједора**

Врло висока вероватноћа и могућност појаве екстремног загађења изворишта „Матарушко поље“ присутна је због честе појаве поплава које узрокују продор плавних вода у извориште и контаминацију воде за пиће. Појава екстремног загађења и контаминације земљишта такође је присутна са високом вероватноћом а последице ове контаминације могу бити озбиљне с обзиром на опасност угрожавања квалитета земљишта, површинских и подземних вода. Екстремно загађење ваздуха може имати озбиљне последице пре свега угрожавање здравља становништва, а нарочито осетљивих особа (деца, старије становништво и хронични болесници). Такође је присутна просечна вероватноћа појављивања екстремног загађења водотока може узроковати уништавање флоре и фауне у водотоку (помор рибе и сл.), те може узроковати загађење изворишта воде за пиће с обзиром на чињеницу да се изворишта воде за пиће у највећој могућој мери прихрањују из водотока реке Сане [5]. Матрица ризика и анализа сценарија за појаве екстремног загађења животне средине дата је на графикаону 5.

Врло висока вјероватноћа (5)					
Висока вјероватноћа (4)			Контаминација земљишта		Екстремно загађење изворишта
Просјечна вјероватноћа (3)			Екстремно загађење ваздуха	Екстремно загађење водотока	
Ниска вјероватноћа (2)					
Врло ниска вјероватноћа (1)					
	Ограничено (1)	Осредње (2)	Озбиљно (3)	Врло озбиљно (4)	Критично (5)

Легенда:

	Врло висок ризик
	Висок ризик
	Просјечан/прихватљив ризик
	Низак ризик
	Врло низак ризик

Графикон 5 – Матрица ризика појаве екстремног загађења животне средине на подручју града Приједора

#### 2.1.4. Мјере заштите животне средине ради спријечавања појаве екстремног загађења

Да би се спријечиле појаве екстремно високих концентрација загађујућих компоненти потребно је пре свега обезбједити:

- континуирани мониторинг стања животне средине кроз праћење емисије и имисије загађујућих компоненти.
- од стране производних и енергетских капацитета неопходно је спроводити одговарајуће техничко-технолошке мере и мере технолошке дисциплине.
- успоставити добру координацију активности надлежних субјеката у локалној заједници са стручно-специјализованим установама,

- На оперативним активностима на провођењу хитних мера ангажовати специјализоване јединице за заштиту и спашавање, јавна предузећа, и установе,
- обезбиједити благовремено утврђивање критичног нивоа загађености и одређивање зоне критичне загађености на основу чега се на предлог стручно - специјализоване установе предузимају одговарајуће мере заштите и спашавања становништва и мере које ће у најкраћем могућем временском периоду довести до смањења концентрације загађујуће компоненте [4].

Неопходне мјере здравствене заштите и заштите животне средине које је потребно спровести од стране надлежних субјекта су:

- појачан надзор над објектима за водоснабјевање, појачано праћење и контрола здравствене исправности воде за пиће,
- континуирано праћење квалитета воде из градског водовода, контрола резидуалног хлора, узимање узорака воде за микробиолошку и физичко-хемијску анализу,
- континуирани мониторинг квалитета ваздуха и свакодневна сарадња и размјена информација и података са Институтом за јавно здравство Републике Српске,
- континуирани санитарно-хигијенски надзор над становништвом, школама и колективним центрима,
- континуирани надзор здравља животиња као и спровођење мера дезинфекције и дератизације [5].

### 3. ЗАКЉУЧЦИ

1. Угрожавање животне средине изнад дозвољеног нивоа односно када оно постаје опасност за здравље становништва може бити последица како индустријског и урбаног загађења тако и последица појаве елементарних непогода и техничко-технолошких акцидента

2. Облици загађења које се дешавају углавном се манифестују као контаминација земљишта, загађене површинских и подземних вода и загађење ваздуха у урбаним зонама.

3. Да би се спријечиле појаве екстремно високих концентрација загађења потребно је пре свега кроз превантивне мере обезбедити изградњу одговарајућих капацитета – објеката комуналне инфраструктуре и оспособљавање (опремање и обучавање) надлежних јавних и специјализованих институција за ефикасно спровођење оперативних мјера заштите.

4. Спровођење хитних мера заштите животне средине подразумева координирану акцију између стручно-специјализованих организација, специјализованих јединица цивилне заштите, јавних предузећа, инспекцијских органа и надлежних органа за животну средину.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aleksander D.; *Principles of emergency planning and management*, University of Massachusetts Amherst, first published in 2002. by Terra Publishing.
- [2] Врањеш Д.; *Заштита животне средине у локалној заједници кроз функције цивилне заштите*, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Факултет безбедности Београд, 2008.
- [3] Врањеш Д., Стијепић Р., Рељић М., *Угрожавање животне средине услед елементарних непогода на подручју регије Бања Лука и мјере заштите*, 4. међународни конгрес „Екологија, здравље рад и спорт“, Бања Лука, 2012.
- [4] Врањеш Д.; *Еколошки аспект појаве поплаве на подручју града Приједора*, 8. међународни конгрес „Екологија, здравље рад и спорт“, Бања Лука, 2016.

- [5] Процјена угрожености од елементарних непогода на подручју града Приједора, Скупштине града Приједора, марта 2014.
- [6] Јаковљевић В.; Систем мера цивилне заштите и спасавања,»Зборник радова факултета цивилне одбране» Београд, 2000. год.
- [7] Чворовић З.; *Управљање ризицима у животној средини*, Задужбина Андрејавић, Београд, 2005.

Душан ВРАЊЕШ<sup>1</sup>

## ПОПЛАВЕ КАО ОБЛИК УГРОЖАВАЊА ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ НА ПОДРУЧЈУ ГРАДА ПРИЈЕДОРА И МЕРЕ ЗАШТИТЕ

**Резиме:** Учестале појаве поплава на подручју града Приједора поред угрожавања становништва и материјалних добара у значајној мери узрокују различите облике угрожавања животне средине, што може имати директни или индиректни утицај на здравље становништва овог подручја. У овом раду се на бази анализе могућих облика загађења животне средине услед поплаве утврђује концепт и мере заштите које је неопходно спроводити у циљу смањења нивоа загађења и негативних последица на животну средину овог подручја. Угрожавање животне средине услед појаве поплаве манифестује се како кроз директно загађивање због утицаја плавних вода тако и индиректно услед оштећења инфраструктурних објеката те појаве великих количина чврстог и опасног отпада. Мере заштита животне средине неопходно је усмерити на мониторинг стања и спречавање директног загађења опасним и токсичним материјама те на смањење последица поплаве на животну средину кроз отклањање кварова на објектима комуналне инфраструктуре и асанацију терена на угроженом подручју.

**Кључне речи:** поплава, животна средина, загађење, мере заштите

## FLOODS AS A FORM OF ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN THE AREA OF PRIJEDOR AND PROTECTION MEASURES

**Abstract:** Frequent flood events in the area of Prijedor beside endangering population and material goods are to a considerable extent caused by various forms of environmental damage, which can have a direct or indirect impact on the health of the population of this area. In this paper, on the basis of analysis of possible forms of pollution of the environment due to floods, the concept and measures of protection that are necessary to implement in order to reduce pollution levels and negative consequences on the environment of this area are determined. Environmental threats due to the occurrence of floods are manifested through direct pollution due to the impact of the waters and indirectly due to damage to infrastructure facilities and the emergence of large quantities of solid and hazardous waste. Measures to protect the environment must be directed to monitor the condition and prevent direct contamination of dangerous and toxic substances and to reduce the consequences of the flood on the environment by removing the defects in the facilities of the communal infrastructure and the relief of the terrain in the endangered area.

**Key words:** flood, environment, pollution, protection measure

---

<sup>1</sup> Градска управа Приједор, dusan.vranjes@prijedorgrad.org

## **1. УВОД**

Појаве поплава на подручју града Приједора представљају најчешћи облик угрожавања становништва и материјалних добара због низа нерешених или непотпуно решених проблема у области заштите од вода. Непотпуна регулација водотока и изградња водозаштитних објеката представљају најзначајнији проблем са аспекта угрожености од поплава, чему значајно доприносе климатске промене које узрокују велике и дуготрајне падавине и интензивно топљење снега. Поплаве на нашем подручју узрокују велике материјалне штете односно угрожавање материјалних добара и пољопривредних култура, те значајно доприносе угрожавању животне средине и објеката комуналне инфраструктуре. Као једна од најзначајнијих последица поплаве је угрожавање животне средине које се манифестују кроз директно и индиректно угрожавање квалитета животне средине, кроз загађење површинских и подземних вода и загађење земљишта. Последице које се манифестују на квалитет животне средине у случају поплаве могу настати и услед оштећења инфраструктурних објеката који су у функцији водоснабдевања, одводње отпадних вода, појаве чврстог и опасног отпада и појаве минско експлозивних средстава на угроженом подручју.

Спровођење мера заштите животне средине у случају појаве поплаве на подручју града Приједора подразумева предузимање низа мера заштите од поплава те благовремено и квалитетно праћење стања, контролу квалитета вода и благовремено уклањање опасних и токсичних материја узрочника загађења у угроженом подручју. Посебно је потребно ради отклањања последица појаве поплава на животну средину благовремено и организовано спровести мере заштите од непосредног загађења и асанацију терена које подразумјева: уклањање отпадних материја – комуналног и опасног отпада, збрињавање уинутих животиња, чишћење, прање и дезинфекцију објеката и отклањање кварова на објектима комуналне инфраструктуре.

### **1.1. Метод рада**

Анализа стања и потенцијалних облика угрожавања животне средине услед појаве поплаве на подручју града Приједора као и могућности спровођења мера заштите извршена је на бази праћења стања и прикупљања и обраде података као и кориштења података из Елабората о процјени штета на подручју града Приједора узркованих појавом поплаве у мају 2014. године, Процене угрожености од елементарних непогода на подручју града Приједора те урбанистичке и просторно планске документације на подручју града Приједора. Рангирање присутних проблема и облика угрожавања животне средине извршено је на бази емпиријског истраживања спроведеног о могућностима спровођења заштите животне средине кроз функције цивилне заштите. У склопу овог емпиријског истраживања извршено је анкетаирање појединаца који су на различите начине ангажовани стручно профилисани за обављање послова заштите и спашавања и заштите животне средине у органима локалне самоуправе, инспекцијским службама и у јавним предузећима и установама.

## **2. РЕЗУЛТАТИ**

### **2.1. Поплаве као профил опасности на подручју града Приједора**

Појава поплаве на подручју града Приједора условљена је бројним природним факторима (водни режим, климатски, геолошки, топографски и други фактори) и људским делатностима. Слив реке Сане, као основне хидрографске артерије града Приједора, карактерише развијен рељеф са релативно великом количином падавина, које су изразито неравномјерно распоређене [6].

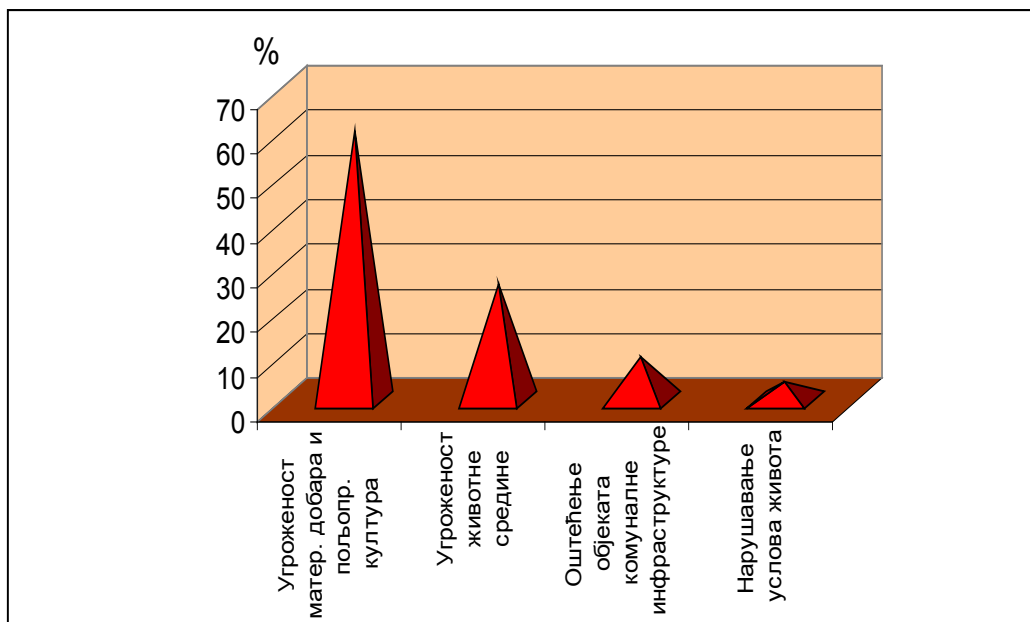
Централним дијелом терена града Приједора протиче река Сана која са великог сливног подручја од 3.191 km<sup>2</sup> прихвата све површинске воде, одводећи их даље у ријеку Уну. На тај начин она представља највећу хидрографску артерију, а уједно и ерозиону базу целог простора. Највећа притока јој је река Гомјеница која прихвата воде централног и источног дијела градске територије.

Због великог сливног подручја, нарочито у горњим токовима ријека Сане и Гомјенице, у условима великих падавина или наглог топљења снега, долази до прихватања већих количина воде, што у условима презасићености земљишта влагом има за посљедицу излевање реке Сане и њених притока (Гомјенице, Пухарске, Милошевице, Светиње, Цигануше, Љубијске реке и др.) из корита, угрожавајући становништво, материјална добра и животну средину.

У зонама уз корита река Сане и Гомјенице у условима великих водостаја присутно је деловање подземних вода које је условљено великом пропусном моћи земљишта и висином водостаја у подземним акумулацијама које се углавном прихрањују из ових водотока.

### 2.1.1. Облици угрожавања животне средине услед поплава на подручју града Приједора

Поплаве које представљају учесталу појаву и опасност на подручју града Приједора поред угрожавања становништва и материјалних добара у значајном обиму урокују и деградацију животне средине овог подручја. Поред загађења земљишта, површинских вода и појаве значајних количина чврстог и опасног отпада као редовних пратечих појава код поплава. Један од најзначајнијих проблема представља угрожавање подземних вода изворишта која служе за водоснабјевање града. Последице које се јављају услед поплава на подручју града Приједора приказане су на графикону бр.1.



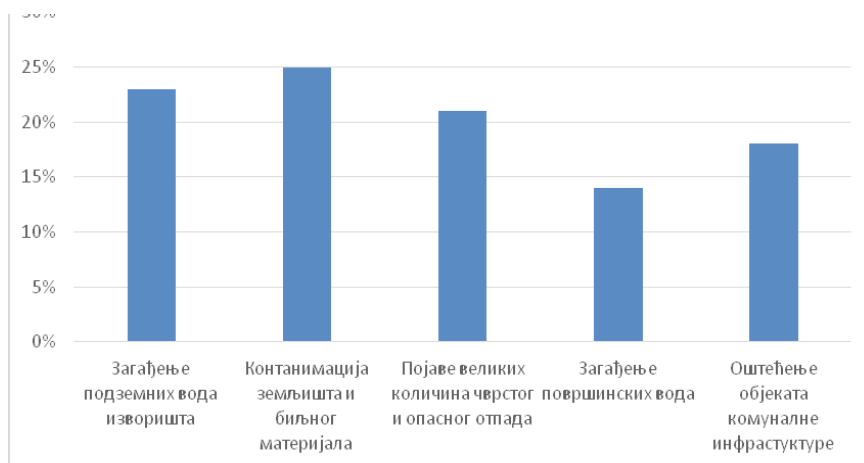
Графикон 1 – Преглед последица појаве поплава на подручју града Приједора

Поплавом која је задесила град Приједор 2014. године било захваћено око 4900 објеката и око 16.000 ha површине од чега 3.200 ha обрадивих површина у зони ријека Сане, Гомјенице, Милошевице и осталих мањих водотока. Поплавом су била захваћена 2.002 домаћинства односно око 8.000 становника, 76 привредних субјеката и 1.116 пољопривредних газдинстава [3].

Ова поплава узроковала је значајне последице на квалитет животне средине у зонама које су биле захваћене поплавом а пре свега:

- плављење изворишта питке воде на подручју града Приједора услед инфилтрације плавних вода у исте што је узроковало загађење подземних вода доспијећем механичких и хемијских компоненти као и микробиолошког загађења и нарушавање хигијенског режима у водоснабдијевања града,
- доношења велике количине чврстог отпада и механичких онечишћења и загађење насеља и земљишта у поплављеном подручју,
- контаминација земљишта и биљног материјала тешким металима и органским полутантима што је утицало на квалитет и биопродуктивност земљишта,
- услед плављења скалишног простора пољопривредних апотека дошло је до појаве великих количина опасног токсичног отпада и загађење насеља и земљишта у поплављеном подручју,
- уништење и оштећење објеката комуналне инфраструктуре који су у функцији водоснабдијевања и хигијенизације простора довело је до нарушавања санитарно хигијенског режима,
- појаве великих количина анималног отпада због угинућа великог броја домаћих и дивљих животиња,
- појава велике количине кабастог отпада насталог услед уништења намештаја и техничких средстава у домаћинствима и правним субјектима као и органског отпада насталог загађењем услед плављења готове хране намијењене за исхрану становништва и домаћих животиња.
- Појава минско експлозивних средстава у зонама захваћеним поплавом а нарочито на подручју насеља Тукови, Средице и Гомјеница.

Може се констатовати да су неведене појаве значајно допринијеле нарушавању еколошке равнотеже, контаминацији простора, угрожавању вегетативног потенцијала на подручју захваћеног поплавом. Преглед негативних последица ове поплаве на животну средину дат је на графикону 2.



Графикон 2 – Преглед негативних последица поплаве на животну средину



### 2.1.2. Спровођење мера заштите животне средине за време поплаве

Спровођење мера заштите животне средине како би се ублажиле последице појаве поплаве реализује се кроз превентивне активности и предузимање оперативних мјера заштите за вријеме поплаве те спровођењем мера отклањања последица појаве поплаве односно кроз мјере асанације подручја угроженог поплавом.

Мере заштите животне средине на подручју града Приједора за вријеме поплаве 2014. године одвијал су се кроз:

1. Надзор над објектима за водоснабјевање, појачано праћење и контрола здравствене исправности воде за пиће.
2. Праћење квалитета воде из градског водовода, контрола резидуалног хлора, узимање узорака воде за микробиолошку и физичко-хемијску анализу и надзор над копаним бунарима и локалним водоводима на поплавленим подручјима,
3. Прикупљање и размена информација и података са Институтом за јавно здравство Републике Српске Бања Лука.
4. Благовремено уклањање опасног-токсичног отпада,
5. спровођење мера дезинфекције и дератизације објеката [5]
6. Отклањања последица поплаве и асанација асанације подручја угроженог поплавом реализовано је кроз сљедеће мере:
  - поправка оштећених објеката комуналне инфраструктуре
  - прикупљање, одвоз и депоновање кабастог и осталог отпада
  - чишћење и прање стамбених и јавних површина,
  - дезинфекција стамбених и пословних објеката,
  - сакупљање, одвоз и санитарно збрињавање угинулих животиња.

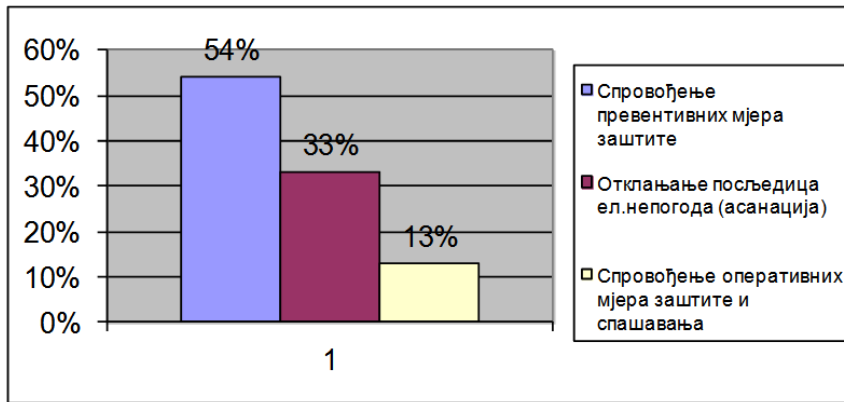
Дезинфекција стамбених, помоћних и пословних објеката у поплавленим насељима извршена је на 4.962 објеката, од тога 2.259 стамбених и 2.703 помоћна објекта. На терену је урађена и дезинфекција 43 пословна објекта и 109 копаних бунара.

Асанација терена спроведено је кроз прикупљање и збрињавање различитих врста отпадних материја (кабастог отпад – уништени намјештај, чврсти отпад, опасан - хемијски отпад). Носилац ових активности било је ЈП „Комуналне услуге“ уз учешће других субјеката ангажованих од стране Градског штаба за ванредне ситуације а извршено је сакупљање, одвоз и збрињавање отпада из поплавлених подручја и његово компактирање и депоновање на локалитету депоније „Стара пруга – Курево“. У наведеном периоду је одвезено око 6.342 m<sup>3</sup> чврстог и кабастог отпада [5].

Прикупљање и адекватно збрињавање токсичног – хемијског отпада реализовано је у сарадњи са министарством надлежним за заштиту животне средине ангажовањем специјализоване установе за збрињавање опасног отпада

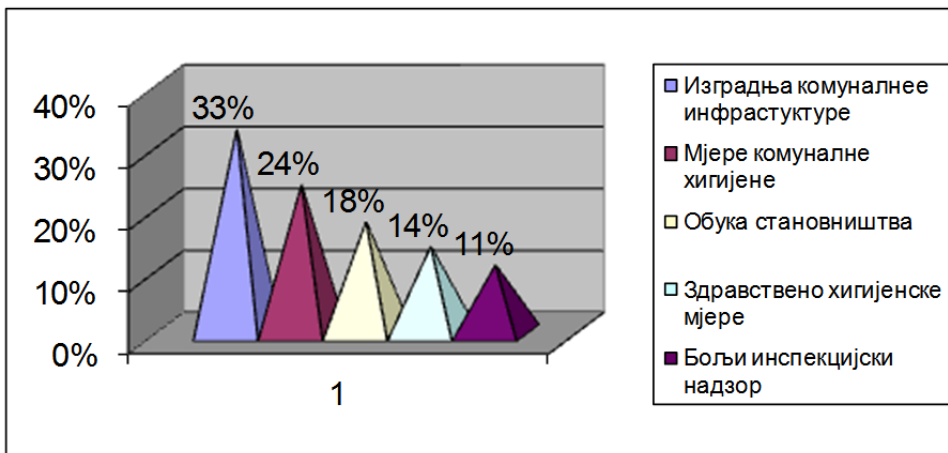
### 2.1.3. Мере и активности ради ублажавања последица поплава на квалитет животне средине

Деградација животне средине на подручју града Приједора коју узрокују поплаве може се смањити организованим спровођењем превентивних мера које имају задатак да спрече или умање ниво опасности, те кроз спровођење оперативних мера заштите и спашавања којима се уклањају непосредне опасности по животну средину те мера отклањања последица поплаве којима се спроводе мере асанације терена и решавају присутни проблеми заштите животне средине. Приказ могућности заштите животне средине у случају појаве поплаве дат је на графикану број 3.



Графикон 3 – Приказ могућности спровођења мера заштите животне средине у случају појаве поплаве

Спровођењем превентивних мера заштите могуће је дати најзначајнији допринос заштити животне средине. Превентивне мере могу се спроводити кроз успостављање одговарајуће организационе структуре, адекватну нормативно правну регулативу, квалитетно планирање, ефикасну контролу, надзор и праћење стања животне средине, те унапређење система информисања [2]. Најзначајнији допринос заштити животне средине у оквиру спровођења превентивних мера могуће је остварити кроз изградњу комуналне инфраструктуре, а пре свега решавање питања заштите вода и заштите од вода, одводње отпадних вода те спровођење мера комуналне хигијене, те спровођење здравствено хигијенских мјера (графикон број 4).



Графикон 4 – Преглед најзначајнијих мјера превентивне заштите

Да би се благовремено и квалитетно спровеле мере заштите животне средине у случају појаве поплаве односно појаве непосредног загађења животне средине неопходно је:

- остварити континуирано праћење стања на терену и појава угрожавања животне средине,
- предузети мере за благовремено ангажовање надлежних и овалштених институција на уклањању узрока контаминације.
- да би се благовремено донеле одговарајуће одлуке и решења за предузимање мера

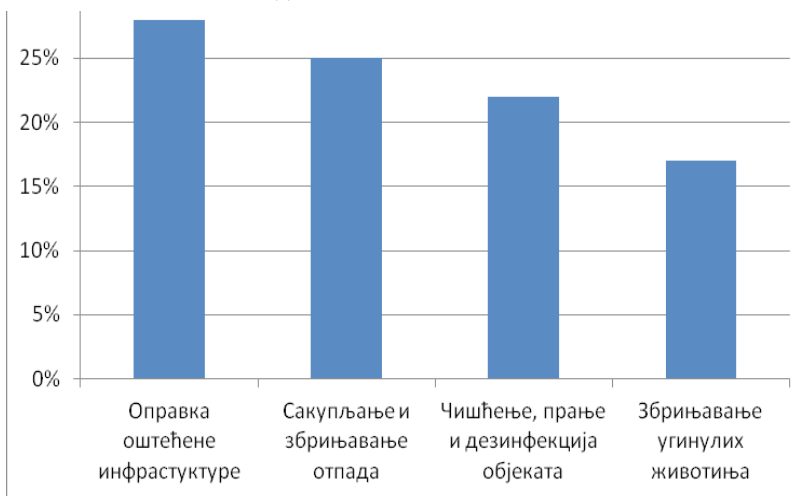
заштите неопходна је поред сталног праћења стања и сарадња цивилне заштите (градски штаб за ванредне ситуације) и специјализованих институција из различитих подручја и области заштите животне средине. Преглед мера заштите у случају појаве различитих облика непосредног угрожавања животне средине дат је на графикону 5.



Графикон 5 – Преглед мера заштите у случају појаве непосредног загађења животне средине

Да би се нормализовало стање на подручју захваћеном поплавом и елиминисале последице загађења животне средине животна средине на угроженом подручју неопходно је пре свега (графикон 6.):

- извршити оправке и обезбиједити функционалност објеката комуналне инфраструктуре (водосвадијевање, одводња отпадних вода и др.),
- извршити сакупљање и санитарно одлагање чврстог и опасног отпада,
- извршити чишћење, прање и дезинфекцију стамбених и пословних објеката као и јавних површина,
- обезбиједити благовремено сакупљање и адекватно санитарно збрињавање угинулих животиња и анималног отпада.



Графикон 6 – Преглед најзначајнијих мера отклањања последица поплаве

### 3. ЗАКЉУЧЦИ

1. Поплаве које представљају учесталу појаву на подручју града Приједора имају за последицу значајно загађење и деградацију животне средине.

2. Најзначајније последице поплава као облика загађења животне средине манифестују се као контаминација земљишта и биљног материјала и загађење подземних вода изворишта за водоснабдјевање града Приједора.

3. Контаминација земљишта и биљног материјала тешким металима и органским полутантима на подручју захваћеном поплавом значајно утиче на квалитет и биопродуктивност земљишта.

4. Да би се спречило или ублажило загађење животне средине у подручјима захваћеним поплавом неопходно је пре свега спровођење мера заштите од вода и изградњу адекватне комуналне инфраструктуре.

5. Како би се спровеле одговарајуће мере елиминације непосредног загађења животне средине услед поплаве неопходно је пре свега благовремено доношење одговарајућих решења и одлука као и брзо и ефикасно оперативно деловање надлежних специјализованих служби.

6. Да би се нормализовало стање на подручју захваћеном поплавом и спречиле појаве загађења животне средине неопходно је приоритетно извршити оправке и обезбиједити функционалност објеката комуналне инфраструктуре те благовремено извршити збрињавање чврстог и опасног отпада.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Aleksander D.; Principles of emergency planing and menagment, University of Massachusetc Amherst, first pabliched in 2002. by Terra Publishing,
- [2] Врањеш Д., Заштита животне средине у локалној заједници кроз функције цивилне заштите, докторска дисертација, Универзитет у Београду, Факултет безбедности Београд, 2008.
- [3] Елаборат о процијењеној штети на подручју града Приједора узрокованој поплавом у периоду од 15.05 до 08.06.2015.године, Скупштина града Приједора, новембар 20014.
- [4] Интегрално управљање водним ресурсима дијела слива Саве на подручју Босне и Херцеговине, студија, Регионални еколошки центар за средњу и Источну европу, 2004.
- [5] Информација о стању и мјерама санације од поплава на подручју града Приједора у периоду од 15.05 до 08.06.2015.године, Скупштина града Приједора, јуни 20014.
- [6] Процјена угрожености од елементарних непогода на подручју града Приједора, Скупштине града Приједора, марта 2014.
- [7] Јаковљевић В.; Систем мера цивилне заштите и спасавања, »Зборник радова факултета цивилне одбране« Београд, 2000.
- [8] Чворовић З., Управљање ризицима у животној средини, Задужбина Андрејавић, Београд, 2005.

Влада ПЛЕМИЋ<sup>1</sup>

## ПРЕДВИДЉИВОСТ ТЕХНИКЕ У ОДНОСУ НА ВРСТУ НАСТАНКА ОШТЕЋЕЊА И НАСТАНАК ПОВРЕДА У ТЕХНИЧКИМ ИНТЕРВЕНЦИЈАМА У САОБРАЋАЈУ - СИСТЕМ „3X2“

**Апстракт:** Област техничких интервенција у саобраћају је запостављена како по питању изучавања и обуке, тако и у практичној примени. Увидевши овај проблем започео сам пионирски подухват проучавања применљивих техника, са циљем проналаска узрочне везе између настанка оштећења, повреда и технике спасавања. Током овог пројекта доказано је и да је техника која ће се користити приликом интервенције предвидљива и при самој дојави о незгоди уколико се дефинише врста настанка оштећења. Та предвидљивост у великој мери доприноси психолошком растерећењу ватрогасаца-спасилаца, будући да је одређене активности могуће планирати пре доласка на место незгоде.

Други сегмент овог емпиријског истраживања доказује зависност ургентности повреде на план („А“или „Б“) и извођење технике и различитих поступка.

**Кључне речи:** саобраћај, техничке интервенције, систем 3X2

## PREDICTABILITY OF TECHNIQUES RELATED TO THE TYPE OF DAMAGES AND ORIGIN OF INJURY IN TECHNICAL INTERVENTIONS IN TRAFFIC – SYSTEM “3X2”

**Abstract:** The field of technical interventions in traffic has been neglected both in terms of study and training, as well as in practical application. Realizing the problem, the author starts the pioneering work of studying applied techniques, in order to find a causal link between the occurrence of damage, injuries and rescue techniques. During this project, it has also been proven that the technique to be used during the intervention is predictable when the incident is reported if the type of damage is defined. This predictability greatly contributes to the psychological relieving of firefighters-rescuers, since certain activities can be planned before arriving at the scene of the accident.

The second segment of this empirical research proves the dependence of the urgency of the injury on the plan (“A” or “B”) and the execution of techniques and various procedures.

**Key words:** traffic, technical interventions, system 3X2

---

<sup>1</sup> Сектор за ванредне ситуације МУП РС: vladaplemic@gmail.com

## 1. УВОД

У циљу разумевања закључака до којих сам дошао анализирајући интервенције ватрогасно - спасилачких јединица приликом техничких интервенција у саобраћају, учествовањем у истим и обучавајући ватрогасце - спасиоце за овај тип интервенције, морамо се позабавити кинетичком енергијом како би било могуће схватити шта је то што утиче на оштећења возила, повреде лица и/или смртне исходе.

Свако тело у покрету (возило, људско тело) покреће енергија – кинетичка енергија, која је пропорционална маси тела у покрету и квадрату брзине.

У пракси би то значило:

- Ако се удвостручи маса неког возила, кинетичка енергија се множи са два.
- Али ако се удвостручи брзина, кинетичка енергија се множи са четири.

С тим у вези, делимично је добијен одговор да је кинетичка енергија та која у тренутку незгоде одговорна за степен оштећења возила.

Познато је да ако пореде оштећења на возилу која настају ударом при одређеној брзини са оштећењима која настају при слободном паду возила, долази до закључка да су силе које тада делују на возило у следећим пропорцијама:

- при 50 km/h, одговара слободном паду са висине од 10 m;
- при 75 km/h, одговара слободном паду са висине од 22 m;
- при 100 km/h, одговара слободном паду са висине од 40 m.

Када је делимично утврђен разлог настанка оштећења приликом саобраћајних незгода, а то су силе које делују на возило приликом удара, поставља се питање заједничких елемената у саобраћајним незгодама. Чињеница је да настанак оштећења на одређени начин проузрокује сличности приликом деформација материјала, те се већ наслућује да постоји одређена зависност између начина настанка оштећења и деформација.

Ради анализе оштећења насталих на исти начин, у тексту ће бити описане само најчешће деформације које на тај начин настају.

Да би се могао утврдити одређени образац који би спасиоцима могао да помогне приликом интервенција, пре свега се морам подсетити на поделу која се односи на начин на који настају оштећења на возилима при саобраћајним незгодама, односно врсте судара, и то су:

- фронтални (предњи и задњи)
- бочни
- са превртањем
- са подлетањем
- комбиновани

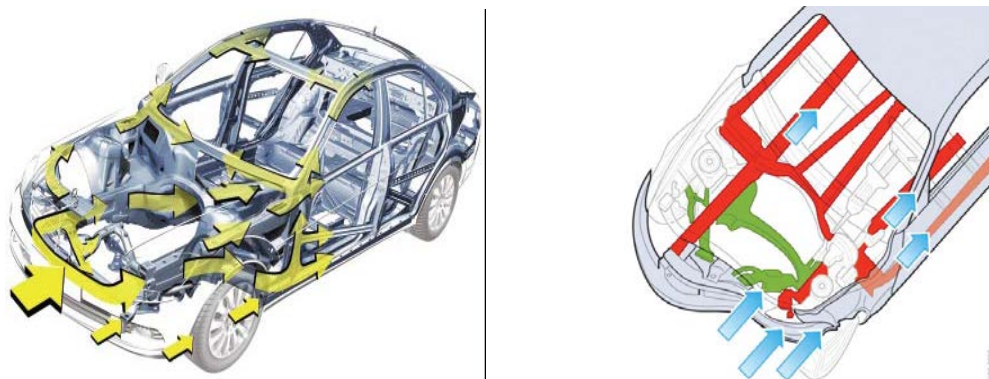
## 2. ВРСТЕ СУДАРА И – ОШТЕЋЕЊА ВОЗИЛА И ПУТНИКА

### 2.1. Фронтални судар

Оштећења која настају у фронталном судару зависе од брзине кретања возила и конструкцијских решења, сигурносних зона и свих ојачања на возилу. Код блажих удара деформација се креће до предњег стакла које у већини случајева остаје и неоштећено, или је оштећено услед удара главе путника због некоришћења сигурносних појасева. У великом

броју случајев врата се могу отворити и прилаз повређеним лицима је могућ без употребе хидрауличних алата или уз коришћење мање полуге за отварање. Ваздушни јастуци се, у већини случајева, активирају. У унутрашњости возила волан је често искривљен и предње седиште је благо закривљено, али нема већих оштећења унутар аута.

Тежи фронтални удари настају при већим брзинама и енергија удара прелази сигурносну зону, преноси се преко крова врата и патоса до задњег дела аутомобила (слика 1). Стуб „А“ се савија према кабини, кров се ломи или је издигнут. Предња врата су деформисана и померена су уназад. Стуб „Б“ се помера уназад, као и задња врата, а сва стакла су у већини случајева разбијена до задњих врата. Унутар кабине, командна табла и волан су савијени ка предњим седиштима. Дешава се да се точак и носећи делови точка нађу испод предњих седишта (када је место удара возила више према ивицама возила).



Слика 1 – Правац ширења сила при директном судару

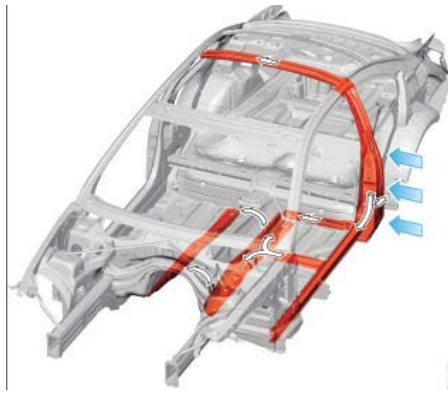
Фронтални судар – задњи при већим брзинама:

Код возила која су претрпела јаче ударце отпозади долази до савијања задњег дела ка напред. Цела каросерија до моторног дела ће претрпiti деформације. Сва врата су избочена и пренапрегнута. Возило добија елипсаст облик, кров је згужван у зони ударца, док је на средини испупчен. У кабини, задње седиште је раскачено или пресавијено, а предња седишта су, услед силине ударца и притиска задњег седишта или путника отпозади, благо савијена напред.

Код оваквих судара путници се се у почетку крећу ка месту удара да би се по заустављању возила кретали од места удара ка предњем делу.

## 2.2. Бочни судари

Под бочним сударима сматрају се сви бочни ударци по страни. Најтежи ударци су у пределу врата који се најчешће завршавају и трагично по путнике јер је простор између врата и путника веома мали и улубљење бочног дела спрам врата од 150mm проузрокује настанак озбиљних повреда. Оштећења возила су: деформација предњих и задњих врата (цео ауто добија облик кифле), „Б“ стуб увучен је у кабину, а део крова је код јачих удараца савијен према унутрашњости кабине, док је код слабијих удараца кров благо издигнут. Унутар кабине предња седишта су скоро спојена (слика 2). Патос аутомобила је такође претрпео оштећења (гужвање). Отварање поклопца мотора је онемогућено у већини случајева. У кабини се налази доста делова тапацирунга, а најчешће задња седишта искоче из лежишта.



Слика 2 – Правац ширења сила при бочном судару

### 2.3. Судар са превртањем

Код оваквих незгода већи део возила претрпи велика оштећења. Ниједна од врата се не могу отворити, кров је деформисан и савијен према унутрашњости кабине. У кабини се налази доста делова тапацирунга, разна опрема и ствари, предња седишта су померена, а задња у већини случајева, ако нико није седео на њима, су излетела из својих лежишта. Положаји возила после несреће су различити – ауто је на крову, боку или точковима. Спасиоци су суочени са комплексним захватом који захтева комбиновање различитих техника спасавања. Позиције и начин спасавања одређује положај аута, оштећења и положај повређеног/настрадалог лица. Комбинована оштећења каросерије су проузроковала оштећења типа увијања, пренапрегнутости и савијања. Ове врсте оштећења су у много већем броју него код осталих типова несрећа. Зависно од положаја возила мора се извршити добра стабилизација возила

Врсте повреда су комплексне и неће се погрешити ако би се навеле све повреде које су могуће приликом несрећа.

### 2.4. Судар са подлетањем

Ова врста судара се дешава између путничког и теретног возила. Подлетања могу бити делимична и потпуна.

Делимичним подлетањем називамо судар приликом којег је путничко возило само предњим делом ушло под теретно возило или под метални браник на аутопуту (слика3).

Тада предњи део возила или моторни део и поклопац мотора до крова је под возилом под које је извршено подлетање. Енергија ударца се преноси на цео ауто у којем сви делови крећу ка месту удара. Кров се у предњем делу савија и заузима коси положај, командна табла се савија ка предњим седиштима и буквално нестаје простор између табле и предњег седишта. У појединим случајевима долази и до ломљења патоса, што узрокује подизање задњег дела возила.

Потпуним подлетањем сматрамо када путничко возило целом својом дужином подлети под бочни део камиона или приколице (слика 4).

Тада путничко возило подлети целом својом дужином под теретно возило и под њим се заустави, а оштећења су највећа на крову који се савија ка кабини. Предњи део је такође



претрпео оштећења, али не као код директног подлетања. У већем броју код оваквих несрећа имамо погинула лица.

Потпуно подлетање спада у ред тежих техничких интервенција у саобраћају. Овакве интервенције временски најдуже трају, а простор за рад је ограничен и веома тешко га је направити. Приликом оваквих интервенција хидраулични клипови долазе до пуног изражаја.

Напред наведеним је делимично обрађено више врста настанка незгода на исти начин, при чему се уочавају сличности приликом деформације појединих делова и може се рећи:

**Не постоје иста оштећења возила, али постоје сличности у начину настанка оштећења.**



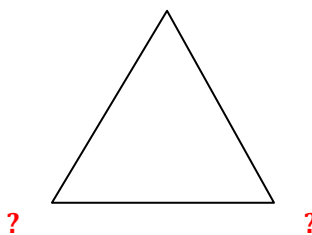
Слика 3 – Делмично подлетање



Слика 4 – Потпуно подлетање

Овим је утврђено на који начин настају оштећења на возилима, те се сада поставља питање која је последица истих и да ли се може тврдити да постоји каузалитет између деформација које настају као последица одређеног типа оштећења возила и повреда лица која се у њима налазе (слика 5).

### Настанак оштећења



Слика 5 – Питање које су последице услед оштећења

Основна питања су: Како оштећења делују на путнике и које врсте повреда настају? Шта се дешава са возилом и путницима при судару возила? Шта се дешава путницима приликом удара?

Приликом судара постоји серија различитих удара на возило и путнике. У судару два возила долази до трансформације енергије возила које се креће.

Прво апсорбовање енергије удара врши спољашност возила, а затим и сви остали делови возила, крећући се од места удара ка најудаљенијој тачки. Ова појава изазива деформације већине компоненти аута, што ће проузроковати онемогућавање изласка путника из возила и њихово прикљештење.

Пре самог судара путници се крећу истом брзином као возило до момента судара и заустављања возила, али путници настављају и даље своје кретање чиме долази до другог судара путника и делова возила. Путници који нису имали појас крећу се према извору удара, док путници који имају сигурносни појас ударају у свој систем сигурносних појасева. Међутим, пренос енергије још није завршен – у унутрашњости тела долази до трећег судара, унутрашњих органа при чему долази и до озбиљних оштећења.

Наведени образац разлога настанка повреда у случају саобраћајне незгоде је заснован на једном удару возила, односно сударима који нису комплексни са техничке стране, а тешко је и замислити шта се све дешава са путницима и возилом приликом судара и превртања (комбиновани судари).

## **2.5. Повреде лица у возилу**

Узимајући у обзир све наведено до сада, јасно је да баш свака саобраћајна незгода захтева озбиљан приступ повређеном лицу и возилу.

Анализом настанка оштећења и деформација унутар возила која су у више случајева иста или слична, као и том приликом насталих повреда добијени су следећи резултати који се продударају:

### **Фронтални судари**

При оваквим сударима настају повреде у следећим пределима тела:

- глава
- врат (повреде вратног цервикалног дела кичмене мождине)
- кичма
- грудни кош и унутрашњост грудног коша
- респираторни органи
- трбух
- карлица и бутна кост
- лице
- чашице колена
- доњи делови ногу

При фронталним сударима одпозади настају повреде у следећим пределима тела:

- глава
- врат
- кичма
- груди
- трбух
- горњи екстремитети

### **Бочни судари**

При оваквим сударима настају повреде у следећим пределима тела:

- глава
- врат (повреде вратног цервикалног дела кичмене мождине)
- ребра
- грудни кош и унутрашњост грудног коша
- респираторни органи

- унутрашња крварења
- карлица и бутна кост
- кључна кост
- прелом руке до места удара

### **Превртање**

Повреде зависе од начина превртања, односно да ли је превртање по уздужној оси или бочно.

При оваквим сударима настају повреде у следећим пределима тела:

- глава
- врат
- кичма
- груди
- трбух
- екстремитета

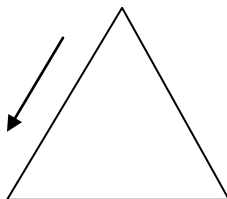
### **Подлетање:**

Будући да су интервенције у случају судара са потпуним подлетањем најкомпликованије, овде ће се акценат ставити на повреде које том приликом настају, а то су:

- глава
- врат (повреде вратног цервикалног дела кичмене мождине)
- кичма
- грудни кош и унутрашњост грудног коша
- респираторни органи
- трбух
- карлица и бутна кост
- лице
- чашице колена
- доњи делови ногу

На основу искустава, утврђено је да дефинитивно тип повреда лица у возилима зависи од врсте судара и јачине силе која делујући доводи до оштећења на возилу, а која затим проузрокују деформације унутар истих, што је приказано графички троуглом испод (слика 6).

### **Настанак оштећења**



### **Врсте повреда ?**

Слика 6 – веза између оштећења и врсте повреде

Будући да је познато како долази до оштећења и у којој су вези са врстама повреда, а да је хитним службама које интервернишу основни задатак да спасу животе повређеним лицима, важно је утврдити да ли се спасиоци на основу насталих оштећења на возилу и претпостављених повреда могу адекватно тактички припремити за реаговање по стицању на лице места.

Став аутора, који је поткрепљен вишедеценијским искуством стеченим како учешћем у техничким интервенцијама у саобраћају, тако и анализом и проучавањем истих, је да је могуће претпоставити најадекватнију тактику за реаговање на основу напред наведених информација.

### **3. ТАКТИКА**

Све активности око возила приликом техничких интервенција у саобраћају захтевају извођење одређених радњи на појединим деловима возила, као што су отклањање втара, крова и слично. Свака од ових радњи назива се **техником**, а свака од ових радњи (техника) може се извести са више **поступака** чији је циљ исти, а разлика је само у начину њеног извођења.

**Тактика** подразумева прилазак месту саобраћајне незгоде и одлучивање о техници и поступку за њено спровођење.

#### **Фронтални судари**

У овим случајевима спасиоци су суочени са озбиљним проблемом одстрањивања врата јер бочна ојачања врата продиру кроз део задњих врата, а предње шарке се налазе у маси метала који је померен ка кабини. Оваква интервенција захтева дужи рад, ангажовање различитих алата и стварање простора на начине који ће се касније обрадити.

Најчешће технике са различитим поступцима које се том приликом користе су:

- Одстаањивање врата (различите варијанте)
- Унутрашња техника праљења простора (ручном техником или алатом)
- Варијанте са кровом

Саобраћајне незгоде са ударцима са задње стране, односно фронталне сударе одпозади, можемо поделити на лакше и теже.

Подразумева се да је код тежих судара дошло до веома озбиљних оштећења која захтевају употребу хидрауличних развалних алата и најчешће се изводе следеће технике са различитим поступцима:

- Техника врата са различитим поступцима
- Техника крова са различитим поступцима
- Унутрашње технике
- Техника прављења простора клипом

#### **Бочни судари**

Спасиоци би приликом оваквих судара требало да врше спасавање са неоштећене стране возила кад год је то могуће, јер на тај начин имају веће могућности за извлачење повређених.

Уколико возилу није могуће прићи са неоштећене стране, од специфичности повреда које је лоице задобило ће зависити која техника ће бити коришћена.

Одличне резултате даје и спасавање са задње стране возила.

На мање оштећеној страни све шупљине између врата или између стуба и врата су раширене што омогућава лакши приступ разупирача. Треба водити рачуна да су сви делови на мање оштећеној страни напрегнути и да је врло могуће да дође до излетања појединих делова приликом сечења или заробљавања алата.

У случајевима када је дошло до заробљавања тела између шасије и седишта, потребно је спровести такозвано повлачење стуба и враћање у делимично првобитни положај са поступком „грета“ или „појас“ са разупирачем.

Најчешће технике са различитим поступцима које се у тим случајевима користе су:

- Врата
- Комбинација унутрашњих техника
- Техника повлачења стуба „Б“

### Превртање

У опису настанка оштећења је већ наглашено да се ради о комбиновању различитих оштећења што захтева и комбинацију различитих техника.

Најчешће се користе следеће технике са различитим поступцима:

- Техника клип
- Ручне технике

Ипак, приликом судара са превртањем повређено лице је потребно што мање померати будући да ће се оно готово сигурно затећи у неком неприродном положају са повредама.

### Подлетање возила под возило

Ово су веома захтевне интервенције. Различит приступ и само извођење технике зависи од тога да ли је подлетање делимично или потпуно.

Најчешће се користе следеће технике са различитим варијантама:

- Техника врата
- Техника са клипом
- Технике унутрашњег прављењ простора

Приликом интервенисања у случају потпуног подлетања најчешће коришћене технике су:

- Техника крова
- Техника врата
- Технике одстрањивања седишта
- Унутрасња техника
- Техника са клипом

На овај начин се види да се на основу информације о врсти судара могу претпоставити оштећења на возилу и деформације унутар истог и тако настале повреде, на основу чега је могуће изабрати тактику, технику и поступак са којим ће се приступити спасавању лица. Наведена зависност је графички приказана троуглом на слици 7.

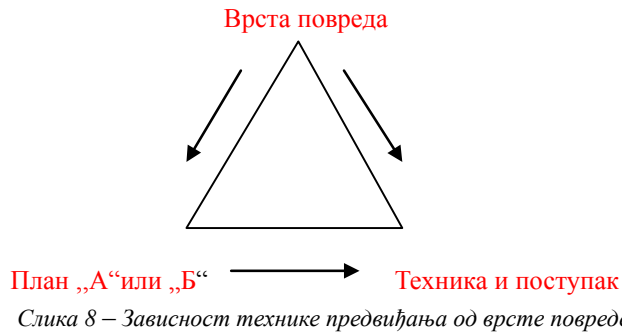


Слика 7 – Зависност између оштећења на возилу, настале повреде и технике деловања

Напослетку, иако на основу свега наведеног спасиоци могу предвидети тактику и технику коју ће користити по стицању на лице места, тек од специфичности и тежине повреда лица ће зависити одређивање приоритета и поступак извођења конкретне технике. Тиме је показан

утицај ургентности повреде на одређивање спровођења плана („А“ или „Б“) и извођење технике и различитих поступака.

Сва лица која су доживела незгоду су у различитим стањима и мора се одредити приоритет спасавања. Техника предвиђа да постоји план „А“ и план „Б“ (слика 8). План „А“ је процедурални план где се спроводе све процедуралне активности. Тада је битно да се повређеном не погорша здравствено стање и да се не нанесу додатне повреде. План „Б“ је ургентни план са спровођењем безбедносних мера по спасиоце и делимично спровођење процедуре, а са акцентом да се приоритетно и ургентно спасе живот повређеном лицу.



#### 4. ЗАКЉУЧАК

Евидентно је да постоји тесна вета између настанка оштећења, настанка повреда и извођења техника, што је од великог значаја за увежбавање техника и поступака које ће се користити приликом техничких интервенција у саобраћају, односно приликом увежбавања и тренажног процеса са симулацијама различитих настанака оштећења.

Са психолошког становишта, сваки припадник ватрогасно-спасилачке јединице ће моћи да се донекле припреми за евентуалну интервенцију. Сигурно је да нема исте интервенције, али будући да су по типу настанка оштећења на возилу задобијене повреде сличне, може се донекле планирати техника која ће се користити приликом реаговања.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Племић В., Николић Г., *Техничке интервенције у саобраћају*, Самостално издање аутора, 2013.
- [2] HM Fire Service Inspectorate, *Fire and Rescue Service Manual - Volume 2, "Fire Service Operations - Incidents involving Rescue From Road Vehicles"*, TSO (The Stationary Office) London 2007
- [3] South Wales Fire and Rescue Service, *Firefighter Development Programme - Trainer Notes "Transport System"*, 2006
- [4] Emergency Technologies, *"Vehicle Extraction Techniques"*, Victoria (Australia) 2004
- [5] Ian Dunbar - *"Vehicle extrication techniques"*

Гордана БРОЋЕТА<sup>1</sup>

Властимир РАДОЊАНИН<sup>2</sup>

Мирјана МАЛЕШЕВ<sup>3</sup>

Жарко ЛАЗИЋ<sup>4</sup>

Марина ЛАТИНОВИЋ<sup>5</sup>

## РЕЦИКЛИРАЊЕ ОТПАДНОГ БЕТОНА У МОБИЛНИМ И СТАЦИОНАРНИМ ПОСТРОЈЕЊИМА

**Резиме:** Примјеном отпадног бетона за производњу рециклираног агрегата рјешава се проблем депоновања значајне количине свакодневно произведеног грађевинског и демолираног отпада и испљивања налазишта природних агрегата. У предметном раду описани су поступци рециклирања агрегата у мобилним и стационарним постројењима, те указано на предности и недостатке могућих примјењених поступака и опреме. Мобилна постројења за рециклажу уобичајено имају нижи ниво обраде отпадног материјала, у односу на стационарна постројења, јер не омогућавају додатну обраду, али су практичнија у случајевима рушења и поновне изградње објеката на истом мјесту.

**Кључне речи:** отпадни бетон, рециклирани агрегат, постројења за рециклажу

## RECYCLING OF WASTE CONCRETE BY MOBILE AND STATIONARY PLANTS

**Abstract:** The use of waste concrete for the production of a recycled aggregate solves the problem of depositing a significant amount of everyday produced construction and demolition waste and the exhaustion of the natural aggregate sites. The present paper describes the methods of recycling aggregates in mobile and stationary plants, and the advantages and disadvantages of possible procedures and applied equipment are pointed out. Mobile recycling plants usually have a lower level of waste treatment compared to stationary plants, as they do not allow for additional processing, but are more convenient in cases of demolition and rebuilding of objects in the same place.

**Key words:** waste concrete, recycled aggregate, recycling plant

<sup>1</sup> доц. др, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Булевар војводе Степе Степановића 77/3, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: gordana.broceta@aggf.unibl.org

<sup>2</sup> проф. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, РС, e-mail: radonv@uns.ac.rs

<sup>3</sup> Проф. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, РС, e-mail: miram@uns.ac.rs

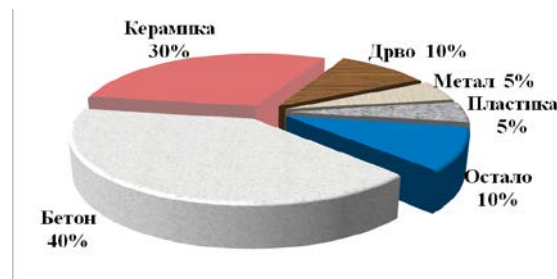
<sup>4</sup> ма. инж. грађ., Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Булевар војводе Степе Степановића 77/3, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: zarko.lazic@aggf.unibl.org

<sup>5</sup> ма. инж. грађ., Институт за урбанизам, грађевинарство и екологију Републике Српске, Саве Мркаља 16, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: marina.latinovic@imkrs.com

## 1. УВОД

Значајан удио укупне количине отпадног материјала, који се произведе људским активностима, представља грађевински отпад. Овај отпад настаје као пратећи продукт градње нових објеката или услјед планског рушења постојећих објеката или рушења као посљедица природних катастрофа. При томе се показало да је количина свакодневно произведеног грађевинског и демолираног отпада значајно већа од количине свакодневно произведеног комуналног отпада, а да у земљама са израженом стопом градње нових објеката наведени однос износи и до четири пута. Стога се као одрживо рјешење, везано за проблем евидентно велике количине грађевинског отпада и исцрпљивања налазишта природних агрегата, показао ефикасним поступак рециклирања депонованих грађевинских материјала и то првенствено бетона.

Статистички приказ структуре отпада, који настаје након рушења објекта, приказан је на слици 1, гдје се уочава да највећи дио грађевинског отпада чини управо отпадни бетон [1,2,3].



Слика 1 – Статистички приказ структуре грађевинског отпада [4]

Статистичке анализе о искориштености грађевинског отпада показују да су се као најпродуктивније показале земље које генерално имају проблем са налазиштима квалитетног природног агрегата или проблем мањка расположивог простора за депоније. У прилог наведеном, говори и чињеница да се посљедњих неколико година, у Јапану, рециклира око 95% отпадног бетона, при чему је широм земље формирано преко 1200 рециклажних центара [1]. Исто тако, висок је проценат рециклирања и у неким високо развијеним европским земљама, као нпр. у Данској у износу око 80-85%, Холандији у износу око 75-85%, Белгији и Њемачкој у износу око 75% [5,6,7]. У наведеним земљама је, помоћу различитих мјера државне политике (покретање државних пројеката и истраживања о могућностима искориштења отпада, повећање цијена депоновања, давање повољнијих услова на тендерима понуђачима који рециклирају отпад и сл), друштво подстакнуто на рециклирање и развој свијести о очувању природних ресурса. Конкретан примјер наведене државне политике у Данској, гдје је рециклирање грађевинског отпада јефтиније од његовог одлагања на депоније, тако да цијена депоновања једне тоне корисног грађевинског материјала износи око 50 евра.

Прва масовнија примјена рециклираног грађевинског отпадног материјала десила се у Њемачкој и Русији, након Другог свјетског рата [8,9,10]. Обзиром да је требало уклонити ратом порушене и изградити нове грађевине, грађевински отпад је искориштен као значајан ресурс. Од тада, а нарочито након одржавања свјетског самита у Рио де Жанеиру, 1992. године и промовисања Агенде 21, са тенденцијом уважавања принципа одрживог развоја, очувања животне средине и третирања отпада, као једног од најзначајнијих еколошких проблема, у свијету су спроведена многобројна истраживања, којима се показало да рециклирани грађевински отпад, првенствено од бетона, асфалт бетона и опеке, може имати широку примјену у грађевинарству. Рециклирањем отпадног бетона добија се рециклирани агрегат



који, још увијек, има највећу примјену за израду подлога за путеве, паркинг површине, у нешто мањој мјери за израду насипа и разних врста испуна [11,12], док се, у још увијек значајно мањој мјери, користи и као агрегат за справљање нових бетонских композита [4,13,14,15].

## 2. ПОСТУПЦИ РЕЦИКЛИРАЊА ОТПАДНОГ БЕТОНА

Прва фаза рециклирања грађевинског отпада односи се на рушење постојећих објеката, којем се приступа плански и селективно, са пажњом да се у што већој мјери смањи мијешање различитих врста отпадног материјала – бетона, челика, опеке, дрвета, стакла и др. Детаљнија селекција, нарочито ако се о томе није довољно водило рачуна током рушења, неопходно је да се изврши и у постројењу за рециклажу, при чему се одвојено складиште различити материјали. При томе је потребно да се приликом рушења експлоатисани материјал сведе на димензије од 0,4 m до 0,8 m, што се уобичајено ради пулвајзерима и хидрауличким чекићима (слика 2).

Гарнитура наставака грађевинске механизације за рушење, дробљење и уситњавање бетона, вађење и сјечење арматуре и друге секундарне послове, приказана је на слици 3.



Слика 2 – Рушење зграде



а) хидраулички чекић



б) пулвајзер - маказе



в) мултипроцесор

Слика 3 – Гарнитура наставака грађевинске механизације за рушење и ситњење [16,17]

Постројења за рециклажу агрегата могу бити стационарна и мобилна, при чему се значајно не разликују од дробилишних постројења за производњу агрегата из природних налазишта (дробљеног или предробљеног агрегата). Постоје примјери из праксе гдје се рециклажа пажљиво селектованог отпадног бетона врши у дробилицама за природни агрегат – што је конкретно примјер у Републици Српској гдје се рециклира отпадни бетон из фабрике за префабрикацију и лабораторије за испитивање материјала, а који се још увијек, у конкретним примјерима, експлоатише једино за израду подлога за путеве.

Процес производње рециклираног агрегата од отпадног бетона подразумева дробљење комада отпадног бетона на зрна одговарајућих гранулација, при чему се реализују двије основне операције дробљење и просијавање. Зависно од контаминираниости отпадног материјала и намјене агрегата који се производи, производни процес се још састоји од одвајања металног материјала магнетним сепаратором, ручног или механичког уклањања страних материја и прања или ваздушног продувавања добијеног производа.

## 2.1. Производња рециклираног агрегата у мобилним постројењима

Мобилна постројења за рециклажу уобичајено имају нижи ниво обраде отпадног материјала у односу на стационарна постројења за рециклажу, јер не омогућавају додатну обраду у смислу прања или ваздушног продувавања. Стога, квалитет агрегата, произведен у постројењима овог типа, искључиво зависи од хомогености отпадног материјала. Због наведене лимитираности углавном се користе у случају рушења и поновне изградње на истом мјесту, када се очекује велика количина отпада, као нпр. приликом рушења и поновне изградње великих индустријских објеката, саобраћајница и сл.

Капацитет ових постројења може бити значајно различит и то од 200 t/h (слика 4) до 1500 t/h (слика 5) рециклираног материјала. Њихово кретање је уобичајено обезбијеђено гусјеничним кретним уређајем, мада постоје и модели снабђевени пнеуматичним уређајем за кретање. Постројења са гусјеничним уређајем за кретање имају робуснију структуру и углавном су опремљена тежим машинама и уређајима, док постројења са пнеуматичним уређајем за кретање морају бити опремљена лакшим машинама и уређајима, па су стога обично и мањих капацитета.



Слика 4 – Мобилно постројење фирме "Kleemann" капацитета 200t/h [17]



Слика 5 – Мобилно постројење фирме "Kleemann" капацитета 1500t/h [17]

Структура типичног мобилног постројења састоји се од: коша за прихватање отпадног материјала тј. утоварног силоса, сита за примарно просијавање ситног материјала, уређаја за дробљење, вибрационог уређаја за пражњење, шасије са уређајем за кретање, напојне јединице – агрегата, електро контролора, магнетног сепаратора израђеног од снажних природних или електро магнета, којим се из издробљеног материјала уклањају сви метални дијелови и сита за финално просијавање одвајање на различите фракције.

Најважнији дио сваког постројења представљају дробилице, па су због тога карактеристике свих пратећих уређаја усаглашене са њиховим карактеристикама. Највећу примјену имају: ротационо-ударне дробилице, чељусне дробилице са ексцентром, конусне дробилице, а последњих година све више се на тржишту налазе и центрифугалне ударне дробилице.

Ротационе ударне дробилице су једноставне конструкције, састављене од: цилиндричне коморе са улазним отвором на врху и челичним решетком на дну, ротора са хидраулички регулисаним гредама или зглобно везаним чекићима, погонског, трансмисионог и управљачког уређаја и магнетног заштитног уређаја. Карактеришу се високим квалитетом дробљења, нарочито у погледу облика зрна финалног производа, могућношћу комбиновања код вишефазног дробљења, прецизношћу и економичношћу у раду, те ниским трошковима одржавања.

Чељусне дробилице имају највећу примјену код мобилних постројења гусјеничара, за дробљење и просијавање каменог и рециклажног грађевинског отпадног материјала чврстоћа до 300 МПа. Њихова конструкција се састоји од: пирамидалне радне коморе, покретне чељусту, ексцентричног уређаја за ношење и покретање, покретне чељусту, погонског, магнетног, заштитног и аутоматског управљачког уређаја. Карактеришу се високим степеном квалитета

дробљења, кратким оперативним временом готовости, малим трошковима рада и одржавања, великом радном спремношћу у свим климатским и осталим градилишним условима, високим степеном поузданости и сигурности рада, захваљујући аутоматским системима подешавања, управљања и контроле рада.

Конусне дробилице се, такође, успјешно користе за дробљење и просијавање грађевинског и демолираног отпада, чије су чврстоће до 300 МПа. Попут ротационих ударних дробилица, једноставне су конструкције, састављене од: конусне коморе за дробљење, вертикалног вратила са радним конусом, погонског, хидромоторног, трансмисионог, магнетно-заштитног, управљачког и регулационог аутоматског уређаја. Карактерише их висока ефикасност и капацитет дробљења, велика оперативна спремност за рад, велика способност уклапања у различите комбинације и циклусе дробљења, мали трошкови рада и одржавања и јако велики квалитет дробљења, захваљујући аутоматском систему управљања и регулисања процеса дробљења [12].

Истраживања спроведена у Холандији, гдје је извршено поређење зрна рециклираног агрегата, произведеног примјенама ротационо-ударних, чељусних и конусних дробилица, показала су да се чељусним дробилицама постиже најбољи гранулометријски састав рециклираног агрегата - у смислу погодности за поновну употребу у бетонима, да су конусне дробилице погодне за секундарно дробљење, док су ротационо-ударне препоручљиве за производњу рециклираног агрегата који ће се користити као подлога за путеве [18,19].

Центрифугалне вертикалне дробилице се посљедњих година све више примјењују, обзиром да су једно од најбољих рјешења дробилица за примарно, секундарно и терцијално отворено или затворено дробљење отпадног материјала, чврстоћа до 300 МПа. Дробљење овим дробилицама реализује се по принципу удара и то "зрно на зрно" или "зрно на облогу коморе". Специфичност дробљења "зрно на зрно" огледа се у индиректном и интерактивном дјеловању отпадног бетона у току цјелокупног процеса дробљења. Избачена под дејством центрифугалне силе, зрна материјала из посебне коморе на врху ротора, ударају у зидове коморе за дробљење, а затим у претходно разбијена зрна, која су у лету или слободном паду. Овај тип дробилица је релативно једноставне конструкције и углавном су састављене од: храниоца роторне коморе, специјално обликоване коморе за дробљење, вертикалног ротора са пријемном комором на врху, електромоторног погонског уређаја и аутоматског система управљања и контроле рада дробилице. Практична искуства указују да су дробилице овог типа несумњиво најсавременије, најекономичније и најперспективније дробилице за мобилна постројења и то због: велике ефикасности, изузетно великог квалитета и учинка дробљења, у односу на све претходно наведене дробилице, најмањих трошкова дробљења, одржавања, ремонтовања и замјене исхабаних дијелова, најбољег начина комбиновања код вишефазног дробљења и сијања, те најмање емисије штетних елемената опасних по околину и радну средину [12,20].

## 2.2. Производња рециклираног агрегата у стационарним постројењима

Стационарна постројења, која служе за рециклирање отпадног бетона, су комплексне механизоване структуре у којима је омогућено остваривање контролисаног нивоа квалитета финалног производа, тако да исти искључиво не зависи од хомогености експлоатисаног материјала, обзиром да се располаже простором за претходно сортирање и привремено складиштење. Овим се утиче на смањење трошкова обраде, обзиром да трошкови рециклаже знатно расту са хетерогеношћу, односно присутношћу штетних материјала у агрегатима. Такође, сепарисање различитих типова отпада омогућује рециклирање не само типичних грађевинских материјала, као што су бетон и керамички материјали, него и метала, дрвета, стакла и пластике у њиховим секторима употребе. Стога се, за разлику од мобилних постројења, лоцирају у густо насељеним подручјима, али се мора обратити посебна пажња

избору локације, због неповољних пратећих фактора рада оваквих постојења као што је бука и прашина.

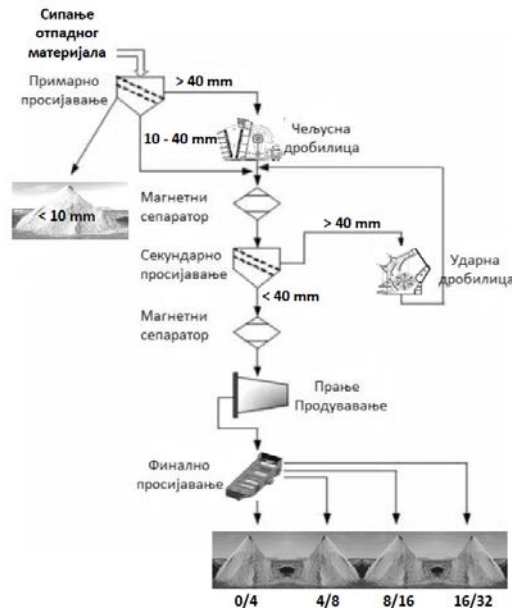
Нарочита предност стационарних постројења је то што могу радити са капацитетом производње и до 200 000 тона рециклираног агрегата на годишњем нивоу.

Највеће стационарно постројење за рециклажу отпадног бетона у Европи налази се у Амстердаму, у Холандији (слика 6) и ради са капацитетом производње око 700 t/h [1, 17].

Производни процес типичног стационарног постројења за рециклирање старог, отпадног бетона, шематски дат на слици 7, уобичајено има двије фазе дробљења.



Слика 6 – Дио стационарног постројења за рециклажу – фаза дробљења [17]



Слика 7 – Шема производног процеса типичног стационарног постројења за рециклирање

У првој, примарној фази просијавања, отпадни материјал се одваја преко ”грубог сита” (косе решетке), величине отвора 40 mm, на крупније комаде. Ти крупнији комади се даље одводе транспортним тракама до примарних, чељусних дробилица, док се материјал ситнији од 40 mm, након пролаза кроз косе решетке, даље раздваја, тако да се још у фази примарног просијавања уклањају фини материјали величине мање до 10 mm, као што је земља, гипс, малтер итд. При томе је од важности да је ”храњење” машина равномјерно, како не би долазило до њиховог преоптерећења на уштрб квалитета и хомогености. Такође, неопходно је да се обезбиједи регулатори, обзиром де се ради о повезивању великог броја машина. Преостали материјал се даље обрађује двоструким дробљењем (прво чељусним, а затим ударним или конусним дробилицама) и двоструком магнетном сепарацијом, којом се уклањају сви метални

материјали. Надаље, уклањају се преостале штетне материје (пластика, дрво, папир, стакло, гипс), прањем или ваздушним продувавањем, а рјеђе и термички (синтеровањем). Поступак суhog уклањања штетних материја ваздушним продувавањем се најчешће користи, али је и најмање ефикасан, јер велика количина прашине изискује посебне мјере заштите. При томе се може омогућити и ручно уклањање евентуално заосталих већих комада штетних материјала. Поред наведеног, штетне материје се могу уклањати и тзв. мокрим поступком (прањем), који је погодан за уклањање материја растворљивих у води. При томе је неопходно водити рачуна да се заостали гипс тешко може одстранити овим поступком, обзиром да има тенденцију експандирања у контакту са водом. Генерално, најбољи резултати уклањања непожељних примјеса се постижу комбинацијом суhog и мокрог поступка. Финални производ може бити и других гранулација, у односу на гранулације приказане на шеми производног процеса, на слици 7, што искључиво зависи од величина отвора сита.

### 3. ЗАКЉУЧАК

Рециклирање отпадног грађевинског материјала и то првенствено отпадног бетона, у сврху добијања рециклираног агрегата, представља ефикасно рјешење у духу одрживог развоја и очувања животне средине. Овим се рјешава или значајно умањује проблем депоновања грађевинског отпада, али и проблем исцрпљивања налазишта природних агрегата.

Истраживањем домаће и свјетске научне и стручне јавности, али и на основу опсежних сопствених експерименталних истраживања, показало се да се рециклирани агрегат, произведен од отпадног бетона, може успјешно примијенити за производњу нових бетона. Ипак, показало се да је у земљама Западног Балкана још увијек ниска стопа рециклаже грађевинског отпада, а да се и у случајевима производње рециклираног агрегата, исти, још увијек, чешће користи за израду насипа, разних врста испуна, подлога за путеве и паркинге, него за справљање бетонских композита. Разлози наведеном су: недостатак знања стручне јавности о тржишту секундарних материјала, недостатак знања о поступцима и могућностима рециклирања, недостатак обучених радника и опреме, законске регулативе у области заштите животне средине, државног подстицаја за рециклирање итд. Ово је и навело ауторе рада на приказ поступака рециклирања отпадног бетона, у сврху добијања рециклираног агрегата, као и на анализу предности и недостатака могућих примјењених поступака и опреме. У том смислу, показало се да је примјена мобилних постројења практична за рециклажу у случају рушења и поновне изградње на истом мјесту, али да се због немогућности додатне обраде – прања или ваздушног продувавања, њиховом примјеном обично добија рециклирани агрегат нижег квалитета, што првенствено зависи од хомогености отпадног материјала. Рециклирањем у стационарним постројењима, код којих се располаже простором за претходно сортирање, омогућено је остваривање контролисаног нивоа квалитета финалног производа, тако да исти не зависи искључиво од хомогености експлоатисаног материјала. Мањи су трошкови обраде, а могуће је и сепарисање не само типичних грађевинских материјала, као што су бетон и керамички материјали, него и метала, дрвета, стакла и пластике. Ипак, неповољни пратећи фактори рада оваквих постојења су бука и прашина, па се мора посветити посебна пажња приликом њиховог лоцирања.

Како дробилице представљају најважније дијелове сваког рециклажног постројења, јер се карактеристике свих пратећих уређаја усаглашавају са њиховим карактеристикама, важно је напоменути да се чељусним дробилицама постиже најбољи гранулометријски састав рециклираног агрегата, да су конусне дробилице погодне за секундарно дробљење, ротационо-ударне препоручљиве за производњу рециклираног агрегата, који ће се користити као подлога за путеве, а да су за мобилна постројења најподесније центрифугалне дробилице.

## Захвалност

У раду је приказан дио истраживања, реализован уз подршку Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, у оквиру пројекта TR36017 под називом "Истраживање могућности примене отпадних и рециклираних материјала у бетонским композитима, са оценом утицаја на животну средину, у циљу промоције одрживог грађевинарства у Србији".

## 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Маринковић, С.; Радоњанин, В.; Малешев, М.; Игњатовић, И. (2009): Рециклирани агрегат у конструкцијским бетонима - технологија, својства, примена, *Научно-стручни часопис за градитељство Републике српске "Савремено градитељство"*, бр. 02, стр. 58-72.
- [2] Marinković, S.; Radonjanin, V.; Malešev, M.; Ignjatović, I. (2010): Comparative environmental assessment of natural and Recycled Aggregate Concrete, *Journal "Waste Management"*, Vol. 30, Issue 11, pp. 2255-2264.
- [3] Malešev, M.; Radonjanin, V.; Ali Emhemed Saed, A. M.; Milovanović, V. (2011): Green concrete - new possibilities in modern construction, *Conference "Contemporary Civil Engineering Practice"*, Proceedings, Andreev, pp. 209-226.
- [4] Броћета, Г.; ментор - Малешев, М.; коментор - Радоњанин, В. (2016): *Докторска дисертација "Утицај врсте агрегата на трајност конструкција од самозбијајућег бетона"*, Бања Лука, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет у Бањој Луци.
- [5] Јевтић, Д.; Закић, Д.; Савић А. (2009): Специфичности технологије справљања бетона на бази рециклираног агрегата, *Материјали и конструкције*, вол. 52, бр. 1, стр. 52-62.
- [6] Игњатовић, И.; Савић, А.; Маринковић Сс (2010): Експериментално испитивање бетона од рециклираног агрегата, *Грађевински календар 2011*, Вол. 43, стр. 101-147.
- [7] Деспотовић, И.; Грдић Г. (2010): Својства и технологија самоуграђујућег бетона са посебним освртом на могућност употребе рециклираног агрегата за његово справљање, *Грађевински календар 2011*, Вол. 43, стр. 148-193.
- [8] Molina, W. M.; Alonso Guzman, E. M.; Chavez Garcia, H. L.; Lara Gomez, C.; Gonzalez Valdez, F. M. (2015): Recycled Concrete, a Solution for fine and Coarse Raw Material for New Concrete, *International Conference on Structural, Mechanical and Materials Engineering*, pp. 211-214.
- [9] Malešev, M.; Radonjanin, V.; Broćeta, G. (2014): Properties of recycled aggregate concrete, *Contemporary Materials*, V-2, pp. 240-249.
- [10] Ntaryamiraa, T.; Quansaha, A.; Zhanga, Y. (2017): Assessment of Recycled Concrete Aggregate Usage in Concrete, *International Journal of Engineering Research in Mechanical and Civil Engineering*, Vol. 6, Issue: 12, pp. 72-78.
- [11] Behring, Z. (2013): *Evaluating the use of recycled concrete aggregate in french drain applications*, Orlando, University of Central Florida.
- [12] Мирковић С. (2008): Савремена мобилна постројења за дробљење и просејавање каменог материјала, *Зборник радова Грађевинско-архитектонског факултета*, бр. 23, стр. 129-141.
- [13] Малешев, М.; Радоњанин В.; Броћета Г. (2014): Пројектовање бетона на бази рециклираног агрегата, *Савремена достигнућа у грађевинарству*, Зборник радова, стр. 517-522.
- [14] Броћета Г.; Малешев, М.; Радоњанин В. (2015): Еколошки, енергетски и економски

аспекти примјене рециклираног агрегата у бетону, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Зборник радова, стр. 517-522.

- [15] Lopez-Uceda, A.; Agrela, F.; Cabrera, M; Ayuso, J.; Martín López, M. (2016): Mechanical performance of roller compacted concrete with recycled concrete aggregates, *Road Materials and Pavement Design*, pp. 36-55.
- [16] <http://www.ironorebeneficiationequipment.com>
- [17] <http://www.kleemann.info/en/products/mobile-jaw-crushers/index.php>
- [18] Јанковић, К. (2004): Истраживање технолошких поступака за добијање рециклираног агрегата и његова примена, *Материјали и конструкције*, вол. 47, бр. 1-2, стр. 75-90.
- [19] Броћета Г.; Малешев, М.; Радоњанин В. (2013): Технологије производње агрегата рециклирањем бетона, *АГГ+*, *Часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области*, стр. 238-247.
- [20] Silva, R.V.; de Brito, J; Dhir, R.K. (2017), Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 143, pp. 598-614.

Гордана БРОЋЕТА <sup>1</sup>

Мирјана МАЛЕШЕВ <sup>2</sup>

Властимир РАДОЊАНИН <sup>3</sup>

Марина ЛАТИНОВИЋ <sup>4</sup>

Жарко ЛАЗИЋ <sup>5</sup>

## НАПРЕДНЕ МЕТОДЕ РЕЦИКЛИРАЊА ОТПАДНОГ БЕТОНА

**Резиме:** У циљу добијања рециклираног агрегата од отпадног бетона, који ће по свом квалитету бити еквивалентан агрегату из природних налазишта, развијено је неколико напредних метода рециклирања – метода загријавања и стругања, термички третман у ротационој пећи, метода ротора са ексцентричним вратилом, метода механичког брушења и разни хемијски третмани. Истраживањем се показало да се повећањем температуре загријавања код напредних термичких метода или примјеном киселина, добија виши ниво квалитета рециклираног агрегата, тако да је могуће свести количину старог цементног малтера до 2%. Ипак, ове методе за сада немају ширу примјену, због значајно скупљег технолошког процеса, али и чињенице да класично произведен рециклирани агрегат, адекватном примјеном, може имати високу функционалност.

**Кључне речи:** отпадни бетон, стари цементни малтер, напредне методе рециклирања

## ADVANCED WASTE CONCRETE RECYCLING METHODS

**Abstract:** In order to obtain recycled concrete aggregate, which will be of the same quality as the aggregate from natural resources, several advanced recycling methods are developed – heating and rubbing method, thermal treatment in a rotary kiln, eccentric-shaft rotor method, mechanical grinding method and various chemical treatments. Research has shown that by increasing heating temperature in the advanced thermal methods or by using acid, recycled aggregate of higher quality is gained, so it is possible to reduce the amount of old bonded mortar up to 2%. However, for the time being, these methods do not have a wide application, because of a significantly more expensive technological process, and also the fact that ordinarily produced recycled aggregate, by adequate application, can have high functionality.

**Key words:** waste concrete, old bonded mortar, advanced recycling methods

<sup>1</sup> доц. др, Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Булевар војводе Степе Степановића 77/3, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: gordana.broceta@aggf.unibl.org

<sup>2</sup> проф. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, РС, e-mail: miram@uns.ac.rs

<sup>3</sup> проф. др, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Департман за грађевинарство и геодезију, Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, РС, e-mail: radonv@uns.ac.rs

<sup>4</sup> ма. инж. грађ., Институт за урбанизам, грађевинарство и екологију Републике Српске, Саве Мркаља 16, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: marina.latinovic@imkrs.com

<sup>5</sup> ма. инж. грађ., Универзитет у Бањој Луци, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет, Булевар војводе Степе Степановића 77/3, 78000 Бања Лука, Република Српска, БиХ, e-mail: zarko.lazic@aggf.unibl.org



## 1. УВОД

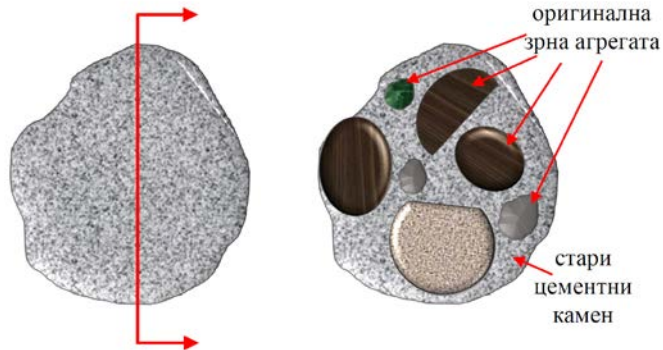
Низ директива, одлука и извјештаја Европске уније, из области одрживог развоја, које су донесене посљедњих година [1-4], систематично доприносе развоју свијести о заштити животне средине, кроз очување природних ресурса, поновним коришћењем, односно рециклажом отпадних материјала, у сврху њихове поновне примјене [5-9]. Како се значајан проценат укупнопроизведеног отпада усљед људских активности односи на грађевински и демолирани отпад и то првенствено на бетон [10-12] и како је при томе изузетно висока стопа експлоатације агрегата из природних налазишта (чему свједоче подаци истраживања [13,14], приказани у табели 1), те циља (предвиђеног Стратегијом управљања отпадом у Републици Српској [6]) да се 70% грађевинског отпада рециклира или припреми за рециклажу до 2026. године, од нарочите је важности развој могућих техника рециклаже отпадног бетона, у сврху добијања рециклираног агрегата.

Табела 1 – *Годишња потрошња природних ресурса на Земљи [13,14]*

Природни ресурси	Потрошња [милијарди тона]
Агрегат	20
Железна руда за производњу челика	1
Руда злата за екстракцију злата	0,7
Дрво	3
Друго	1,3
УКУПНО	26

Поред класичних технологија рециклирања отпадног бетона, у стационарним и мобилним постројењима, у свијету је развијено и неколико напредних технологија [13,15-18]. Разлог настанка ових технологија је са циљем одстрањивања старог цементног малтера, са оригиналног зрна агрегата, што се не може постићи примјеном неке од класичних метода рециклирања.

Како у свјетској, тако и домаћој научној јавности, али и низом сопствених експерименталних истраживања [10,12,19-22], показало се да се рециклирани агрегат, произведен од отпадног бетона, може у одговарајућем проценту користити за производњу чак и конструкцијских бетона (првенствено се мисли на примјену крупних фракција рециклираног агрегата). Ипак, напомиње се да његова примјена утиче на смањење многих физичко-механичких и трајносних карактеристика бетона. У том смислу, експерименталним истраживањем се показује да рециклирани агрегат, у односу на агрегат добијен из природних ресурса, има: мању запреминску масу, већа упијања воде, већи садржај органских и евентуално штетних примјеса, већу дробљивост, мању отпорност према хабању и мању отпорност према дејству мрза. Такође, уочено је да разлике између рециклираног и природног агрегата првенствено зависе од количине и квалитета старог цементног камена, који обавија зрна рециклираног агрегата (слика 1), односно од квалитета оригиналног бетона чијим рециклирањем је произведен агрегат, али и од начина рециклирања. Поред тога, у случајевима када рециклирани агрегат потиче из више различитих извора, неуједначеност квалитета, односно варијације у својствима рециклираног агрегата су знатно израженије него код природног агрегата. Због наведеног, постоји тежња да се произведе рециклирани агрегат од отпадног бетона, који ће по својим својствима бити еквивалентан агрегату из природних налазишта. Ово подразумијева производњу рециклираног агрегата без присуства старог цементног камена или свођење присуства старог цементног камена на најмању могућу мјеру – обзиром да, због веће порозности у односу на оригинални агрегат, представља мање квалитетан дио зрна класичног рециклираног агрегата.



Слика 1 – Изглед зрна рециклираног агрегата

У предметном раду је детаљније изложено и анализирано неколико напредних технологија рециклирања отпадног бетона, као што је “HRM”, термички третман у ротационој пећи, метода ротора са ексцентричним вратилом, метода механичког брушења и разни хемијски третмани.

## 2. НАПРЕДНИ ПОСТУПЦИ РЕЦИКЛИРАЊА ОТПАДНОГ БЕТОНА

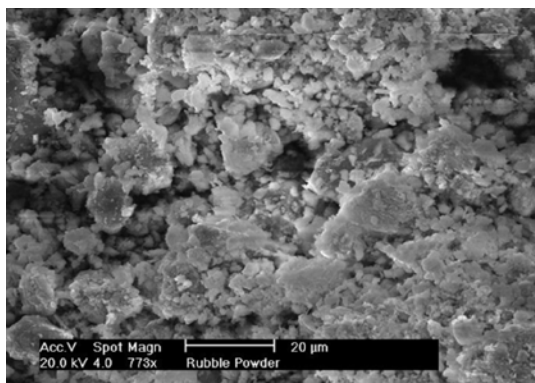
Метода загријавања и стругања (*Heating and Rubbing Method*, скраћено *HRM*) развијена је крајем прошлог вијека у Јапану (шематски приказ дат је на слици 2).



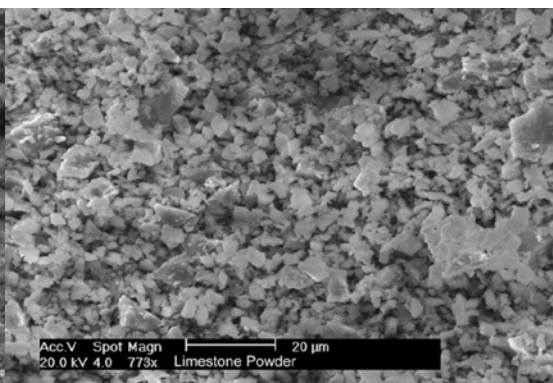
Слика 2 – Шема технолошког процеса методе загријавања и стругања [13]

Према овој методи, отпадни бетон се примјеном класичних поступака рециклирања своди на величину зрна до 50 mm, а затим загријава у пећима на температуру од 300°C, услјед чега стари цементни камен, који обавија оригинална зрна, због дехидратације (већ на температури око 100°C, губи се сва слободна капиларна вода, а на температури од 200°C се изгуби и сва физички везана вода), постаје изузетно крт. Тако загријан, транспортује се у цилиндрични млин (састављен од унутрашњег и спољашњег цилиндра и челичних кугли) на примарно стругање. Одвојени стари цементни малтер се даље пропушта кроз сита на унутрашњем цилиндру. Остатак на сити најкрупнијег отвора и добијени крупни агрегат се даље одводе транспортним

тракама на стругање у секундарни млин, гдје се очврсла паста са зрна ситног агрегата струже помоћу претходно одвојених зрна крупног агрегата. Даљим просијавањем добија се ситан и крупан агрегат, а продувавањем у секундарном млину добија се и значајна количина финог праха. Према истраживању *Hirokazu Shima* и сарадника [23], спроведеном у Јапану, у постојењу за напредно рециклирање капацитета 10t/h, примјеном описане технологије, просјечно се добија око 35% крупног рециклираног агрегата, око 30% ситног рециклираног агрегата и око 35% прашкастог материјала. Добијени прашкасти материјал се може користити као додаток бетону, за стабилизацију тла и у сличне сврхе. Наведено се потврђује и експерименталним истраживањима италијанских научника *V. Corinaldesi* и *G. Moriconi* [24,25], у којима се показала успјешна примјена финог рециклираног праха, добијеног термичким поступком (*SEM* снимак на слици 3), у комбинацији са кречњачким филером (*SEM* снимак на слици 4) или електрофилтерским пепелом, за израду самозбијајућих бетона на бази рециклираног агрегата.



Слика 3 – Рециклирани прах, ”SEM” [24,25]



Слика 4 – Кречњачки филер, ”SEM” [24,25]

У табели 2 су приказани хемијски састави, специфичне површине по *Blain*-у и релативне специфичне масе прашкастих компоненти, примјењених у наведеним истраживањима (цемента, електрофилтерског пепела, кречњачког филера и финог рециклираног праха), просијаних кроз сито 0,125 mm.

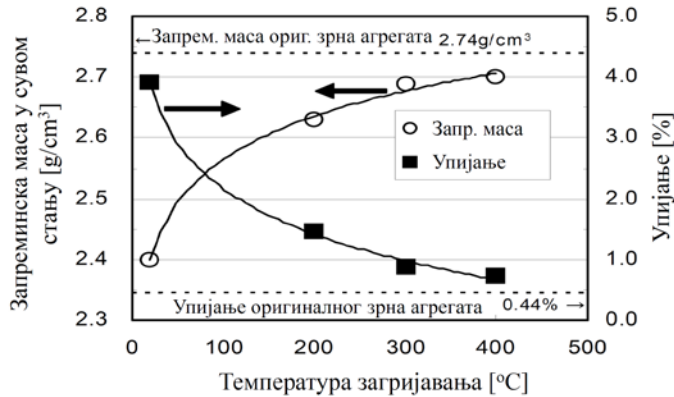
Табела 2 – Примјер карактеристика прашкастих компоненти у ”RASCC” [25]

Физичке и хемијске карактеристике		Цемент	Електрофилт. пепео	Кречњачки филер	Рециклирани прах
Оксиди [%]	SiO <sub>2</sub>	29,67	59,94	6,40	84,99
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,74	22,87	0,11	4,47
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,80	4,67	0,06	3,91
	TiO <sub>2</sub>	0,09	0,94	0,01	0,11
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	59,25	3,08	18,60	2,94
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,15	1,55	0,04	1,10
	TiO <sub>2</sub>	3,25	0,35	1,20	1,30
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,79	2,19	0,72	0,77
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	0,62	0,36	0,41
Спец. површина по <i>Blaine</i> -у [cm <sup>2</sup> /g]		4.100	5.200	5.900	9.900
Релативна специфична маса [kg/m <sup>3</sup> ]		3.050	2.250	2.650	2.150

Истраживањем *Koji Sakai*, са Универзитета *Kagawa* у Јапану, се показало да се повећање температуре загријавања агрегата *HRM* методом до 500°C, утиче на смањење процента заосталог старог цементног малтера на оригиналним зрнима агрегата (у односу на поступак

који се реализује на температури од 300 °C), а да при томе нема значајног пада квалитета готовог производа [23].

На слици 5 је приказан утицај загријавања температуре до 500 °C, примјеном *HRM* методе, на запреминску масу у сувом стању и способност упијања воде готовог производа.



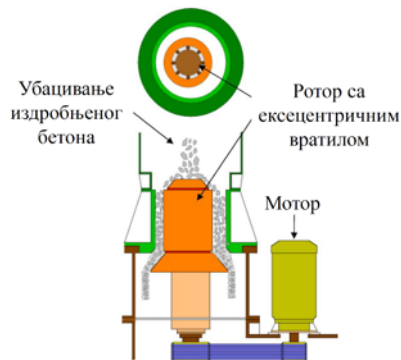
Слика 5 – Утицај температуре загријавања на квалитет крупног рециклираног агрегата [23]

Слично претходноописаној методи, развијена је и метода напредног рециклирања и у Европи, са разликом што се након дробљења и чишћења отпадног бетона неким од класичних поступака, исти накнадно загријава у ротационој пећи на температури од 700 °C. На овако високој температури долази до потпуне дехидратације и дезинтеграције старог цементног малтера, обзиром да се већ на температури око 400 °C губи и хемијски везана вода. Под дејством механичке енергије од ротације пећи, стари цементни малтер практично у потпуности отпада са зрна агрегата, тј. на оригиналним зрнима агрегата остаје свега до 2% старог цементног малтера. На описан начин се добија агрегат еквивалентан природном агрегату, а остатак дехидратисаног цементног малтера се може користити као замјена за дио клинкера у производњи новог цемента. Према овој методи, у односу на *HRM* методу, развијену у Јапану, показало се да је искориштеност зрна агрегата већа, односно да је количина секундарног продукта значајно мања. Количина финог праха од старог цементног малтера уобичајено износи око 13%. Ипак, важно је напоменути да ова метода није погодна у свим случајевима, као нпр. када су зрна оригиналног агрегата од кречњачка или доломита, а нарочито када су кварцна. Наиме, кварц, већ при температури од 50 °C, повећава своју запремину за 0,17%, док највећу експанзију има у области температуре од 573 °C, када полиморфним преображајем из тзв. нискотемпературног  $\alpha$  кварца постаје високотемпературни  $\beta$  кварц. Дакле, посљедица излагања овако високим температурама, по предметној методи, узроковала би деградацију оригиналних зрна од овог агрегата.

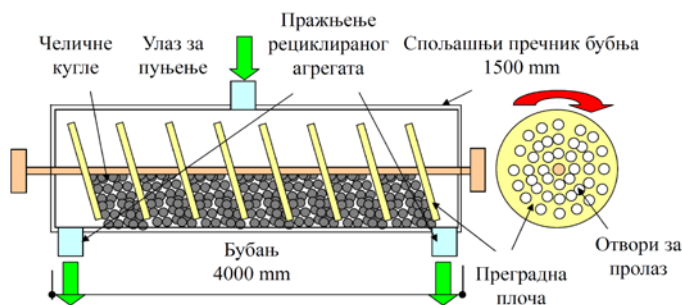
Нешто мање познате методе су метода ротора са ексцентричним вратилом (*Eccentric-Shaft Rotor Method*) и метода механичког брушења (*Mechanical Grinding Method*). Развијене су у Јапану, а шематски приказ принципа рециклаже овим методама дат је на сликама 6 и 7 [13,18].

Код методе ротора са ексцентричним вратилом, претходно издробљени бетон, неким од класичних поступака рециклирања, сипа се у простор млина између спољашњег и унутрашњег цилиндра. У унутрашњем цилиндру смјештен је ротор са кољенастим вратилом ексцентричног облика. Овим се омогућава да се унутрашњи цилиндар ротира великом брзином, те истовремено и орбитално креће око ексцентричног вратила, тако да свака страна унутрашњег цилиндра ротирајући прилази и удаљава се од зида спољашњег цилиндра. На овај начин се усугубљује агрегат сабија, што даље узрокује стругање старог цементног малтера са оригиналних зрна агрегата.

Код методе механичког брушења, отпадни бетон, претходно издробљен неком од класичних метода, сипа се у бубањ опремљен челичним куглама. Отвори на ротирајућим кружним плочама, које бубањ дијеле у секције, омогућавају пролаз усугот материјала дужином бубња. Приликом рада уређаја, стари цементни малтер се одваја од зрна рециклираног агрегата, услјед удара челичних кугли од зрна, као и удара зрна од зрно, а готов производ се празни на доњим крајевима уређаја.



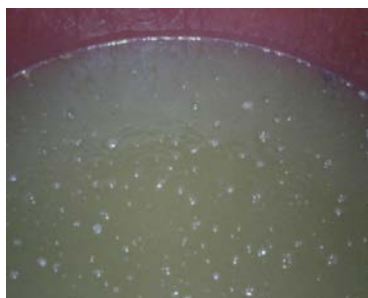
Слика 6 – Метода ротора са ексцентричним вратилом [13]



Слика 7 – Метода механичког брушења [13]

Напредне хемијске методе рециклирања бетона подразумевају потапање претходнодобитног рециклираног агрегата класичним методама у благе растворе хлороводоничне (HCl), фосфорне (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) или сумпорне киселине (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) или у раствор натријум сулфата – соли натријума и сумпорне киселине (NaSO<sub>4</sub>), на температури од 20±2°C, у трајању од 24 h, или максимално 48 h. Раствор се уобичајено мијења на 12 h [26,27]. Надаље је испирањем, помоћу дестиловане воде, могуће лако одстранити стари цементни малтер, при чему примјеном оваквих метода уобичајено нема проблема у погледу повећања садржаја хлорида и сулфата у агрегату. Према истраживању *Vivian W. Y. Tam* и сарадника, са Универзитета у Хонг Конгу, установљено је да би, према тамошњим тржишним приликама, третирање 1 тоне рециклираног агрегата, хемијским поступком, коштало око 5 евра [27].

На сликама 7 и 8 приказано је потапање агрегата, респективно, у растворе хлороводоничне киселине и у натријум сулфата, док је на слици 9 приказано испирање дестилованом водом [26].



Слика 7 – Потапање у раствор HCl [26]



Слика 8 – Потапање у раствор NaSO<sub>4</sub> [26]



Слика 9 – Испирање дестилованом водом [26]

### 3. ЗАКЉУЧАК

Лимитираност примјене рециклираног агрегата од отпадног бетона, као компоненте за производњу нових бетонских композита, узрокована је присуством старог цементног малтера у оквиру зрна рециклираног агрегата, због којих се исти, у односу на природни агрегат карактерише: мањом запреминском масом, већим упијањима и садржајем органских и других штетних примјеса, већом дробљивошћу, мањом отпорношћу према хабању и дејству мрза. Као начин превазилажења ових недостатака, развијене су напредне технологије рециклирања, којима је могуће свести количину старог цементног малтера, у агрегату, на најмању могућу мјеру. У раду су приказане: метода загријавања и стругања, термички третман у ротационој пећи, метода ротора са ексцентричним вратилом, метода механичког брушења и разни хемијски третмани. Истраживањем се показало да је примјеном наведених напредних технологија, могуће произвести квалитетан рециклирани агрегат, потпуно еквивалентан природном, са количином старог цементног малтера до 2%. У том смислу, препоручљиво је повећање температура преко 400°C, у термичким поступцима или примјена раствора HCl, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> или NaSO<sub>4</sub>, код хемијских поступака. Ипак, показало се да ове напредне технологије рециклирања још увијек немају ширу примјену, првенствено због тога што су значајно скупље од процеса класичних технологија, што су нпр. термички поступци енергетски захтјевнији, чиме се доводи у питање смисао одрживог развоја, али и стога што класично произведен рециклирани агрегат, адекватном примјеном, може имати високу функционалност.

### Захвалност

У раду је приказан дио истраживања, реализован уз подршку Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, у оквиру пројекта TR36017 под називом "Истраживање могућности примене отпадних и рециклираних материјала у бетонским композитима, са оценом утицаја на животну средину, у циљу промоције одрживог грађевинарства у Србији".

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] European Commission (2015): *Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2008/98/EC on waste*, Brussels.
- [2] European Commission, Directorate-General Environment (2012): *Waste Prevention – Handbook: Guidelines on waste prevention programmes*, BioIntelligence Service S.A.S., Paris.
- [3] European Commission (2011): Commission decision of establishing rules and calculation methods for verifying compliance with the targets set in Article 11(2) of Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council, *Official Journal of the European Union*, L 310/11.
- [4] Sander, K.; Schilling, S.; Luskow H. (2008): *Final Report - Review of the European List of Waste*, Ökopol GmbH in cooperation with ARGUS GmbH.
- [5] Јелинчић, Јадранка; Ђуровић, С. (2009): *Заштита животне средине – услов за одрживи развој*, Београд, Фонд за отворено друштво, Центар за примењене европске студије.
- [6] Влада Р. Српске (2017): *Стратегија управљања отпадом за период 2017–2026*, Бања Лука.
- [7] Влада ЦГ (2015): *Држав. план управљања отпадом у ЦГ за период 2015–2020*, Подгорица.



- [8] Броћета Г.; Малешев, М.; Радоњанин В. (2015): Еколошки, енергетски и економски аспекти примјене рециклираног агрегата у бетону, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Зборник радова, стр. 517-522.
- [9] Влада Р. Србије (2010): *Стратегија управљања отпадом за период 2010–2019*, Београд.
- [10] Броћета, Г.; ментор - Малешев, М.; коментор - Радоњанин, В. (2016): *Докторска дисертација “Утицај врсте агрегата на трајност конструкција од самозбијајућег бетона”*, Бања Лука, Архитектонско-грађевинско-геодетски факултет у Бањој Луци.
- [11] Malešev, M.; Radonjanin, V.; Ali Emhemd Saed, A. M.; Milovanović, V. (2011): Green concrete - new possibilities in modern construction, *Conference “Contemporary Civil Engineering Practice”*, Proceedings, Andrevelje, pp. 209-226.
- [12] Marinković, S.; Radonjanin, V.; Malešev, M.; Ignjatović, I. (2010): Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete, *Journal “Waste Management”*, Vol. 30, Issue 11, pp. 2255-2264.
- [13] Sakai, K. (2009): Recycling concrete - The present state and future perspective, *TCG-JSCE Joint Seminar*, Athens, Presentation ([http://library.tee.gr/digital/m2469/m2469\\_sakai.pdf](http://library.tee.gr/digital/m2469/m2469_sakai.pdf)).
- [14] Brown, L. R. (2001): *Eco-Economy: Building an Economy for the Earth*, New York, London, W. W. Norton&Company.
- [15] Kim, Y; Hanif, A; Kazmi, S.M.S.; Munir, M.J.; Park, C. (2018): Properties enhancement of recycled aggregate concrete through pretreatment of coarse aggregates – comparative assessment of assorted techniques, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 191, pp. 339-349.
- [16] Despotović, I. (2015): Properties of self-compacting concrete made of recycled aggregates and various mineral additives, *Building Materials and Structures*, Vol. 58, Issue 4, pp. 3-20.
- [17] Броћета Г.; Малешев, М.; Радоњанин В. (2013): Технологије производње агрегата рециклирањем бетона, АГГ+, *Часопис за архитектуру, грађевинарство, геодезију и сродне научне области*, стр. 238-247.
- [18] Sakai, K. (2007): Contributions of the concrete industry toward sustainable development, *International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Proceedings and Monographs in Engineering, Water and Earth Sciences, pp. 1-10.
- [19] Lukić, I.; Malešev, M.; Radonjanin, V.; Bulatović V. (2017): Basic properties of structural Iwac based on waste and recycled materials, *Journal of Materials in Civil Engineering*, Volume 29, Issue 1, pp. 06016019-1-06016019-5.
- [20] Броћета Г.; Малешев, М.; Радоњанин В.; Зејак. Р. (2017): Утицај врсте агрегата на отпорност самоуграђујућег бетона према хабању, *Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља*, Зборник радова, стр. 369-378.
- [21] Malešev, M.; Radonjanin, V.; Broćeta, G. (2014): Properties of recycled aggregate concrete, *Contemporary Materials*, V–2, pp. 240-249.
- [22] Малешев, М.; Радоњанин В.; Броћета Г. (2014): Структура бетона на бази рециклираног агрегата, *Савремена достигнућа у грађевинарству*, Зборник радова, стр. 523-528.
- [23] Shima, H.; Tateyashiki, H; Matsuhashi, R; Yoshida, Y. (2005): An advanced concrete recycling technology and its applicability assessment through input-output analysis, *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 3, No. 1, pp. 53-67.
- [24] Kuosa, H. (2012): *Research Report – Reuse of Recycled Aggregates and other C&D Wastes*, Project - Advanced Solutions for Recycling Complex and New Materials, 2010 – 2012, VTT-R-05984-12, Finland.

- [25] Corinaldesi, V.; Moriconi, G. (2011), The role of industrial by-products in self-compacting concrete, *Construction and Building Materials*, Vol. 25, Iss. 8, pp. 3181–3186.
- [26] Kencanawati, N.N; Fajrin, J.; Anshari, B.; Shigeishi A.M. (2015): Evaluation of high grade recycled coarse aggregate concrete quality using non-destructive testing technique, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 776, pp. 53-58.
- [27] Tam, V.W.Y.; Tam, C.M.; Le, K.N. (2007): Removal of cement mortar remains from RA using pre-soaking approaches, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 50, pp. 82–101.



Петра ТАНОВИЋ<sup>1</sup>

Драгана ТОДОРОВИЋ<sup>2</sup>

Татјана БОЖОВИЋ<sup>3</sup>

## ЗАГАЂЕЊЕ ПОЉОПРИВРЕДНОГ ЗЕМЉИШТА И АНАЛИЗА ЗЕМЉИШТА ПОСЛЕ БЕРБЕ

**Апстракт:** Под пољопривредном производњом подразумева се процес производње биљних и сточарских производа, производња зачинског и лековитог биља и др. Са доласком нових технологија, употребом разних материја као што су: пестициди, хербициди, инсектициди и других новијих средстава долази до повећаног приноса, али и повећаног деградирања животне средине. Као грана индустрије пољопривреда је велики извор загађења како земљишта тако и природних вода и у складу са тим сазнањима потребно је вршити контроле у циљу заштите човековог здравља и очувања животне средине. Анализом земљишта пољопривредни произвођачи добијају препоруку о правилном ђубрењу, о количини ђубрива и времену његове примене. Овом мером се постиже рационализација употребе ђубрива и средстава за заштиту биља у односу на узгој биљака без претходних анализа, а тиме и очување животне средине. У раду су приказани резултати анализе земљишта на којем су претходно биле засејане пољопривредне културе (парадајз, купус и шаргарепа).

**Кључне речи:** загађење земљишта, минералне материје, хербициди, пестициди, пољопривредне културе

## POLLUTION OF AGRICULTURAL LAND AND AND ANALYSIS OF LAND AFTER HARVESTING

**Abstract:** Processes that are considered under agricultural production are production of plant and animal products, production of spice and medicinal herbs, etc. With the arrival of new technologies, using various materials such as: pesticides, herbicides, insecticides and other newer resources, there is a increased yield but also increased environmental degradation. As a branch of industry, agriculture is a major source of pollution of both land and natural waters and, in accordance to this knowledge, it is necessary to it is necessary to carry out controls in order to protect human health and the preservation of the environment. By analyzing the land, agricultural producers receive recommendations on proper fertilization, the amount of fertilizer and the time of its application. By this measure, it is possible to rationalize the use of fertilizers and plant protection agents in relation to the cultivation of plants without prior analyzes and thus the preservation of the environment. The paper presents the results of the analysis of the land on which the agricultural crops were previously planted (tomatoes, cabbage and carrots).

**Key words:** land pollution, mineral matter, herbicides, pesticides, agricultural crops

<sup>1</sup> Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: [stevanovic@vtsns.edu.rs](mailto:stevanovic@vtsns.edu.rs)

<sup>2</sup> Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1

<sup>3</sup> Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1

## 1. УВОД

Пољопривреда је привредна делатност која обухвата биљну и сточарску производњу и с њим повезане услужне делатности. Под пољопривредном производњом подразумева се процес производње биљних и сточарских производа, производња зачинског и лековитог биља и др. У пољопривредна спадају она земљишта која у складу са својим природним и економским условима могу да се користе за пољопривредну производњу. Основни задатак пољопривреде је производња оптималних количина хране и сировина органског порекла.

Са доласком нових технологија, употребом разних материја као што су: пестициди, хербициди, инсектициди и других новијих средстава долази до повећаног приноса, али и повећаног деградирања животне средине. Као грана индустрије пољопривреда је велики извор загађења како земљишта тако и природних вода и у складу са тим сазнањима потребно је константно вршити контроле у циљу заштите човековог здравља и очувања животне средине.

Дугорочни циљ одрживе пољопривреде је да обезбеди довољно стабилну производњу квалитетне хране и биљних производа, уз очување основних природних ресурса и енергије, заштиту животне средине, као и истовремену економску ефикасност, односно профитабилност и побољшање живота појединца и шире заједнице.

## 2. ЗАГАЂЕЊЕ ЗЕМЉИШТА

Земљиште представља један од најважнијих ресурса у производњи хране. Здраво и квалитетно земљиште је кључна компонента одрживе пољопривреде (слика 1). Зато је потребно у циљу повећања и очувања плодности редуковати обраду земљишта, настојати да буде под вегетацијом, одржавати ниво органске производње и хумуса како би се сачувале физичке, хемијске и микробиолошке особине. Земљиште се у природи споро образује, а у процесу деструкције брзо уништава, па је као природни ресурс непроцењиво добро читавог човечанства [2].



Слика 1 – Обрадиво земљиште

Земљиште се данас све више загађује, јер се због наглог раста популације и убрзаног економског развоја све интензивније искоришћава и за производњу хране и као извор основних сировина. Истовремено се на земљиште одлаже велики део отпадних материја које настају у многобројним људским активностима. Све ово утиче на нормално функционисање земљишта те долази до његовог загађења и различитих облика оштећења. Загађивањем земљишта може да дође до његове деградације, деструкције или пак до привременог или трајног искључења земљишта из функције [1].

## 2.1. Пољопривреда

Пољопривредна производња је планска и организована људска активност, усмерена на производњу органске материје, која има употребну вредност за човека (храна, влакна и др.) односно која је неопходна за одржавање живота људи, животиња и биљака.

Земљиште високог квалитета дугорочно обезбеђује продуктивност биљака са минималним утицајима на животну средину. Плодност земљишта је уско повезана са квалитетом земљишта и представља способност земљишта да омогући задовољавајућу производњу усева уз минимално коришћење ђубрива и стајњака [3].

Квалитет пољопривредног земљишта карактеришу следеће особине:

- физичке
- хемијске

Физичке особине земљишта су механички састав, текстура, структура, водно-ваздушни режим и др.

Хемијски састав земљишта чине:

- хумус
- макроелементи: N, P, K, Mg, Ca, S, Fe
- микроелементи: Cu, Mn, Zn, Mo, Co
- рН вредност, садржај штетних соли: хлориди, сулфати, карбонати

## 2.2. Узроци загађења земљишта и смањења његове производне способности

Главни штетни процеси који се одигравају у пољопривредном земљишту су: кварење структуре, антропогено збијање земљишта и контаминација земљишта. Најчешћи узрок кварења структуре земљишта је услед губитка хумуса из земљишта, а последица је смањеног промета органске материје, односно хумуса кроз земљиште. Антропогено збијање је последица примене тешких машина, прикључних оруђа и возила под теретом.

Контаминација земљишта је део општег загађења животне средине. Основни загађивачи земљишта су: минерална ђубрива, органска ђубрива, нитрати у биљкама, тешки метали, канализациони муљ, градско смеће, средства за заштиту биљака (хербициди, фунгициди, инсектициди, родентициди). Све су ово потенцијални загађивачи, јер се већим делом могу држати под контролом [2].

Азот, фосфор и калијум су дефицитарни елементи у земљишту. Обично се истиче да је азот најважнији међу неопходним хранљивим елементима за биљке, да је синоним плодности, носилац приноса и елемент у првом минимуму. Азот се у земљишту највећим делом налази у облику органских једињења (хумуса) која су пореклом од биљака и животиња које су изумрле. Количина азота у земљишту износи 0,02-0,4%. У грађу хумуса улазе сви елементи од којих су биљке изграђене али је највећа количина угљеника, кисеоника, водоника и азота. Азот има значај за исхрану биљака, и то због тога што од њега зависи које ће количине азота имати биљке на располагању. За разлику од других неопходних елемената за азот је специфично да се у земљишту не могу стварати трајне резерве приступачних облика овог елемента као што је случај са фосфором и калијумом.

Од свих елемената исхране биљака највеће проблеме у животној средини ствара азот, односно азотна ђубрива, која се од свих минералних ђубрива користе у највећој мери. Контаминација земљишта овим ђубривима може се смањити па чак и сузбити уколико се поштују принципи система контроле плодности земљишта и употребе минералних ђубрива. Претерана употреба азота доводи до накупљања нитрата у земљишту и води што изазива низ еколошких проблема и угрожава здравље људи и животиња. Нитрати у биљкама су заправо последица прекомерног и неконтролисаног уношења азотних минералних ђубрива и великих

количина стајњака. Највећи део нитрата који доспева у људски организам потиче из поврћа, док знатно мањи потиче из воде за пиће. Од тешких метала, који су много опаснији у ланцу исхране, најзначајнији су Cd, Pb, Cu, Zn [2].

### 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У циљу испитивања квалитета пољопривредног земљишта, узетог са парцеле у Руменци, извршена је анализа појединих општих и специфичних физичких и хемијских параметара. (Анализе појединих параметара рађене су према методама из Практикума [4]). Локалитети узорковања су одабрани тако да се испита карактеристика земљишта под различитим пољопривредним културама.

Узорци земљишта узети су на три различита места засађена под истом културом са дубине 20cm. Узети узорци су методом четвртања издвојени за даљу анализу.

Локалитети узорака су изабрани са циљем да се испита квалитет земљишта под различитим пољопривредним културама. Један узорак узет је са места где је претходне сезоне био засађен парадајз, узорак „парадајз“, други узорак на месту где је био засађен купус, узорак „купус“, и трећи узорак је узет са места где је била засађена шаргарепа, узорак „шаргарепа“ (слика 2).



Слика 2 – Место узорковања

Анализирани су следећи параметри у води (слика3):

- агрегатног састава земљишта
- специфичне масе (густине) земљишта
- рН вредности земљишта
- хумус
- карбонати
- фосфати, нитрити, нитрати, гвожђе, бакар и манган



Слика 3 – Квантитативно одређивање параметара

### 3.1. Резултати и дискусија

Резултати испитивања узорака узетих са пољопривредног земљишта у Руменци, приказани су у табели 1.

Табела 1 – Резултати испитивања узорака земљишта

параметар	јединица	„парадајз“	„купус“	„шаргарепа“
датум узорковања	-	08.05.2015.	08.05.2015.	08.05.2015.
време узорковања	hh.mm	17.30	17.30	17.30
температура ваздуха	°C	21	21	21
мега > 10 mm	[%]	27,73	32,77	19,44
макро 5 – 25 mm	[%]	12,77	9,99	19,44
микро < 0,25 mm	[%]	59,49	57,23	61,16
густина	[g/cm <sup>3</sup> ]	2,87	2,40	2,64
% песка		27,73	32,77	19,44
% праха		12,77	9,99	19,44
% глине		59,49	57,23	61,16
текстура тла		глина	глина	глина
финоћа тла		веома фина	веома фина	веома фина
тежина тла		тешко тло	тешко тло	тешко тло
влага	%	8,0175	4,4756	12,0991

Структурни састав земљишта показује заступљеност величине агрегата у земљишту, од којег зависи пропустљивост воде кроз земљиште. У табели 1 приказана је процентуална заступљеност различитих фракција у анализираном земљишту.

Механички састав земљишта је веома важан, јер нам пружа информације о врсти земљишта, на основу којег се зна да ли земљиште спада у плодно или не, даје нам податак о финоћи текстуре и тежини тла. У земљишту глина и песок чине две крајности у погледу физичких и хемијских својстава, зато се и допуњују. Њихов најповољнији однос у земљишту је 30 - 40 % глине и 60 - 70 % песка.

Киселост земљишта је један од важнијих фактора који утичу на прираст биљака, принос и свеукупно успешно гајење и продуктивност биљне производње. Реакција земљишта (pH

вредност), је значајан фактор и указује на степен засићености базама адсорптивног комплекса и земљишног раствора. рН земљишта је важан јер свака посађена култура захтева одређену киселост/базност земљишта. Резултати одређивања рН-вредности земљишта су дати у табели 2.

Табела 2 – Резултати одређивања рН-вредности земљишта

	„парадајз“	„купус“	„шаргарепа“
рН вредности	7,72	7,68	8,15

Резултати рН вредности који су добијени експерименталним радом су упоређивани са оптималном рН вредношћу коју одређене пољопривредне културе захтевају и на основу тога једино рН вредност код „парадајза“ је у опсегу који та култура захтева. На основу резултата испитивања и поређења са оптималним вредностима рН види се да су сви узорци земљишта слабо до умерено алкални. Кисела или алкална земљишта делују различито на поједине врсте биљака, на њихов раст, вегетацију, принос и др. Штета коју може да проузрокује првенствено кисело земљиште, испољава се у виду уништавања нежног дела корена и жила које упијају хранљиве материје због чега биљке мање успевају па су и приноси мањи.

У узорцима земљишта одређени су макро и микро елементи и резултати су приказани у табели 3.

Табела 3 – Резултати одређивања макро и микро елемената у земљишту

		„Парадајз“	„Купус“	„Шаргарепа“
Fe		0,16	0,02	0,32
Cu укупни		< 0,05	< 0,05	< 0,05
Cu слободни	[mg/dm <sup>3</sup> ]	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Mn	[mg/dm <sup>3</sup> ]	0,10	0,36	> 0,05
MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	[mg/dm <sup>3</sup> ]	0,21	0,79	> 0,03
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	[mg/dm <sup>3</sup> ]	0,51	> 0,03	0,72
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	[mg/dm <sup>3</sup> ]	29	19	34
P	[mg/dm <sup>3</sup> ]	0,22	0,45	0,93
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	[mg/dm <sup>3</sup> ]	0,68	1,38	2,86
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	%	10,19	7,25	8,22

На основу добијених резултата који су упоређени са присуством карбоната у земљишту види се да је земљиште изузетно богато карбонатима. Висок садржај карбоната изазива непожељне ефекте, јер смањује растворљивост и приступачност неопходних микроелемената (гвожђе, цинк и др.).

Количина хумуса у свим испитиваним узорцима су високе. За глиновито земљиште, какви су и анализирани узорци, висок ниво хумуса је преко 5%. Сви испитивани узорци имали су између 7,5% и 8,7% хумуса. Висок ниво хумуса потиче од ђубрења земљишта хумусним ђубривом.

Измерене вредности нитратног јона (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) за узорке са пољопривредног земљишта су у интервалу 19 - 34 mg/l N, што значи да је земљиште у опсегу одговарајућих вредности 4 - 132 mg/l N.

Концентрација нитритног јона ( $\text{NO}_2^-$ ) за узорке „Парадајз“ ( $0,5 \text{ mg/dm}^3$ ) и „Шаргарепа“ ( $0,72 \text{ mg/dm}^3$ ) је у граничним вредностима  $0,03 - 1,6 \text{ mg/l}$  за нитрите. Концентрације нитрита за узорак „Купус“ ( $0,03 - 1,6 \text{ mg/dm}^3$ ) су изнад дозвољених граница.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

Параметри који карактеришу квалитет земљишта, а који су и обрађени у овом раду су: гранулометријски и механички састав земљишта, густина, рН вредност, концентрације нитрата, нитрита, сулфата, гвожђа, мангана, фосфата, количина хумуса, количина карбоната. На основу извршених мерења узорака земљишта узетих са пољопривредне парцеле анализирана су три узорка „купус“, „парадајз“ и „шаргарепа“. У сва три узорка земљишта велику заступљеност имају микроагрегати чије су честица пречника мањег од  $0,25 \text{ mm}$ . Узорци имају подједнаку заступљеност глине (око 60%), песка (19-32%) и праха (од 10-19%), што значи да је земљиште глиновито, fine структуре и спада у тешко тло. рН вредност је виша од оне коју испитиване културе захтевају. Концентрације нитратног јона за испитане узорке са пољопривредног земљишта су у опсегу одговарајућих вредности. Концентрације гвожђа у измереним узорцима имају вредности од  $0,02 \text{ mg/l Fe}$  до  $0,32 \text{ mg/l Fe}$ . Сви испитивани узорци богати су хумусом, и у интервалу су 7,5 – 8,7 %. Количине карбоната у свим испитиваним узорцима земљишта су у опсегу одговарајућих вредности. У циљу очувања доброг квалитета земљишта и спречавања могућег загађења неопходно је радити редовну контролу квалитета земљишта.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

1. <http://haninfo.rs/2017/10/30/haninfo-zagadenje-zemljista>
2. Кљајић Н., Арсић С., Мијајловић Н. (2016): Земљиште као еколошки фактор пољопривредне производње, Београд: Институт за економику пољопривреде
3. Радовановић Д., (2016): Квалитет земљишта као основ за одрживу интензификацију пољопривредне производње, Нови Сад: Пољопривредни факултет
4. Тановић П., Божовић Т., (2015): Практикум Анализа земљишта, Нови Сад: Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду
5. Миличић Д., Јарак М., (2008): Поправка киселих земљишта применом микробних инокулата и калцификације, Нови Сад: Пољопривредни факултет



Борислав СИМЕНДИЋ<sup>1</sup>Радослав МИЋИЋ<sup>2</sup>Милан ТОМИЋ<sup>3</sup>Александра АЛЕКСИЋ<sup>4</sup>Мирко СИМИКИЋ<sup>5</sup>

## УТИЦАЈ НЕЧИСТОЋА У ГЛИЦЕРИНУ НА ЊЕГОВУ ПРИМЕНУ КОД ДОБИЈАЊА БИОБРИКЕТА

**Апстракт:** Нашим националним стандардом се под енергетским брикетом подразумева производ добијен поступком брикетирања лигноцелулозног материјала. Сам поступак брикетирања се састоји у сабијању лигноцелулозног материјала у што мању запремину помоћу преса. Приликом брикетирања користе се везивна средства која омогућује боље компактирање масе. Поред пластичних особина пожељно је да пластификатори поседују и гориве особине. У овом раду је као пластификатор кориштен глицерин чија је доња топлотна моћ 17 MJ. У случају примене глицерина, нузпроизвода код производње биодизела класичним поступком-алкалном трансестерификацијом, као нечистоће се могу јавити алкални хидроксиди, који у току сагоревања могу формирати стакласту фазу, чије је присуство на озиду котлова за сагоревање непожељна. У овом раду је поређена примена глицерина, из класичног поступка алкалне трансестерификације и глицерина добијеног у суперкритичним условима где се не користе алкални оксиди.

**Кључне речи:** биомаса, брикети, биодизел, глицерин

## IMPACT OF IMPURITIES IN GLYCEROL ON ITS APPLICATION WHEN OBTAINING BIOBRIKETTES

**Abstract:** Our national standard under energy briquetting is a product obtained by briquetting process of lignocellulosic material. The briquetting process itself consists in compression of the lignocellulosic material in as little volume as possible by pressing. When briquetting is used, binders are used that allows for better compacting of the mass. In addition to the plastic properties, it is preferable that the plasticizers also possess flammable properties. In this paper, a glycerine with a lower thermal power of 17 MJ was used as a plasticizer. In the case of the application of glycerine, by-products in the production of biodiesel by the classic method of alkaline transesterification, alkaline hydroxides can occur as impurities, which during the combustion process can form a glass phase, the presence of which on the background of the combustion boilers is undesirable. In this paper, the application of glycerin is compared, from the classical method of alkaline transesterification and glycerine obtained in supercritical conditions where no alkaline oxides are used.

**Key words:** biomass, briquettes, biodiesel, glycerine

<sup>1</sup> Доктор наука, Висока техничка школа стурковних студија у Новом Саду, Школска 1, e-mail: simendic@vtsns.edu.rs

<sup>2</sup> Доктор наука, Универзитет у Новом Саду, Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин, Србија

<sup>3</sup> Доктор наука, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Србија

<sup>4</sup> Експерт координатор, НИС а.д., Нови Сад, Србија

<sup>5</sup> Доктор наука, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Србија



## 1. УВОД

Под биомасом као обновљивим извором енергије подразумева се обично материја сачињена од биљне масе, укључујући и производе, нуспроизводе, отпад и остатке те биљне масе, али без штетних и опасних материја, које се могу наћи у бојеним и на неки други начин хемијски третираним дрветом, при процесима у дрво-прерађивачкој индустрији.

Примарна предност биомасе као извора енергије је у њеној обновљивости. Управо ова карактеристика даје суштинску предност биомаси у односу на класична фосилна горива која су у дужем временском периоду необновљива. Према проценама од укупно настале биомасе на планети Земљи искористи се мање од 4 % (за храну људи и животиња, за производњу папира и картона, у енергетске сврхе – гориво, итд). Коришћење био масе у Србији има значај, не само за тренутно решавање проблема мањка енергије и њене високе цене, већ и за решавање проблема заштите животне средине. Биомаса као обновљиви извор енергије често се назива угљенично неутрално гориво, које ипак може допринети глобалном загревању. То се догађа кад се поремети равнотежа сечења и сађења дрвећа, на пример код крчења шума или урбанизације зелених површина

Посебну погодност у коришћењу био масе као обновљивог извора енергије дају био брикети. Нашим националним стандардом се под енергетским брикетом подразумева производ добијен поступком брикетања лигноцелулозног материјала. Сам поступак брикетања се састоји у сабијању лигноцелулозног материјала у што мању запремину помоћу преса. Анализа хемијског састава приказује да је коришћење дрвета и отпадне биомасе за производњу брикета оправдано са аспекта заштите животне средине и са енергетског аспекта из разлога што производ поседује минимални садржај штетних материја које настају његовим сагоревањем.

У односу на друга горива пелете имају нижу калоријску вредност, што директно утиче на економичност њихове примене. У табели 1 дато је поређење материјала од којих се производе пелете и других врста горива.

Табела 1 – Топлотне вредности за поједине врсте био масе и конвенционална горива

Р.бр	Врста горива	Доња топлотна моћ (kJ/kg)
1.	Слама пшенице	13.700
2.	Слама соје	15.200
3.	Кукурузовина, Окласак кукурузовине	13.600, 14.300
4.	Љуске сунцокрета	17.500
5.	Дрво	18.100
6.	Дрвени угаљ, Мрки угаљ, Камени угаљ	30.100, 22.500, 32.500
7.	Кокс	28.800
8.	Уље за ложење	42.080
9.	Бензин	42.040

### 1.1. Структура биомасе

Код неких врста дрвета и отпадне биомасе која се добија из пољопривреде, а од које могу да се производе брикети, учешће пепела и сумпора је променљива величина, а то се најбоље види у табели 2.

Табела 2 – Хемијски састав неких облика био масе

Хемијски састав %	Слама	Окласје кукуруз	Љуске сунцокрета	Дрво
Угљеник	44,84	56,87	50,57	50,30
Водоник	5,68	5,08	5,68	6,2
Кисеоник + Азот	41,48	35,89	40,91 + 0,57	43,10
Пепео	8,00	2,16	2,27	0,40

Подаци у табели 2.,показују да највећи удео пепела ослобађа слама, док највећи удео угљеника ослобађао класје кукуруза.

Подаци у табели 2. такође приказује да је коришћење дрвета и отпадне биомасе за производњу брикета оправдано са аспекта заштите животне средине и са енергетског аспекта из разлога што производ поседује минимални садржај штетних материја које настају његовим сагоревањем. Оно што је посебно значајно истаћи јесте да је учешће сумпора занемарљиво, а што није случај код сагоревања угља. Производ је еколошки чист, и пожељно је у будућности са овим производом извршити замену енергената који су еколошки неповољни, где год је то могуће [1].

Подаци из прве три колоне табеле 2, јасно показују на то да сировине из ратарске производње по свом хемијском саставу садрже приближно једнак проценат хемијских елемената као и дрво, с том разликом што је учешће пепела, после сагоревања материје, у дрвету драстично ниже у односу на сировине из пољопривреде, а поготово у односу на пепео од сагоревања угља. Учешће азота је минимално и јавља се само код љуски сунцокрета, док га у другим наведеним органским материјалима нема.

## 1.2. Проблеми са коришћењем брикета као горива

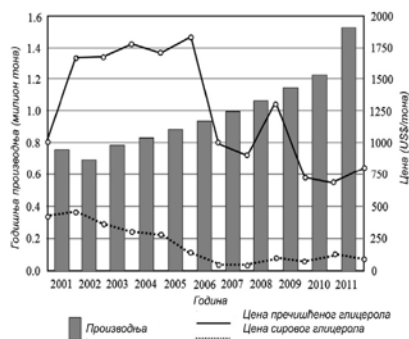
Основни проблем код коришћења брикета као горива је проблем са ниском калоријском вредношћу и присуством пепела након сагоревања биомасе.

Проблем са ниском калоријском вредношћу може се решити додавањем глицерина који има вишу калоријску вредност од  $1.86 \times 10^3$  до  $20.5 \times 10^3$  kJ/kg и  $25.2 \times 10^3$  kJ/kg од одпадног ресторанског уља WVO.[2]

Додавања глицерина код израде брикета има вишеструко позитиван ефекат, поред повишења калоријске вредности, глицерин служи и као пластификатор. Његова употреба у ове сврхе је позитивна и са аспекта његовог утрошка, јер се приликом непроизводње биодизела он формира као нуз-производ, чија је тржишна цена релативно ниска (технички), због нечистоћа и примеса, а његово пречишћавање је релативно скуп поступак.

## 1.3. Погодност додавања глицерола у пелете са економског аспекта

Производња биодизела довело је до енормног повећања количине глицерола на тржишту. Наиме, производњу биодизела прати приближно 10 мас.% глицерола, као нуспроизвода. Последица тога је затварање ранијих погона за производњу глицерола, и драстичан пад цене глицерола на светском тржишту. [3]



Слика 1 – Светска производња глицерола и кретање цене сировог и рафинисаног глицерола у првој декади трећег миленијума [3]

Светска производња глицерола у 2016. години била је око два милиона тона. Нагомилана количина сировог глицерола у свету данас представља озбиљан проблем и изазов у правцу валоризације глицерола у вредније хемијске производе. [4].

#### 1.4. Проблеми са коришћењем глицерина као додатка брикетима

Познато је да се сагоревањем конвенционалног горива алкалије стварају пепео, који оптерећује простор са једне стране, а у случају већег присуства алкалија могу формирати стакласту фазу на озиду котла.

У случају примене глицерина добијеног као споредног производа при добијању биодизела, класичним поступком хомогеном базном трансестерификацијом, поред алкалија које су присутне у дрвеној маси, њихов укупан садржај могу повећати и алкалије у глицерину, које су преостале након синтезе и сепарације.

#### 1.5. Поступак добијања биодизела хомогеном трансестерификацијом

Најчешћи комерцијални поступак биодизела је поступак добијања биодизела, класичним поступком, базном хомогеном трансестерификацијом. Уз коришћење неког од алкалних катализатора (NaOH, KOH) (обично 0,5 мас%), моларним односом метанол/уље 6: 1, температуром од обично од 50 до 65°C и временом реакције од 15 до 60 мин.

Овај поступак је релативно скуп поступак јер захтева сложен процес финализације производа (неутрализација, испирање и одвајање) [5-8].

Поред сложене процедуре финализације, проблем код трансестерификације алкалним катализаторима је и могућност селективног коришћења сировине. Углавном се могу користити чиста био-уља, јер се код отпадних уља појављује проблем са присуством FFA (слободних масних киселина) (> 1% в/в) и воде. FFA, из сировине, може реаговати са алкалним катализатором, чиме се производе сапуни, и смањује ефикасност катализатора, узрокује повећање вискозности, доводи до стварања гела и отежава раздвајање глицерола из финалног производа.

Проблем са сепарацијом се решава употребом чврстих катализатора, најчешће CaO, а проблем са високим садржајем FFA употребом двостепеног процеса у чијем се првом степену користе кисели катализатори.

Употреба киселог катализатора је, генерално, на нивоу алтернативних комерцијалних решења за производњу биодизела из уља са високим садржајем FFA. Широко присуство ове технологије је ограничено релативно малом брзином реакције и вишом температуром [9, 10].

Да би се глицерол успешно примењивао потребно је за различите области примене да задовољи различите захтеве.

Код свих ових поступака и глицери, као нус-произод је релативно скуп, због скупе погодне полазне сировине (рафинисаног јестивог уља), или неопходног постизања квалитета сировине за трансестерификацију, претходним поступцима пречишћавања.

Додатни проблем је поступак сепарације, биодизела и глицерина, који не омогућава да се уклоне заостале алкалије из глицерина. Ове алкалије негативно утичу на коришћење пелета у којие се тај глицерин додаје.

Да би се елиминисали ови негативни аспекти, може се применити алтернативни поступак добијања биодизела у надкритичним условима.

## 1.6. Поступак добијања биодизела у надкритичним условима

Коришћење процеса трансестерификације у надкритичним условима има низ предности предности код добијања примарног производа, биодизела, али и код добијања глицерина који је чист и има због тога могућност шире примене.

Поступак добијања биодизела у надкритичним условима одиграва се на температурама од 300 до 350 °С, притиску од 8 до 12 МПа, моларним односом метанол/уље 42:1 и времену реакције од 7 до 30 мин.

У надкритичним условима, диелектричне константе алкохола знатно су мање него у нормалним условима. Због тога се приближава диелектричним константама неполарних супстанци као што су масти и уља и ствара предиспозицију за стварање једнофазног система уља и алкохола. Осим тога, јонски производ алкохола повећава се с повећањем притиска, због чега се претпоставља да алкохол у суперкритичним условима није само реактант, већ и кисели катализатор [11-13]. Ова карактеристика трансестерификације у надкритичним условима пружа главне предности: високу конверзију, брзину реакције и краће време реакције, и производи уље са високим садржајем FFA (до 36 теж.%). Друге предности су висока толеранција на висок садржај воде у сировини (30 теж.%), без смањења приноса и брзина реакције. [14].

Обзиром да надкритични услови пружају побољшану растворљивост у фази и смањују ограничења преноса масе триглицерида из фазе уља према интерфејсу метанол-уља, интензивно мешање које производи емулзију, није неопходно, а након синтезе раздвајања је лако, а глицерол као ко-производ има добру чистоћу. Због свих ових предности у односу на конвенционалне методе трансестерификације, овај метод чини га погодним за прераду пржених уља и отпадних уља.

Сагласно са предходним констатацијама првенствена предност коришћења ове методе је добијање производа од сировине ниже цене-отпадног уља што чини и нижу цену свих производа укључујући и глицерин.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО

У овом раду је извршена синтеза биодизела различитим методама: класичном хомогеном трансестерификацијом и естерификацијом у надкритичним условима. Након реакционог поступка, извршена је сепарација биодизела и глицерина и тај глицерин је употребљен као као додаток пелетама.

### 2.1. Опрема и експериментална процедура

Трансестерификација репичиног уља у различитим алкохолима обављена је у batch реактору (AntonParr 4520). Запремина batch реактора је 2 дм<sup>3</sup>, са могућношћу мешања масе уља и алкохола са сидрастом мешалицом. Реактор је опремљен електричним грејачем који омогућава загревање масе до 350 °С.

### 2.2. Сировина за добијање биодизела

У експерименталном делу за добијање биодизела и глицерина коришћено је репично уље из улане репице српског поријекла названог Ката. Ката је зимска улана репица из групе зрелости "00" (ниска еручна киселина и глукозинолати), што чини уљарицу погодном за храну за животиње. Физичке особине добијених уља су дате у Табели 3.

Табела 3 – Физичке карактеристике уља уљане репице које је кориштено као сировина

Карактеристике	Јединице	Вредност	Метода
Густина (20 °C)	g/cm <sup>3</sup>	0.9068	SRPS EN ISO 3675
Вискозитет (40 °C)	cSt	32.11	SRPS EN ISO 3104
Садржај воде	%	0.01	SRPS ISO 665 i 662
Киселински број	mgKOH/g	2.91	SRPS ISO 660
Садржај чврстих материја	%	0.32	SRPS ISO 663
Моларна маса	g.mol <sup>-1</sup>	881.5	
Јодни број	gJ.100g <sup>-1</sup>	107.934	EN 14214

Поред уља коришћен је и метанол чистоће 99% добијен је из МСК (Метанолско сирћетни комплекс из Кикинде) (према SRPS H.B2.031). Густина је 0,791 g/cm<sup>3</sup>.

### 2.3. Поступак намешавања глицерина и масе за пелете

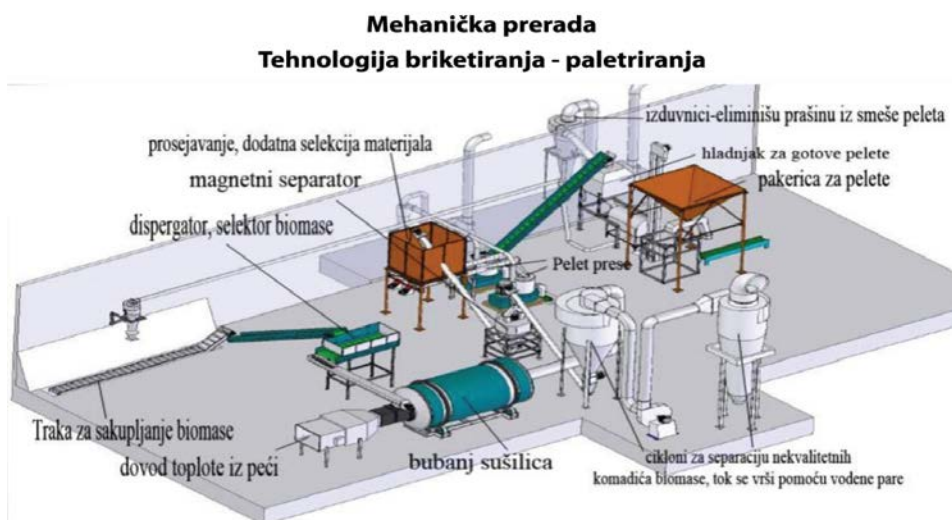
Намешавање глицерина у масу за брикете се одвија у резервоару са 3-мешалицом док се не постигне хомогена смеша. Удео глицерина зависи од гранулације полазне биомасе.

### 2.4. Поступак добијања брикета

Фазе у процесу добијања брикета:

1. Уситњавање сировине до одређене гранулације
2. Сушење сировинског материјала до одређене влажности (400 °C)
3. Транспорт уситњеног материјала
4. Дозирање сировине
5. Пресовање у пресама за брикетирање
6. Скраћивање брикета на потребну дужину
7. Хлађење и паковање готових брикета

Поступак брикетирања приказан је на сл.2



Слика 2 – Постројење за брикетирање

### 3. ЗАКЉУЧАК

У поступку намешавања пелета и њихове примене, примена глицерина је повољна из више аспеката: као пластификатора и материје која пелетама диже калоријску вредност. Посебна погодност је чињеница да је технички глицерин релативно јефтин производ, чија количина се драстично повећава на тржишту. Негативан ефекат, присуство алкалних нечистоћа у глицерину, може се избећи коришћењем глицерина који је нузпроизвод у поступку добијања биодизела у надкритичним условима, јер се у овом поступку не користе никакви катализатори.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] J.Hodolič, Đ.Vukić i ostali, Briketiranje bio mase i inženjerstvo zaštite životne sredine, Festival kvaliteta 2007, Kragujevac
- [2] C. Thompson, B. B. He Characteriyation of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstocks, Applied Engineering in Agriculture Vol. 22(2): 261-265, 2006 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0883-8542
- [3] C. A.G. Quispe, C. J.R. Coronado, J. A. Carvalho Jr.: ” Glycerol: Production, consumption, prices, characterization and new trends in combustion”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 27, 475-493.
- [4] [https://www.researchgate.net/publication/264436451\\_Understanding\\_the\\_Glycerol\\_Market/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/264436451_Understanding_the_Glycerol_Market/figures?lo=1), Retrieved 26.02.2017.
- [5] F. Ma, M.A. Hanna, Biodiesel production: a review, Bioresource Technology 70(1999) 1-5.
- [6] J. Van Gerpen, Biodiesel processing and production, Fuel Processing Technology 86 (2005) 1097-1107.
- [7] Y. Zhang, M.A. Dube, D.D. McLean, M. Kates, Biodiesel production from wastecooking oil: economic assessment and sensitivity analysis, Bioresource Technology 90 (2003) 229-240.
- [8] Y. Zhang, M.A. Dube, D.D. McLean, M. Kates, Biodiesel production from wastecooking oil: process design and technological assessment, Bioresource Technology 89 (2003) 1-16.
- [9] Zhang J, Chen S, Yang R, Yan Y. Biodiesel production from vegetable oil using heterogenous acid and alkali catalyst. Fuel (2010)89:2939-44.
- [10] Ni J, Meunier FC. Esterification of free fatty acids in sunflower oil over solid acid catalysts using batch and fixed bed-reactors. Appl Catal A: Gen (2007);333:122-30.
- [11] D. Skala, S. Glišić, I. Luković, A. Orlović, I.I. Biodizel, Novi Koncept dobijanjabiодizela- Transesterifikacija u nadkritičnim uslovima, Hemijska Industrija 58(4) (2004) 178-185.
- [12] A. Demirbas, Biodiesel production from vegetable oils by supercriticalmethanol, J. Scientific & Industrial Research 64 (2005) 858-865.
- [13] S. Saka, D. Kusdiana, E. Minami, Non-catalytic biodiesel fuel production with supercritical methanol technologies, J. Scientific & Industrial Research 65(2006) 420-425.
- [14] Warabi, Y.; Kusdiana, D.; Saka, S., Reactivity of triglycerides and fatty acids of rapeseed oil in supercritical alcohols. Bioresour. Tech., 91 (3), (2004) 283-287
- [15] G. Madras, C. Kolluru, R. Kumar, Synthesis of biodiesel in supercritical fluids, Fuel 83 (2004) 2029-2033.
- [16] H. He, T. Wang, S. Zhu, Continuous production of biodiesel fuel from vegetableoil using supercritical methanol process, Fuel 86 (2007) 442-447.
- [17] M.N. Varma, G. Madras, Synthesis of biodiesel from castor oil and linseed oil insupercritical fluids, Industrial and Engineering Chemistry Research 46 (2007)1-6.

Весна МАРИНКОВИЋ<sup>1</sup>

## ОТПАД ЗАГАЂЕН ПОЛИХЛОРОВАНИМ БИФЕНИЛИМА

**Резиме:** У раду је приказана законска регулатива за управљање отпадом који садржи полихлороване бифениле као и методе за њихову разградњу.

**Кључне речи:** полихлоровани бифенили, отпад, сагоревање, процеси дехлоринације, пиролиза у плазми са електричним луком

## WASTE CONTAMINATED BY POLYCHLORINATED BIPHENYLS

**Abstract:** The paper presents the waste management legislation regarding polychlorinated biphenyls, as well as methods for their degradation.

**Key words:** polychlorinated biphenyls, waste, combustion, dechlorination processes, pyrolysis in electric arc plasma

---

<sup>1</sup> Асистент, Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду, Школска 1,  
e-mail: marinkovic@vtsns.edu.rs

## 1. УВОД

Полихлоровани бифенили (енгл. Polychlorinated biphenyls, PCB) су синтетска органска једињења, први пут индустријски произведена 1929. године у Сједињеним Америчким Државама. Укупно постоји 209 различитих PCB-а, познатих као конгенери. Због своје хемијске постојаности, ниског напона паре, мале запаљивости PCB-и су имали широку примену у различитим областима индустрије. Ове особине такође су допринеле њиховој перзистентности (постојаности) у животној средини јер су постојана у односу на природне процесе деградације. PCB због својих токсичних особина могу проузроковати озбиљно нарушавање здравља, појаву канцера, поремећаја при рођењу, болести репродуктивног и имуног система и сл. Због донедавне широке употребе ових једињења и њиховог транспорта ваздушним струјама, загађење полихлорованим бифенилима, као и другим перзистентним загађујућим материјама (нпр. DDT), данас представља проблем светских размера (United Nations 2002). Перзистентна органска загађујућа једињења се таложе у организмима живих бића, укључујући и људе стога су забрањене за употребу и морају се уклонити.

### 1.1. Закон о управљању отпадом

Према Закону о управљању отпадом [1] опасан отпад је отпад који по свом пореклу, саставу или концентрацији опасних материја може да проузрокује опасност по животну средину и здравље људи и има најмање једну од опасних карактеристика утврђених посебним прописима, укључујући и амбалажу у коју је опасан отпад био или јесте упакован. Опасан отпад који садржи полихлороване бифениле у концентрацији већој је 0,005 процентног масеног удела у смислу овог закона је PCB отпад [1]. У Србији је идентификовано 3300 тона отпада загађеног са PCB (трансформатори и кондензатори који садрже PCB и отпорници). Међутим, у Србији не постоји постројење за третман PCB отпада и овај отпад се извози на третман [3]. Прекогранично кретање отпада се одвија у складу са усвојеним принципима Базелске конвенције (1989). Министарство води базу података о прекограничном кретању отпада (увоз, извоз и транзит отпад) на основу дозволе које издаје, што се евидентира као планирана количина отпада који је предмет увоза/извоза за временски период на који је дозвола издата [4].

#### 1.1.1. Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада

Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада („Сл. Гласник РС“, бр. 56/2010) [4] прописује: Каталог отпада; Листа категорија отпада (Q листа); Листа категорија опасног отпада, према њиховој природи или активности којом се стварају (Y листа); Листа компоненти отпада који га чине опасним (S листа); Листа опасних карактеристика отпада (H листа) и Листа поступака и метода одлагања и поновног искоришћења отпада (D и R листа). У каталогу отпада, прве две цифре ознаке означавају активности у којима отпад настаје, трећа и четврта цифра означавају процес у којима отпад настаје, док пета и шеста цифра означава део процеса из којег отпад настаје. Према Каталогу отпада PCB отпад се налази у оквиру група 13, 16 и 17. Категоризација према активности у којој PCB отпад настаје и појединачне врсте отпада за полихлороване бифениле су приказани у Табели 2.



Табела 1 – Групе отпада у које се убрајају полихлорованих бифенили (Каталог отпада) [4]

Процес у којој отпад настаје	Појединачне врсте отпада	Ознака
<b>Група 13</b>		
Отпадна хидраулична уља <b>1301</b>	Хидраулична уља која садрже РСВ	<b>130101*</b>
Отпадна уља за изолацију и пренос топлоте, <b>1303</b>	Уља за изолацију и пренос топлоте која садрже РСВ	<b>130301*</b>
<b>Група 16</b>		
Отпадна возила из различитих видова транспорта (укључујући механизацију и отпади настали демонтажом отпадних возила и од одржавања возила изузев отпада од категорије 13, 14, 16, 06 и 16, <b>1601</b>	Компоненте који садрже РСВ	<b>160109*</b>
Отпади од електричне и електронске опреме, <b>1602</b>	Трансформатори и кондензатори који садрже РСВ	<b>160209*</b>
	Одбачена опрема која садржи или је контаминирана са РСВ, другачија од оне наведене у 160209	<b>160210*</b>
<b>Група 17</b>		
Остали отпади од грађења и рушења <b>1709</b>	Отпади од грађења и рушења који садрже РСВ (нпр. заптивачи који садрже РСВ, подови на бази смола који садрже РСВ, глазуре које садрже РСВ и кондензатори који садрже РСВ)	<b>170902*</b>
<p><b>Група према активности у којој отпад настаје</b></p> <p><b>Група 13</b> - Отпади од уља и остатака течних горива (осим јестивих уља и уља у смислу отпада од рафинисања нафте, пречишћавања природног гаса и пиролитичког третмана угља; отпадних уља из фотографске индустрије и отпадних уља из постројења за обраду отпада, погона за третман отпадних вода ван места настајања и припрему воде за људску потрошњу и коришћење у индустрији).</p> <p><b>Група 16</b> - Отпади који нису другачије специфицирани у каталогу</p> <p><b>Група 17</b> - Грађевински отпад и отпад од рушења (укључујући и ископану земљу са контаминираних локација)</p> <p>у каталогу отпада „*“ је описан опасан отпад</p>		

Према прилогу 2, 3 и 4 Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада („Сл. Гласник РС“, бр. 56/2010) [4] категоризација РСВ отпада је приказана у Табели 3.

Табела 2 – Категоријација РСВ отпада према Категоријама отпада, У и С листи

Прилог 2 - Категорије отпада	<b>Q12</b>	Материјали чији је првобитни састав искварен (нпр. уље загађено полихлорованим бифенилима - РСВ и др.)
Прилог 3 - У листа Листа категорија или сродних типова опасног отпада према њиховој природи или према активностима којом се стварају	<b>Y10</b>	Супстанце које садрже РСВ и/или РСТ (нпр. диелектрици и сл.).
Прилог 4 - С листа Компоненте отпада које га чине опасним уколико имају карактеристике према као што су канцероген, мутаген, екотоксичан итд.	<b>C32</b>	РСВ и/или РСТ

У Табели 4 дате су граничне вредности полихлороване бифенили у отпаду, према Прилогу 9 Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада у зависности од начина. Према прилогу 10 Листа параметара за испитивање отпада за одлагање, гранична вредност полихлорованих бифенила износи 5 mg/l, док вредност РСВ (7 конгенера) износи 1 mg/kg за отпад и процедних вода из депонија инертног отпада.

Табела 3 - Граничне вредности полихлороване бифенили у отпаду, према Прилогу 9 Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада у зависности од начина<sup>2</sup>

Врста отпада који садрже РСВ	Гранична вредност РСВ-а
Отпади који су намењени термичном третману инсинерацијом или ко-инсинерацијом.	50 mg/kg на 25 MJ/kg.
Отпади који се суспаљује као алтернативно гориво.	30 mg/kg.
Отпади који се суспаљује ради енергетског искоришћења у отпацама и остацима од пластике, папира, дрвета, текстила – високо калоријска фракција из комуналног отпада.	30 mg/kg.
Отпади од коришћења уља, растварача и лакова.	50 mg/kg.

### 1.1.2. Правилник о поступању са уређајима и отпадом који садржи РСВ

У Републици Србији Правилником о поступању са уређајима и отпадом који садржи РСВ [5] („Сл. Главник РС“ бр. 37/2011) прописано је: садржај, изглед ознаке и начин означавања уређаја који садрже РСВ и просторије или постројења у којима су смештени, као и деконтаминирани уређаји; начин одлагања РСВ или РСВ отпада, деконтаминације уређаја који садрже РСВ и методе испитивања садржаја РСВ; садржина пријаве података и регистра уређаја у употреби

<sup>2</sup> Вредности су дате на основу ниже калоријске вредности отпада. Вредност 25 MJ/kg се односи на калоријску вредност каменог угља. Ако је калоријска вредност отпада већа или мања од 25MJ/kg допустивост садржаја тешких метала и осталих загађујућих материја се мења пропорционално.

који садрже РСВ и РСВ отпада; садржина захтева за издавање дозволе за контаминацију уређаја који садрже РСВ. Уређаји који садрже РСВ обухватају сваку опрему и уређај који садржи или је садржао РСВ (нпр. трансформатори, кондензатори, посуде са остацима РСВ), а која није деконтаминирана. У случају када је уређај састављен од више електричних кондензатора, граничне вредности садржаја РСВ од  $5 \text{ dm}^3$ , представља збирни садржај РСВ из свих кондензатора. Деконтаминација обухвата све операције које омогућавају поновно коришћење, рециклажу, одлагање уређаја, објеката, материјала или течности контаминираних РСВ, под безбедним условима, може укључити замену, односно све операције којима се врши замена РСВ, одговарајућим флуидима који не садрже РСВ.

## 2. ПОСТОЈЕЋЕ МЕТОДЕ ЗА РАЗГРАДЊУ ПОЛИХЛОРОВАНИХ БИФЕНИЛА

Користи се велики број процеса за разградњу отпада загађеног полихлорованим бифенилима, а то су:

1. Сагоревање;
2. Процеси дехлоринације;
3. Пиролиза у плазми са електричним луком.

### 2.1. Сагоревање

Високотемпературно сагоревање је најчешће коришћена технологија за разградњу полихлорованих бифенила. Користи се за разградњу отпада који садржи: високе концентрације полихлорованих бифенила (течности са полихлорованим бифенилима), чврст отпад: кондензатори, трансформатори итд. и ниске концентрације полихлорованих бифенила (паковање чврстог отпада и земљишта са полихлорованим бифенилима у траговима). Процес сагоревања се одвија на температури која износи минимално  $1200^\circ\text{C}$ , у атмосфери ваздуха са најмање 6% кисеоника у вишку и турбулентном режиму струјања (Reynoldsov број  $Re > 65000$ ), при чему је према Inventory of world-wide PCB destruction capacity, 1998; (Technical Guidelines on Wastes Comprising or Containing PCBs, PCTs and PBBs, 1977), ефикасност разградње 99,9999%. Ефикасност сагоревања зависи од: времена боравка полихлорованих бифенила у комори за сагоревање, температуре процеса, турбулентног режима струјања и концентрације кисеоника. Захтева се пажљива контрола процеса, како би се емисија гасова одржала на жељеном нивоу и обезбедило ефикасно пречишћавање отпадних гасова у циљу смањења негативних утицаја на животну средину. Основни производи високотемпературног сагоревања полихлорованих бифенила су угљен диоксид, водена пара и неоргански пепео. Присутан хлор се преводи у гасовити хлороводоник, који се уклања као споредни производ сагоревања употребом опреме за контролу загађења ваздуха. Пепео који настаје уклања се са дна коморе и безбедно складишти. Течности и муљ у суспендованом стању убацују се пумпама у постројења за сагоревање. У случају чврстог отпада понекад се захтева претходна припрема, и то путем:

- Механичке обраде (нпр. сечење трансформатора и кондензатора на мање делове) или
- Паковања чврстог отпада и муљева у бубњеве и њиховим увођењем у комору за сагоревање кроз канал под нагибом.

Сагоревање може да се изводи:

- У постројењима која су пројектована специјално за разградњу полихлорованих бифенила и других хлорованих отпада или
- У већ постојећим постројењима, која се убацују за термичку обраду других материјала (нпр. цементна пећ).

Типови пећи које се могу користити за сагоревање отпада који садрже полихлороване

бифениле су: ротационе; са течним ињектовањем, са сагоревањем у стационарном пољу; са сагоревањем у флуидизованом слоју и цементне.

Иако је сагоревање најчешће коришћени поступак за разградњу и разарање отпада загађеног полихлорованим бифенилима (Schwedt, 2001), при његовој примени посебна пажња се мора посветити смањењу и спречавању емисије насталих загађујућих материја у животну средину [6].

## 2.2. Процеси дехлоринације

Процеси дехлоринације се користе ради рециклаже и поновне употребе уља без хлороа (Inventory of world wide PCB destruction capacity, 1998; Technical Guidelines on Wastes Comprising or Containing PCBs, PCTs and PBBs, 1997). У ове процесе спадају:

- хемијска дехлоринација;
- хидрообрада/хидрогенавање;
- електронске реакције у раствору.

У основи хемијске дехлоринације су реакције полихлорованих бифенила са органски везаним металима (натријум нафтаљеном или натријум политиленгликолом) или са оксидима или хидроксидима алкалних метала. У току реакције долази до делимичне разградње молекула и одвајања атома хлора од остатка молекула. Процес се препоручује и комерцијално се препоручује за обраду течних отпада са високим садржајем полихлорованих бифенила и трансформаторских уља са садржајем конгенера од неколико стотина до неколико хиљада ppm. Употребљени реагенс не утиче на састав базне основе уља, него омогућава одвајање атома хлора од молекула бифенила, градећи остатак који може да се издвоји физичком сепарацијом. Хлор се у току процеса преводи у неорганске соли, које се издвајају из органске фракције филтрацијом или центрифугирањем. Реакција се одвија у инертној атмосфери, да би се смањило ризик од пожара и у одсуству воде, тј. отпад се претходно суши загревањем. Процес се може изводити чак и док је трансформатор у раду, тако да затворен циклус разарањем полихлорованих бифенила постаје могућ.

Хидрообрада је процес обраде уља са полихлорованим бифенилима (течни отпад) водоником у гасовитом стању под високим притиском у присуству катализатора. Хлоровани угљоводоници се разлажу на метан и хлороводоничну киселину, која се проводи у раствор соли испирањем са каустичном содом. Производњом водоника из метана, избегава се потреба за додатним извором водоника тј. његовим допремањем и производњом изван постројења. Производњом унутар постројења повећава се број операција, тј. процеса, што додатно утичне на цену коштања хидрообrade. Електронске реакције у раствору се примењују на загађено земљиште, који садрже до 25% воде и на металне делове чврстог отпада. Процес се одвија у ротирајућем реактору, под притиском, у присуству течног амонијака. Реакцијом дехлоринације у присуству алкалних и земноалкалних метала (најчешће калцијума), полихлоровани бифенили се преводe у угљоводонике, а хлор се везује за метале дајући хлориде метала. Амонијак се пречишћава у циљу поновног коришћења, а обрађено земљиште се може вратити на локацију са које је узето [6].

## 2.3. Пиролиза у плазми са електричним луком

За обраду хлорованих органских једињења и другог отпада примењује се пиролиза у плазми са електричним луком. Електрични лук представља извор топлоте у процесу пиролизе у плазми у којој долази до разлагања отпада на атоме због изузетно високе температурне плазме, од 5000 до 15000°C. Предност овог поступка је могућност његовог заустављања и поновног покретања у врло кратком времену од само неколико секунди (Inventory of world-wide PCB destruction capacity, 1998).

### 3. ЗАКЉУЧАК

У овом раду је разматран Закон о управљању отпадом који садржи РСВ у члановима 48, 52, 53 и 100. Посебно су разматрани Правилник о категоријама, испитивању, класификацији отпада, Правилник о поступању са уређајима и отпадом који садржи РСВ као и постојеће методе за разградњу полихлорованих бифенила.

### 4. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закона о управљању отпадом, Члану 5 („Сл. Гласник РС“ бр. 36/2009 и 88/2010)
- [2] Маринковић В, Шкрбић Б.: (2017) Примена анализе главних компоненти у истраживању загађујућих једињења у животној средини, *Ризик и безбедносни инжењеринг*, Копаоник, 2017. стр. 273-280.
- [3] Стратегија управљања отпадом за период од 2010 до 2019 године („Сл. Гласник РС“ бр. 29/10)
- [4] Правилник о категоријама, испитивању и класификацији отпада („Сл. Гласник РС“ бр. 56/2010), Прилог 1 Каталог отпада.
- [5] Правилником о поступању са уређајима и отпадом који садржи РСВ („Сл. Главник РС“ бр. 37/2011)
- [6] Биљана Шкрбић, Полихлоровани бифенили, Технолошки факултет, Универзитета у Новом Саду, 2000.

Душан ГАВАНСКИ<sup>1</sup>

Звонимир БУКТА<sup>2</sup>

## ЗНАЧАЈ СТРУКТУРЕ ФАКТОРА РИЗИКА У УПРАВЉАЊУ РИЗИКОМ

**Резиме:** Побољшање квалитета управљања ризиком могуће је постићи свеобухватном анализом како саме квалитативно-квантитавне процене ризика тако и анализом свих појединачних утицајних фактора који чине ризик тако и фактора који нису директно обухваћени изабраном методом за процену ризика. Рад је допринос увођењу неких нових показатеља који би побољшали процену ризика већ познатих нумеричко – атрибутивних метода. Кориговане - допуњене методе процене ризика омогућиле би спровођење конкретнијих управљачких акција у унапређењу и одржавању преосталих (резидуалних) ризика. Методе је могуће побољшати структурирањем утицајних фактора ризика на безбеднос и здравље на раду.

**Кључне речи:** ризик, управљање ризиком, утицајни фактори, метода процене ризика

## IMPORTANCE OF RISK FACTOR STRUCTURE IN RISK MANAGEMENT

**Summary:** Improving the quality of risk management can be achieved through a comprehensive analysis of the qualitative and quantitative risk assessment as well as the analysis of all individual risk factors and factors that are not directly covered by the selected risk assessment method. Work is contributing to the introduction of some new indicators that would improve the risk assessment of already known numerical-discriminatory methods. The corrected risk assessment methods would enable the implementation of more specific management actions in the improvement and maintenance of residual (residual) risks. Methods can be improved by structuring influential risk factors to safety and health at work.

**Key words:** risk, risk management, influential factors, risk assessment method

---

<sup>1</sup> Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду.

<sup>2</sup> Висока техничка школа струковних студија у Новом Саду.

## 1. УВОД

Битан задатак послодавца према запосленим лицима је повећање нивоа безбедности и здравља на раду. Задатак се може остварити смањењем или елиминисањем опасности. Законодавац Републике Србије је донео низ Закона и Правилника који правно регулишу ову проблематику. У стратегији развоја РС један од приоритетних задатака је повишења нивоа безбедности на раду запослених лица.

Остваривање постављеног задатка ствара базу за хуманизацију рада, чиме се обезбедити квалитет живљења, како запослених тако и чланова њихових породица. Величина трошкова пословања, како за државу тако и за појединце се врло значајно смањују што на посредан начин повишава квалитет живљења запослених и њихових породица.

Трошкови за Републику Србију настали услед лечења, рехабитације или трајног инвалидитета запослених услед повређивању на раду не могу се тачно утврдити али подаци Европске уније указују на велике своте новца. У анализи последица повређивања на раду, непроцењива трагедија је губитак људских живота. Из поменутог ЕУ је као један од битних стратешких циљава поставила повишење нивоа безбедности на раду запослених у организацијама рада, свих врста делатности од најсложенијих до најједноставнијих процеса рада.

ЕУ је израчунала трошкове у њиховим чланицама, те је такође поставила безбедност и здравље на раду као врло битну стратешку одредницу.

Истраживања и искуства из ове области показују да само процена ризика по некој од признатих метода није довољна за остваривање максималне безбедности на раду. Процедура процене ризика дефинисана је Правилником [2] и обавезујућег је карактера. Да би ризик на радном месту и радној околини био под контролом послодавца и одговорног лица у организацији рада, ризиком се мора управљати перманентно и систематски, све време постојања тог радног места и радне околине.

Управљање ризиком значи интегрисати све активности на утврђивању, одржавању и повишењу нивоа безбедности на радном месту и радној околини.

## 2. ЦИЉ РАДА

Повећање нивоа безбедности посматрајући већи број утицајних фактора на превенцију појаве опасности и штетности у току рада.

## 3. УПРАВЉАЊЕ РИЗИКОМ

Управљање ризиком мора се одвијати итертивним поступком док се не дође до оптималног тј. минималног ризика на радном месту и радној околини. У раду је дата процедура заснована на искуству аутора, а у складу са законском процедуром и добром инжењерском праксом. Процедура је формирана у низ уређених активности свих повезаних учесника у процесу који има за циљ минимизацију опасности и штетности на радном месту и радној околини.

Правилником [2] се одређују обавезујуће активности у поступку процена ризика и нису предмет обраде теме рада.

У *првом кораку* врши се процена ризика по једној или више познатих и признатих нумеричко-атрибутивних метода. Готово све методе процене ризика узимају комбинацију:

- вероватноћа настанка повреде,
- временски интервал изложености опасности,

- тежина повреде и
- број радника изложени истовремено истој опасностима на посматраном месту.

Процена вероватноће настанка повреда услед појаве опасности на радном месту или радној околини захтева од учесника у процени:

- поседовање личног искуства,
- познавање добре инжењерске праксе и
- познавање резултата научних истраживања компетентних научних установа.

Познавање информација добре инжењерске праксе могу се пронаћи у стручној литератури, на стручним скуповима (зборници радова) и на ауторизованим web сајтовима.

Податке садржане из добре инжењерске праксе и научних публикација се анализирају за свако радно место или радну околину и у конкретном случају се уграђују у процену ризика. Не постоји могућност опште процене ризика за радно место или радну околину, већ се процена ризика конкретизује од случаја до случаја.

На пример: грађевински радници који раде на скели без обзира да ли примењују исте безбедносне методе при раду и користе исту заштитну опрему и иста заштитна средства нису изложени истом ризику. На ризик ће утицати стручност и мотивисаност радника, климатски услови, конструкција и квалитет монтиране скеле, врста послова које обавља на скели, нарочито локација грађевинског објекта и још низ других околности.

Тежина повреде се обавезно утрђује при процени ризика и у пракси њих препознаје процењивач. Аутори рада сматрају да је то грешка, већ би квалификацију тежине повреде обавезно морало да уради компетентно стручно лице, а то је лекар специјалиста службе медицине рада.

Тим за процену ризика чине експерти из стручних области које повезује радно место, односно радна околина. Процена ризика мора узети у обзир стварно стање на радном месту и радној околини. Нарочито се то односи на коришћена средства рада, припадајуће опреме и употребе личне заштитне опреме. Нарочито се мора обратити пажња на стручну компетентност и обученост за безбедан рад извршиоца на одабраном радном месту. Врло значајан фактор који утиче на вероватноћу повређивања је исправност и/или могућност злоупотребе коришћења те опреме. Добијена нумеричко-атрибутивна оцена ризика упозорава на ниво опасности на дотичном радном месту и радној околини процењивача и одговорно лице у организацији.

У *другом кораку* врши се комплексна анализа стања безбедности и предузимају се корективне мере на смањењу опасности и штетности. Потребно је сагледати у свету позната решења на побољшању стања безбедности:

- безбедност конструкције коришћених средстава рада (примена заштитника и безбедносних уређаја);
- техничка исправност средстава рада (постојање извештаја о стручном налазу опреме и радне околине);
- у случају појаве изненадног отказа средстава рада и припадајуће опреме аутомаско заустављање свих покретних компонената конструкције (пример: уградња блокада);
- унапређење безбедносних метода рада (постојање процедура понашања запослених на посматраном радном месту);
- минимизирати могућност злоупотребе од стране запосленог при експлоатацији посматраног средства рада (пример: уградњом различитих врста блокада или санкционисањем непридржавања безбедносних метода рада);



- успоставити тешњу сарадњу са службом медицине рада;
- обавити сва неопходна мерења климе у просторијама, буке, светла, нивоа загађења, електрична мерења, мерења пожарног оптерећења, утврдити ниво експлозивног оптерећења;
- уградити јављаче пожара, индикаторе појаве отровних и загушљивих материјала, неопходну вентилацију (довод свежег и одвод загађеног ваздуха);
- постављање сигнализације на транспортним путевима у простору организације;
- постављање упутства за безбедан рад (симболима, текстуално, светлосним и звучним упозорењима);
- перманентно обављати обуке са запослених од стране компетних експерата;
- задужити одговорно лице и временске рокове за спровођење, одржавање и унапређење безбедности на раду;
- итд.

Након спроведених свих неопходних превентивних мера поново спровести процену ризика по истој нуерички-атрибутивној методи.

#### **4. ДОПУСКИ ФАКТОРИ КОЈИ СУ ОД УТИЦАЈА НА БЕЗБЕДНОСТ НА РАДУ**

Истраживања и искуства, међутим показују да само процена ризика по некој од познатих нумеричко - атрибутивној методи није довољна за побољшање нивоа безбедности на раду на радном месту и у радној околини.

Аутори рада сматрају да није довољно обавити процену ризика по некој од удвојеним метода, већ је потребно узети у обзир још читав низ фактора, који би допринели смањеној или елиминисању повреда на раду. Да би се смањиле или елиминисале повреде на раду, неопходно је извршити врло комплексну анализу свих фактора који утичу на настанак повреде и уградити у акт о процену ризика у датог организацији. У првом кораку врши се процена ризика по једној од, у свету признатих метода. Све методе су комбинација нумеричко-атрибутивног карактера.

Управа за безбедност и здравље на раду, при Министарству за рад, запошљавање, борачка и социјална питања Републике Србије, већ дуги низ година уназад праве анализу под називом „Извештај о раду“. Извештај је врло студиозан и анализира повреде на раду које могу послужити појединцима и институцијама, које се баве ризиком на раду.

У раду ће бити приказане неке анализе рађене у последње три године и дати објашњење о значају таквих анализа. Анализе су приказане табеларно и могу се поредити.

У извештају су табеларно приказан различити подаци везани за повреде на раду. Да би се сагледали бројни фактори који утичу на директан или индиректан начин на повишење нивоа безбедности на раду и здравља на раду потребно је анализирати повреде на раду у сагледавајући:

- извор настанка повреде,
- узрок настале повреде,
- повреде које настају према делу дана, дана у недељи или месецу у години,
- старосна доб повређеног,
- пол повређеног,
- повреде на раду према повређеног делу тела и
- специфичности временских услова итд.

Анализирајући Табелу бр 1 може се заључити да је број повреда на почетку радне недеље највећи, средином недеље најмањи да би, изузимајући суботу и недељу, крајем радне недеље се поново повећао број повреда. Наведена анализа омогућава да процењивач ризика узме оу обзир вероватноћу различитост ризика у току радне недеље. Различитост броја повреда током радне недеље указује да се на различит начин приступа у превенцији ради повишења нивоа безбедности.

Табела 1 – Преглед повреда на раду према дану у седмици

Година	2015		2016		2017	
Дан у седмици	број	%	број	%	број	%
понедељак	135	18,52	147	19,07	166	18,30
уторак	108	14,81	134	17,38	149	16,43
среда	104	14,27	137	17,77	155	17,09
четвртак	121	16,60	111	14,40	143	15,77
петак	129	17,70	129	16,73	157	17,31
субота	55	7,54	74	9,60	67	7,39
недеља	54	7,41	39	5,06	50	5,51
без податка	23	3,16	-	-	20	2,21
<b>Укупно:</b>	<b>729</b>	<b>100,00</b>	<b>771</b>	<b>100,00</b>	<b>907</b>	<b>100,00</b>

Табела 2 указује да број повреда знатно варира са годинама живота. Почетници у раду из, вероватно несигурношћу у раду због неискуства, су опрезнији, док са повећањем старосног доба расте самопоуздање али и лажно самопоуздање се више поређују. На крају старосног доба се поново се повећава опрезност и нестаје та лажна самоувереност. Оваква анализа указује на различитост ризика на раду, за исте послове, од животног доба.

Табела 2 – Преглед повреда на раду према старосној доби повређеног-е у тренутку када је претрпљена повреда

Година	2015		2016		2017	
Старосна доб повређеног	број	%	број	%	број	%
млађи од 18	0	0,00	0	0,00	0	0,00
од 18 до 24	39	5,35	33	4,28	38	4,19
од 25 до 29	65	8,92	69	8,95	81	8,93
од 30 до 49	357	48,97	372	48,25	432	47,63
старији од 50	246	33,74	297	38,52	344	37,93
без податка	22	3,02	-	-	12	1,32
<b>Укупно:</b>	<b>729</b>	<b>100,00</b>	<b>771</b>	<b>100,00</b>	<b>907</b>	<b>100,00</b>

## 5. КРИТИЧКИ ОСВРТ НА ИЗВЕШТАЈ

Прво што се може уочити да из годину у годину има све више евидентираних повреда. Може се закључити да су били тежи услови рада, рад на више неисправних или више злоупотреба у коришћењу средстава рада или је прецизније вођена евиденција о повредама на раду.

Посебно се можемо осврнути на податак о повредама на раду у пољопривреди. Уколико је то пољопривредна организација евиденција је обавезна, али ако је пољопривредно газдинство обавеза вођење евиденције није обавезно.

Различитос послова и услова обављања радних задатака захтева анализу истовременог утицаја на безбедност већег броја фактора.

## 6. ЗАКЉУЧАК

Анализирајући остале поменуте факторе, који утичу на ниво ризика, а тиме и на смањење или повећање ниво безбедности, могу се добити реалније процене ризика. Свеобухватније, а тиме и реалније процене ризика стварају претпоставку о повећању безбедности на раду. Повећање безбедности на раду омогућава смањења броја и тежине повреда.

Такав приступ свих заинтересованих чинилаца у Републици Србији повећао би квалитет живљења грађана и смањење трошкова како појединца тако и државе.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Закон о бедности и здрављу на раду („Службени гласник РС”, бр. 101/05 и 91/151)
- [2] Правилник о начину и поступку процене ризика на радном месту и у радној околини (“Сл. Гласник РС, бр. 72/2006, 84/2006 – исп. 30/2010 и 102/2015)
- [3] Prof. dr Slobodan Savić: Veštačenje telesnih povreda - kvalifikacija i klasifikacija povreda, Beograd (www.ius.bg.ac.rs)
- [4] З. Букта, Ц. Шмања: „Повећање безбедности на раду применом безбедносних метода рада“ МНК Безбедносни инжењеринг, Нови Сад, 2014.

Zoran VUČINIĆ<sup>1</sup>

Marko HUZAK<sup>2</sup>

Marijan BROZOVIĆ<sup>3</sup>

## ANALIZA OZLJEDA NA RADU HP – HRVATSKA POŠTA D.D.

**Sažetak:** U radu se analiziraju ozljede na radu za period 2013-2017. godina s obzirom na uzrok nastanka ozljeda i izgubljeno radno vrijeme. Analizirani podaci biti će značajni za poduzimanje određenih mjera i aktivnosti radi smanjenja istih.

**Ključne riječi :** Pošta, ozljede na radu, izvori ozljeđivanja, izgubljeno radno vrijeme

## ANALYSIS OF INJURIES AT WORK HP – HRVATSKA POŠTA D.D.

**Summary:** The paper deals with injury at work for the period 2013-2017, giving the cause of injuries and loss of working time. The analyzed data will be significant for taking certain measures and activities to reduce them.

**Key words:** Post Office, Work Injuries, Sources and Ways of Injury, Lost Business Hours

### 1. UVOD

Osnovna djelatnost HP-Hrvatske pošte d.d. (u daljnjem tekstu: Pošta) odnosi se na zaprimanje, razradu i uručenje svih poštanskih pošiljaka na području Republike Hrvatske. U poštanskim uredima diljem zemlje korisnicima se pružaju ne samo poštanske nego i brojne financijske usluge te im je na raspolaganju i bogata ponuda maloprodajnog asortimana. Razvoj novih usluga, proaktivna prodaja, uvođenje novih proizvoda te orijentiranost prema kupcu samo su neke karakteristike zbog kojih je Pošta danas prepoznata kao tvrtka koja prati i razvija kvalitetne usluge za sadašnje i buduće potrebe svojih korisnika

Hrvatska pošta d.d. trenutno zapošljava 9923 radnika, od toga 3808 šalterskih radnika te 3186 poštara. U svom sastavu ima 1016 poštanskih ureda, 2135 šaltera, 1080 vozila, 2189 motocikala, 210 bicikala te 180 električnih bicikala. Djelatnost: 5310, pružanja univerzalnih poštanskih usluga.

Poslovi zaštite na radu provode se unutar Odjela zaštite na radu, zaštite od požara i ekologije (u daljnjem tekstu: Odjel ZNR), a koji pripada Uredu za korporativnu sigurnost, kao jednom od ureda Uprave.

Danas se poslovi zaštite na radu rade zajednički, unificirano, na istim obrascima, definirani istim procesima, te se sve aktivnosti zaštite na radu provode i prate za kompletnu Poštu kao jedinstvenu kompaniju. Od velike važnosti jest i uvođenje informacijskih tehnologija u poslove zaštite na radu, a što je rezultiralo automatiziranjem i usklađivanjem cijele mase podataka koji se prate i evidentiraju u poslovima zaštite na radu Pošte.

<sup>1</sup> struc.spec.oec., Veleučilište u Karlovcu, zoran.vucinic@ciak.hr

<sup>2</sup> bacc.ing.sec., Veleučilište u Karlovcu

<sup>3</sup> dipl.ing., Veleučilište u Karlovcu, marijan.brozovic@vuka.hr

## 2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

### 2.1. Problem

Istraživanjem se nastoji utvrditi koje se ozljede na radu pojavljuju u djelatnosti pružanja poštanskih usluga na odabranom primjeru (Hrvatska pošta), te da li postoji mogućnost sustava zaštite na radu i sprečavanje ozljeda u toj djelatnosti.

### 2.2. Cilj

Osnovni cilj istraživanja je uvidjeti koje se ozljede na radu učestalo događaju u djelatnosti pružanja poštanskih usluga te koliko je izgubljeno dana zbog nastalih ozljeda.

### 2.3. Hipoteza

1. Za pretpostaviti je da s obzirom na organizaciju i unapređivanje zaštite na radu, da će broj ozljeda u promatranom razdoblju opadati.

2. Uzrok znatnog dijela ozljeda i gubitka radnih sati su razbojništva i ugizi pasa, na koje poslodavac teško može utjecati.

### 2.3. Zadaci

Istražiti koje su to ozljede, njihov uzrok te broj izgubljenih radnih dana zbog ozljeđivanja radnika.

### 2.4. Metode

Istraživanje se temelji na dobivenim podacima koji su uzeti iz Godišnjih izvješća o ozljedama na radu i profesionalnim bolestima radnika na radu. Koristiti će se metode analiza sadržaja i statistička metoda za obradu podataka.

### 2.5. Uzorak

Uzorak uzet za ovo istraživanje je Hrvatska pošta čiji podaci su analizirani u zadnjih pet godina koje se odnose na sva radna mjesta.

## 3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U ovoj analizi uzete su obzir sve ozljede koje je Pošta prijavila nadležnom Hrvatskom zavodu za zdravstveno osiguranje – HZZO (u daljnjem tekstu: Zavod) u promatranom razdoblju koje su priznate kao ozljede na radu ili ozljede nastale u vezi s radom od istog Zavoda, bilo u prvostupanjskom ili drugostupanjskom postupku.

Tablica 1 – Prikaz ozljeda na radu 2013-2017.g.

		2013	2014	2015	2016	2017	UKUPNO
Ozljede prema spolu	M	259	223	177	143	107	909
	Ž	202	152	104	103	82	643
	Ukupno	461	375	281	246	189	1552
Broj ozlijeđenih radnika u radnom procesu		166	149	109	125	96	645
Broj ozlijeđenih radnika na putu s posla i na posao		53	39	31	25	24	172
Broj ozlijeđenih radnika od ugriza psa		115	105	48	18	12	298
Broj ozlijeđenih radnika od razbojništva		127	82	93	78	57	437

Iz tablice se uočava da je daleko više ozlijeđeno muškaraca u odnosu na žene, što se objašnjava prirodom posla gdje više radi muške radne snage. Najviše ozljeda dogodilo se za vrijeme rada. Zabrinjavaju ozljede koje su nastale zbog ugriza psa. U stupcu «ugriz» psa prikazane su sve ozljede koje su nastale bilo zbog ugriza psa, što je i bio slučaj u većini ovih ozljeda ili zbog napada psa. U slučajevima napada psa radilo se o padu poštunoše s mopeda/bicikla, psu koji je podletio pod motor ili padu poštunoše s mopeda/bicikla zbog pokušaja izbjegavanja sudara sa psom. Ovo postaje sve veći problem za poštare, i trebati će se tražiti u društvu adekvatnije mjere za vlasnike pasa, kako do toga ne bi dolazilo. Slična je situacija i sa ozljedama koje nastaju zbog razbojništava. Poštari nose i novac i stalno su izloženi životnim opasnostima od nasilnika koji znaju da su isti nezaštićeni i da nemaju nikakvih mogućnosti da zaštite svoj život i novac koji se nalazi u njihovim poštanskim torbama ili na šalterima kod službenika. Veće pošte imaju sada osobe koje su zadužene za sigurnost radnika u zgradi, dok terenski poštari nemaju nikakve sigurnosti i za ovu vrstu ugrožavanja, trebati će tržiti tehničke mogućnosti zaštite ove vrste radnika (stalni elektronski nadzor radnika pri obavljanju poslova čime bi se pravovremeno uočile opasnosti i brzo bi se istima moglo pomoći. Na ove ozljede služba zaštite na radu ne može gotovo nikako utjecati jer iste ulaze u tjelesno-tehničku zaštitu.

Tablica 2 – Prikaz izgubljenog vremena 2013-2017.g.

Uzrok nastanka ozljede	IZGUBLJENO RADNO VRIJEME										Ukupno	
	2013		2014		2015		2016		2017			
	Radnih sati	Radnih dana	Radnih sati	Radnih dana	Radnih sati	Radnih dana	Radnih sati	Radnih dana	Radnih sati	Radnih dana	Radnih sati	Radnih dana
U radnom procesu	60808	7601	58104	7263	46528	5816	56328	7041	51520	6440	273288	34161
Na putu	17968	2246	17208	2151	11256	1407	12656	1582	7608	951	66696	8337
Ugriz psa	1456	182	1992	249	832	104	4176	522	944	118	9400	1175
Razbojništvo	45016	5627	46704	5838	46616	5827	63888	7986	31728	3966	233952	29244
ukupno	125248	15656	124008	15501	105232	13154	137048	17131	91800	11475	583336	72197

Iz analize tablice uočava se da je u petogodišnjem razdoblju izgubljeno 72.197 radnih dana, odnosno 583.336 radnih sati. Najmanje je izgubljenih radnih dana bilo u 2015. godini a najviše u

2013. godini. Posebno su značajna gubljenja radnog vremena istaknuta zbog razbojništava i ugriza pasa, što čini 42,13% od ukupno izgubljenog vremena. Osim materijalnih gubitaka, veoma značajne su posljedice sa zdravstvenog i psihičkog aspekta koji ostaju dugoročno u životima tih osoba.

#### **4. ZAKLJUČAK**

Iz navedenih podataka može se zaključiti da su ozljede na radu uvijek mogu dogoditi te se iste događaju. No, vidljivo je da je u Hrvatskoj pošti d.d. u promatranom razdoblju smanjen broj ozljeda na radu sa 461 koliko ih je bilo u 2013. godini na 189 koliko ih je bilo u 2017. godini. U promatranom razdoblju od 5 godina broj ozljeda se smanjio za 272 ozljede, odnosno za 59%.

U promatranom razdoblju od pet godina (od 2013. do 2017. godine) dogodile su se 1552 ozljede na radu. Prosječno se dogodilo oko 310 ozljeda godišnje. Najčešće su se događale ozljede čiji je uzrok bio: u radnom procesu, na putu, ugriz psa i razbojništvo.

Prosječno je po ozljedi na radu izgubljeno oko 375 radnih sati, odnosno 46 radnih dana.

Iz prikazanih podataka i zaključaka vidljivo je da, je najviše radnih sati i radnih dana zbog ozljeda na radu izgubljeno zbog ozljeda kojima je uzrok bio radni proces i razbojništvo.

Zaštita na radu u HP-Hrvatska pošta d.d. provodi se sukladno svim pravilima, zakonima i normama, te da broj ozljeda na radu u znatnijem opadanju. Najvažnije od svega je da oko 40% izgubljenih radnih sati i radnih dana zbog ozljeda na radu zauzimaju ozljede kojima je uzrok razbojništvo, te poslodavac ne može utjecati ni na koji način na protupravno djelovanje treće o Analiza ozljeda na radu u Hrvatskoj pošti d.d. pokazala je da se uvođenjem promjena kako na razini organizacije tako i na razini mikroorganizacije poslovi mogu unaprijediti i poboljšati.

Procjenom rizika moraju se predvidjeti mjere kako bi se rizici za zdravlje i sigurnost radnika otklonili ili sveli na minimum. Pri tome je važna suradnja svih dionika, od uprave, rukovoditelja do svakog pojedinog radnika koji trebaju prihvatiti da je zaštita na radu sastavni dio poslovnog planiranja, organizacije i izvođenja procesa rada, odnosno da je prevencija rizika na radu obvezni dio radne kulture.

Prisutan je problem postupka prijave ozljede na radu u određenim slučajevima kada je teško odrediti stupanj težine ozljede. Zbog toga bi bilo korisno od strane specijalista medicine rada izraditi konkretnije upute kako bi se moglo po istima postupati te otkloniti nesporazume koji se pojavljuju, a nisu uvjetovani namjerom već nesigurnošću ocjene u trenutku nastanka određene ozljede.

#### **5. LITERATURA**

[1] Godišnja izvješća o ozljedama i profesionalnim bolestima radnika na radu

[2] <https://www.posta.hr>, pristupljeno 04.04.2018.

[3] Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14, NN 118/14, NN 154/14

Nenad MUSTAPIĆ<sup>1</sup>

Nikola TRBOJEVIĆ<sup>2</sup>

Jovan VUČINIĆ<sup>3</sup>

## ANALIZA OBRAZOVNOG SUSTAVA IZ ZAŠTITE NA RADU ZA PRODAVAČA

**Rezime:** U ovom radu kroz analizu nastavnih planova za obrazovanje za prodavača nastojati će se utvrditi da li je u istima dovoljno zastupljen sadržaj zaštite na radu za ovaj profil zanimanja..

**Ključne riječi:** obrazovanje, nastavni plan i program, zaštita na radu, prodavač

## ANALYSIS OF THE EDUCATION SYSTEM FOR SALESMEN

**Summary:** In this paper, through the analysis of the curriculum for salesmen, it will be defined whether the occupational safety features are present for this occupational profile.

**Key words:** education, curriculum, occupational safety, salesman

### 1. UVOD

Multidisciplinarnost zaštite na radu obuhvaća dvije ili više znanosti koji se bave jednim problemom, a svaka znanost isti problem istražuje za sebe i kao takve neovisne su jedna o drugoj. U interdisciplinarnom pogledu zaštita na radu obuhvaća različite discipline koje spajaju saznanja i teorije različitih znanosti da bi se spojile u jednu zasebnu, ali širu cjelinu.

Mnogi misle da u trgovina nema nikakvih rizika za prodavače na radnim mjestima. Međutim mnogo radnika – prodavača se susreće sa svakodnevnim rizicima od ozljeđivanja. Zbog toga je zaštita na radu od velike važnosti u svojoj primjeni u navedenoj djelatnosti. Zaposlenici koji ne slijede sigurnosne smjernice mogu se naći u velikim opasnostima. Zaposlenici moraju znati kako se zaštititi i što za njega znači primjena zaštite na radu.

Slijedom navedenog zaštita na radu kao takva neizostavna je u znanosti o obrazovanju za koju se veže nekoliko zakona o obrazovanju. Redovno školovanje regulirano je Zakonom o odgoju i obrazovanju u osnovnoj i srednjoj školi [1] i Zakonom o strukovnom obrazovanju [2], a programi prekvalifikacije definirani su Zakonom o obrazovanju odraslih [1].

Osposobljavanje radnika kod poslodavca propisano je Zakonom o zaštiti na radu [3] i Pravilnikom o osposobljavanju iz zaštite na radu i polaganju stručnog ispita [4] koje se mora temeljiti na izrađenoj procjeni rizika sukladno Pravilniku o izradi procjene rizika [5].

Radi li se o srednjoškolskom obrazovanju, prekvalifikacijama ili osposobljavanju za zaštitu na radu koje provode poslodavci, odnosno pravne osobe, svim je sustavima zajedničko da moraju imati izrađen plan i program obrazovanja, odnosno osposobljavanja. Jedina je razlika što se plan i program osposobljavanja kod poslodavca treba temeljiti na izrađenoj procjeni rizika i uputama proizvođača radne opreme.

<sup>1</sup> dr.sc., Veleučilište u Karlovcu, nenad.mustapic@vuka.hr

<sup>2</sup> dr.sc., Veleučilište u Karlovcu, nikola.trbojevic@vuka.hr

<sup>3</sup> dr.sc., Veleučilište u Karlovcu, jovan.vucinic@vuka.hr



## **2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA**

### **2.1. Izbor problema za istraživanje**

Izbor problema proizlazi iz velikog broja ozljeda na radu koje utječu na kvalitetu života i koje se prije svega odražavaju na zdravlju radnika, a zatim i na njegovu obitelj, poslodavca i na cijelo društvo. Drugim riječima, obrazovanje mora obuhvatiti, osim primarnog cilja, sekundarni cilj, a to je da osoba kroz svaki oblika obrazovanja mora biti upoznata s rizicima na mjestu rada, prevencijom i mjerama zaštite. Govori li se o mjestu rada, poslodavac ima obavezu upoznati radnika s procjenom rizika i svim mjerama zaštite te ga osposobiti za rad na siguran način. Sagleda li se detaljno takav problem, očito je da on ne postoji isključivo u obrazovnim institucijama, već i kod poslodavaca. Važno je pronaći vezu između osposobljavanja iz zaštite na radu u obrazovnim ustanovama i poslodavaca koji trebaju ulagati u očuvanje i zaštitu zdravlja radnika sukladno temeljnom Zakonu o zaštiti na radu.

### **2.2. Cilj i zadatci istraživanja**

Cilj rada je dokazati da se u srednjoškolskom obrazovanju, programima prekvalifikacije i u drugim oblicima osposobljavanja učenici, budući djelatnici ili već zaposlene osobe nisu dovoljno upoznati s opasnostima, štetnostima i naporima te primjenom osnovnih i posebnih mjera zaštite na radu.

### **2.3. Metode**

Za izradu rada korištene su metode analize, metode intervjua, deskripcije i statistička metoda.

### **2.4. Hipoteza**

Obrazovni sustav iz područja zaštite na radu nije usklađen sa Zakonskim regulativom odnosno da kurikulum srednjoškolskog obrazovanja nije usklađen sa stvarnim rizicima na mjestu rada.

## **3. PRIKAZ REZULTATA RADA**

### **3.1. Analiza zakona i podzakonskih akata iz zaštite na radu**

Zakonom o zaštiti na radu jasno je propisano tko, kada i kako može i mora provoditi osposobljavanje radnika na mjestu rada. No kada se radi o učenicima, tj. budućim radnicima, osposobljavanje iz područja zaštite na radu ne provode stručnjaci zaštite na radu ili ovlaštene osobe, već učenici znanja o opasnostima, štetnostima i naporima iz svog zanimanja stječu u obrazovnim ustanovama, odnosno srednjim školama ili u programima prekvalifikacija. Temeljni je zakon u tom području Zakon o agenciji za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih koji propisuje djelatnosti Agencije. Potrebno je istaknuti da Agencija radi na unapređivanju sustava strukovnog obrazovanja i obrazovanja odraslih te izrađuje strukovne kurikulume i daje stručna mišljenja na prijedloge drugih predlagatelja, provodi osposobljavanje i stručno usavršavanje zaposlenih u sustavu strukovnog obrazovanja i obrazovanja odraslih. Srednjoškolsko obrazovanje provodi se kurikulumom u kojem je obuhvaćena i zaštita na radu za učenike.

Zakonom o odgoju i obrazovanju u osnovnoj i srednjoj školi, propisano je da nastavni plan i program strukovnih škola sadrži zajednički općeobrazovni program, posebni stručni i fakultativni program. Istim Zakonom propisano je da ministar Pravilnikom u strukovnim školama propisuje način organiziranja teorijske i praktične nastave. Programom obrazovanja odraslih stječu se znanja, vještine i sposobnosti za radu u struci.

Zakon o strukovnom obrazovanju uređuje srednje strukovno obrazovanje, osposobljavanje i usavršavanje. Završetkom strukovnog obrazovanja stječu se kompetencije potrebne za dobivanje strukovnih kvalifikacija.

Zakonom o obrtu propisano je da učenik praktičnu nastavu može odraditi kod obrtnika koji su položili majstorski ispit i ispit kojim dokazuju osnovna znanja o poučavanju učenika. Da bi obrtnik ili poslodavac mogao primiti vježbenika, odnosno učenika na praktičnu nastavu, mora zadovoljiti i druge tehničko, materijalne i kadrovske uvjete što je propisano i Pravilnikom o postupku i načinu izdavanja dozvola za izvođenje praktične nastave i vježbi naukovanja. Tim se Pravilnikom uređuje organizacija nastave u obrtničkim i strukovnim školama, provedba praktičnog dijela kurikuluma kod poslodavca te postupak i način provedbe ispita provjere znanja i vještina stečenih kod poslodavca. Prije nego se učenika uputi na praktičnu nastavu, mora usvojiti sadržaje iz osnova zaštite na radu i položiti ispit. Kod izvođenja svake pojedinačne vježbe u sklopu praktičnog dijela kurikuluma, polaznik mora biti upoznat s izvorima opasnosti, usvajati postupke rada na siguran način i primijeniti zaštitna sredstva sukladno propisima kojima se uređuje sigurnost i zaštita na radu. Pravilnik o načinu organiziranja i izvođenju nastave u strukovnim školama propisuje da učenik može raditi samo uz stručno vodstvo nastavnika u ustanovi, odnosno mentora kod poslodavca. U programima koji imaju praktični dio kurikuluma, a nisu predviđeni sadržaji iz osnova zaštite na radu, škola je dužna izvedbenim nastavnim planom i programom predvidjeti realizaciju tih sadržaja prije realizacije praktične nastave ili drugih oblika nastavnog rada gdje su uključene praktične vježbe (Pravilnik o načinu organiziranja i izvođenju nastave u strukovnim školama). Kako je već navedeno, sukladno Zakonu o odgoju i obrazovanju u osnovnoj i srednjoj školi, Zakonu o strukovnom obrazovanju i Zakonu o obrtu propisani su kadrovski uvjeti, odnosno uvjeti koje moraju imati mentori, suradnici u nastavi i strukovni učitelji u praktičnom djelu kurikuluma. Prije svega to se odnosi na pedagoške kompetencije stečene posebnim programom koji donosi nadležno. Nakon završetka obrazovanja za određeno zanimanje, neovisno je li riječ o formalnom ili neformalnom obrazovanju, radnik prije zasnivanja radnog odnosa s neposrednim poslodavcem mora potpisati ugovor o radu. Pitanja o pravima i obavezama radnika prema poslodavcu i poslodavca prema radniku određena su Zakonom o radu. Pravilnikom o zaštiti na radu za mjesta rada propisuju se minimalni zahtjevi zaštite na radu. Pravilnikom o sigurnosti i zdravlju pri uporabi radne opreme propisane su obveze poslodavca i radnika u vezi s radnom opremom u uporabi.

Pravilnikom o ispitivanju radnog okoliša određene su obveze ispitivanja radnog okoliša te načini i postupci ispitivanja.

### **3.2 Analiza udžbenika za srednjoškolsko obrazovanje**

U nastavku akcenat rada usmjerit će se na radno mjesto prodavač, jer to je radno mjesto koje broji najviše zapošljavanja ali i ima najveću stopu prijavljenih ozljeda na radu. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta u izmjenama i dopunama posebnog stručnog djela Nastavnog plana i programa za prodavača određuje dvije vrste nastavne literature. Nastavna literatura podijeljena je na nastavnu literaturu za nastavnike i za učenike. Literatura za nastavnike navedena je u Nastavnom planu i programu dok je za učenike propisano da se upotrebljava literatura prema katalogu obveznih udžbenika i pripadajućih dopunskih nastavnih sredstava Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta. Prema navedenom katalogu u prvom razredu učenici se koriste udžbenikom Poslovanje prodavaonice i pripadajućom radnom bilježnicom u kojoj se upoznaju sa zakonskom regulativom iz zaštite na radu u trgovačkoj djelatnosti. Govori li se o opasnostima, štetnostima i naporima na mjestu rada, učenici se koriste Dnevnikom praktične nastave u kojem su sadržana sva važna poglavlja o izvorima opasnosti na mjestu rada. Učiteljima je dana mogućnost da se koriste literaturom koja nije navedena u Nastavnom planu i programu, ali njezin sadržaj mora biti u vezi s nastavnim predmetom. Slijedi primjer korištene literature koja će biti i predmet daljnjeg analiziranja u ovom radu.

U prvom razredu nastavna literatura za nastavnike je Zaštita na radu za učenike srednjih škola – opći dio (sedmo dopunjeno izdanje) i Zaštita na radu za učenike srednjih škola – opći dio (I. izdanje). Vidljivo je prema naslovu i podnaslovu da navedena literatura nije namijenjena samo učenicima – prodavačima već je to općenita literatura namijenjena svim strukovnim profilima učenika srednjih škola. Na temelju nastavne literature za učitelje i sukladno nastavnom predmetu odabiru se važni sadržaji koji se na odgovarajući metodički i didaktički način prenose učenicima. Nastavna literatura za učitelje sadrži sve opasnosti, štetnosti i napore koje se može susresti na mjestu rada prodavača, no nedovoljno se analizira taj problem i ne daju se mjere za otklanjanje preostalog rizika koji može biti na mjestu rada prodavača.

### 3.2.1 Program srednjoškolskog obrazovanja

Program srednjoškolskog obrazovanja za zvanje prodavača određen je u strukovnom kurikulumu za stjecanje kvalifikacija prodavača koje donosi Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta

Iz obavljene analize vidljivo je da program srednjoškolskog obrazovanja propisuje skup zajedničkih predmeta, obavezne strukovne predmete i izborne predmete. U Nastavnom planu i programu tijekom triju godina srednjoškolskog obrazovanja i u dvama strukovnim predmetima spominje se zaštita ljudskog zdravlja i zaštita na radu. Zaštita na radu u literaturi sadržana je samo u praktičnoj nastavi i predmetu poslovanja prodavaonice. Praktična nastava provodi se u prodavaonici školske ustanove ili kod poslodavca. Da bi učenik mogao pristupiti praktičnoj nastavi, prethodno mora položiti osnove, odnosno teorijski dio zaštite na radu. Praktični dio stječe se u prodavaonici pod nadzorom prodavača mentora. Nastavni sadržaj Nastavnim planom i programom po predmetima obuhvaća sljedeće:

1) Poslovanje prodavaonice: održavanje čistoće i higijene u prodavaonici, zaštita na radu u trgovačkoj djelatnosti, zaštita radnog okoliša

2) Praktična nastava: pojam i značaj zaštite na radu, zakonsko uređenje i pravila zaštite na radu, sigurnost i zaštita zdravlja pri radu u trgovini, opasnosti pri otvaranju i skidanju ambalaže, opasnosti pri prenošenju robe, opasnosti pri prevoženju robe, pravilno slaganje i sortiranje robe, opasnosti na površinama za kretanje, pravilno korištenje pribora pri posluživanju, pravilno rukovanje strojevima i uređajima pri radu, opasnosti pri pakiranju robe, opasnosti od boja, lakova i kemikalija, osobna zaštitna sredstva, ozljede na radu i profesionalne bolesti, pružanje prve pomoći ozlijeđenoj osobi, opasnosti od požara i eksplozija, opasnosti od električnog udara, znakovi sigurnosti. Analizom nastavnog plana i programa – zajedničkog općeobrazovnog dijela 1. godine obrazovanja za prodavača, u trajanju od 460 sati utvrđeno je da nema sadržaja iz zaštite na radu i zaštite zdravlja. U posebnom dijelu obrazovanja u prvoj godini u trajanju od 560 sati utvrđeno je da samo u predmetu Poslovne prodavaonice i praktična nastava postoje određeni sadržaji iz zaštite na radu i zaštite zdravlja.

U drugoj godini zajedničkog obrazovnog programa u trajanju od 490 sati nema sadržaja iz zaštite. U drugoj godini strukovno – obrazovnih predmeta u trajanju od 1.085 sati nema sadržaja iz zaštite.

Analizom treće godine obrazovnog procesa u trajanju od 1.024 sata, nema sadržaja iz zaštite na radu i zaštite zdravlja.

### 3.3. Analiza udžbenika i literature za program prekvalifikacije

Ministarstvo znanosti i obrazovanja na temelju dostavljenog plana i programa, uz ostale zadovoljene uvjete, donosi rješenje da je pravna osoba ovlaštena za provedbu predmetnog programa. Planom i programom nisu određeni udžbenici i literatura kojom će se provoditi obrazovanje.

Polaznici koji upisuju programe prekvalifikacije kod pravnih osoba (privatne ustanove ili škole) nemaju propisanu literaturu, već ju izrađuju predmetni nastavnici u obliku prezentacija i skripti. Budući da su materijali kojima predmetni predavači provode obrazovanje autorsko djelo, nije ih bilo moguće dobiti pa nisu bili analizirani u ovom radu.

### **3.4. Analiza literature za osposobljavanje za rad na siguran način kod poslodavca**

Prema Pravilniku o osposobljavanju iz zaštite na radu, propisano je da se osposobljavanje radnika na mjestu rada obavlja programom koji se mora temeljiti na procjeni rizika i mora obuhvatiti sve opasnosti, štetnosti i napore. Ako poslodavac ima zaposlenog stručnjaka zaštite na radu, on može izrađivati programe osposobljavanja i provoditi ih. Ukoliko poslodavac nema zaposlenog stručnjaka zaštite na radu, izradu programa osposobljavanja i osposobljavanje radnika može povjeriti ovlaštenoj osobi. Pravna osoba, tj. ovlaštena osoba mora imati znanja iz osnove andragogije. Neovisno tko izrađuje program osposobljavanja, mora postojati popis radnih uputa za rad na siguran način za sve poslove koji se obavljaju, a ti poslovi moraju biti obuhvaćeni procjenom rizika.

Nastavna literatura autorsko je vlasništvo stručnjaka zaštite na radu, izrađena je na osnovi procjene rizika koja obuhvaća niz autora. U nastavnoj literaturi za radno mjesto obrazovnog profila prodavača trebali bi biti zastupljeni aspekti kao što su:

- Slaganje kutija, bez gomilanja i zakrčivanja prolaza,
- Čišćenje i održavanje svih prostora,
- Provjera svih tepiha i sagova, jer zapinjanjem za iste mogu nastati ozljede,
- Provjera mehanizama kliznih i drugih vrata,
- Slaganje robe na stabilan način,
- Uklanjanje svih predmeta koji se nalaze iza zaslona, pultova, stolova ,
- Pravilno podizanje i nošenje tereta,
- Pravilno rukovanje s raznim vrstama kolica za transport robe,
- Mjere opreza pri otvaranju opreme, kutija.

### **3.5. Komparacija literature po kojoj poslodavac provodi osposobljavanje za rad na siguran način s nastavnom literaturom srednjoškolskog obrazovanja i programa prekvalifikacije**

Tri pravna subjekta, tri različita nastavna procesa, tri različita nastavna plana i programa s različitom literaturom, ali s jednim zajedničkim ciljem. Cilj je da se radnici, odnosno učenici upoznaju sa svim rizicima u svojoj djelatnosti, odnosno zanimanju i da se osposobe za rad na siguran način. Neovisno o kojem se planu i programu radi, važno je analizirati ishode učenja. Da bi ishodi učenja bili što kvalitetniji, neophodno je imati kvalitetnu nastavnu literaturu iz koje će radnici ili učenici učiti i iz kojih će dobiti sve potrebne informacije o stvarnim opasnostima, štetnostima i naporima. Osim onoga što nastavna literatura mora sadržavati, važno je da sadrži i smjernice za smanjivanje preostalog rizika na mjestu rada nakon što se primijene osnovna i posebna pravila zaštite na radu. Iz analize nastavne literature kojom se provodi osposobljavanje stručnjaka zaštite na radu kod poslodavca, evidentno je da literatura sadrži stvarne procijenjene rizike, ali i mjere za smanjivanje preostalog rizika. Nastavna literatura kojom se osposobljavaju učenici u redovnom obliku školovanja obuhvaća opće obrazovanje iz osnova zaštite na radu te nastavna literatura ne obuhvaća šire poimanje zaštite na radu, a to se posebno odnosi na povezivanje određenog posla s primjenom osnovnih i posebnih pravila zaštite na radu i preostalog rizika. Nastavnom literaturom obuhvaćena su sva područja opasnosti, štetnosti i napora, ali ne za specifičnu djelatnost, već se učenici samo upoznaju sa sadržajem. Nužno je imati nastavnu literaturu prilagođenu zvanjima, odnosno vrstama poslova koje će budući učenik raditi na temelju svojeg zanimanja. Nastavna literatura kojom bi se trebale osposobljavati osobe koje završavaju programe prekvalifikacije ne može se uspoređivati s literaturom kojom se osposobljavaju

### **3.6. Procjena rizika za radno mjesto u zanimanju prodavača**

Da bi se prikazala procjena rizika za radno mjesto prodavača, potrebno je odrediti koje će sve poslove obavljati prodavač u trgovini. Budući da ima mnogo različitih tipova trgovina u kojim se obavljaju različiti poslovi, potrebno je prethodno odrediti vrstu prodavaonice. Sukladno Pravilniku [6] za potrebe izrade procjene rizika na poslovima prodavača, prodavač radi u skladištu za trgovanje robom na veliko u kojoj se prodaje građevinski materijal. Opis poslova prodavača: odgovornost za pravilno postupanje s imovinom i zalihom robe u prodavaonici, odgovornost za otvaranje i zatvaranje prodavaonice/skladišta sukladno određenom radnom vremenu, odgovornost za preuzetu robu po količini i kvaliteti i za ažurno vođenje evidencije o poslovanju prodavaonice i predaju dnevnog utška te odgovornost za pravilnu primjenu propisa iz djelokruga rada prodavaonice/skladišta.

Prodavač radi u izravnom odnosu s kupcima na elektroničkoj blagajni uz odgovornost za dodijeljeni dio prodajnog prostora, na stovarišnom/prodajnom prostoru uz vođenje računa o izloženosti i zalihama i rokovima trajanja robe, sudjeluje u popisima robe i inventurama. Prodavač ima obvezu upozoriti neposrednog rukovoditelja na svaku uočenu nepravilnost u radu te na svako sumnjivo ponašanje kupaca. Prodavač utovara i istovara robu i ambalažu te ima i odgovornost za pravilno skladištenje robe i ambalaže po prethodnom dogovoru i uputama neposrednog rukovoditelja što uključuje: slaganje, premještanje i pregled robe i ambalaže te briga o čistoći skladišnog/prodajnog prostora, pripremanje robe za otpremu vodeći računa o vremenu početka skladištenja robe, odgovornosti za robu i ambalažu kojom manipulira i po potrebi rukuje s ručnim i motornim viličarom .

## **4. ZAKLJUČAK**

Sustav obrazovanja danas je dosta narušen jer ne prati tehnološke napretke što je od velike važnosti. Uvidom u procjenu rizika za sva spomenuta radna mjesta te u sustav obrazovanja za njihovo obavljanje, kao i u literaturu kojom se učenici koriste pri obrazovanju, može se zaključiti da radnici nisu adekvatno osposobljeni za rad na siguran način zbog nedostatka znanja iz širokog spektra zaštite na radu koja su im svakodnevno potrebna. Da bi se povećala kvaliteta obrazovanja radnika za spomenuta radna zanimanja iz ovog rada, potrebno je napraviti potpunu reformu obrazovnih kurikuluma tako da se polaznici aktivno upoznaju sa sustavom zaštite na radu tijekom cijelog obrazovanja za buduće zanimanje.

Govori li se o sustavu aktivnog obrazovanja, odnosno o aktivnoj suradnji učenika/radnika s nastavnikom ili predavačem, misli se na obrazovanje sustavom poučavanja kao relativno nove grane učenja. Znanje nije moguće prenositi, već se kod učenika/radnika mora dogoditi tzv. kognitivni konflikt pomoću kojeg poučavana osoba dolazi do novih spoznaja. Poučavanje zahtijeva više vremena za svladavanje unaprijed određene količine gradiva, ali je savladano znanje temeljitije i trajnije nego ono postignuto konvencionalnim metodama učenja jer se od polaznika očekuje kritičko razmišljanje i suradnja u svakom segmentu nastave.

Želi li se imati adekvatno obrazovane radnika iz područja zaštite na radu kako se ne bi doživljavale ozljede na radu ili kako bi ih se smanjilo na najmanju moguću mjeru, sustav zaštite na radu potrebno je proširiti tijekom cijelog vremena obrazovanja za željeno zanimanje, a to će se postići uvođenjem obveznog predmeta zaštite na radu ili uvođenje određenih tema u određene predmete.

Obrazovni sustav treba omogućiti da učenik ima potrebno znanje i sigurnost za vrijeme obavljanja prakse, jer trgovački centri i radna mjesta u njima nisu toliko sigurna kako to većina poslodavaca misli.

Nameće se potreba angažiranja stručnjaka za ZNR u srednjim strukovnim školama, koji bi vodili računa o primjeni i unapređenju sustava sigurnosti i zaštite i nastavnim planovima i programima za zanimanje prodavača.

## 5. LITERATURA

- [1] Закон o odgoju i obrazovanju u osnovnoj i srednjoj školi, N. N., br. 087/2008
- [2] Закон o strukovnom obrazovanju, N. N., br. 030/2009
- [3] Закон o zaštiti na radu, N. N., br. 71/14, 118/14 i 154/14
- [4] Pravilnik o osposobljavanju iz zaštite na radu i polaganju stručnog ispita, N. N., br. 112/14
- [5] Pravilnik o izradi procjene rizika, N. N., br. 112/14
- [6] Pravilnik o obavljanju poslova zaštite na radu, N. N., br. 112/14, 43/15 i 72/15
- [7] Закон o Agenciji za strukovno obrazovanje i obrazovanje odraslih, N. N., br. 024/2010
- [8] Закон o obrazovanju odraslih, N. N., br. 17/2007
- [9] Bolf, I., Erceg Z., Filipović-Baljak R., Jukić P., Nemet Z.: *Zaštita na radu za učenike srednjih škola.* – Zagreb: Andragoško učilište Zvonimir, 2011.