

**Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, Македонија
Факултет за природни и технички науки**

**University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia
Faculty of Natural and Technical Sciences**

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

Природни ресурси и технологии Natural resources and technology

Број 9
No 9

Година IX
Volume IX

Ноември 2015
November 2105

**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ**

UDC 5 3 6

ISSN 8 6



**Природни ресурси и технологии
Natural resources and technology**

**ноември 2015
november 2015**

**ГОДИНА 9
БРОЈ 9**

**VOLUME IX
NO 9**

**UNIVERSITY “GOCE DELCEV” – STIP
FACULTY OF NATURAL AND TECHNICAL SCIENCES**

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот:

Проф. д-р Зоран Десподов

Издавачки совет

Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Кимет Фетаху
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

Editorial board

Prof. Blazo Boev, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

Редакциски одбор

Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Зоран Десподов
Проф. д-р Дејан Мираковски

Editorial staff

Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

Главен и одговорен уредник

Проф. д-р Мирјана Голомеова

Managing & Editor in chief

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

Јазично уредување

Даница Гавриловска-Атанасовска
(македонски јазик)

Language editor

Danica Gavrilovska-Atanasovska
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров
Благој Михов

Technical editor

Slave Dimitrov
Blagoj Mihov

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Р. Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
R. Macedonia

СОДРЖИНА

Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН КАКО АЛТЕРНАТИВНА, ЕКОНОМИЧНА И ОСТВАРЛИВА ТЕХНОЛОГИЈА	7
Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Ванчо Аџиски ИСКОРИСТУВАЊЕ И ОСИРОМАШУВАЊЕ НА РУДАТА КАЈ РУДАРСКИТЕ ОТКОПНИ МЕТОДИ	19
Ванчо Аџиски, Дејан Мираковски, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЖАРНИ СЦЕНАРИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА	29
Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска ОСКУЛТАЦИЈА НА ДРЕНАЖНИОТ СИСТЕМ И СИСТЕМОТ НА ЦИКЛОНИРАЊЕ НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕТО НА РУДНИК САСА - М. КАМЕНИЦА	49
Ivan Boev, Blazo Boev THE CRVEN DOL ARSENIC-THALIUM MINERALIZATION IN ALSAR DEPOST IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA	59
Орце Спасовски, Даниел Спасовски ПЕТРОГРАФСКО- МИНЕРАЛОШКИ И КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕРМЕРИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ЛЕКОВО	77
Војо Мирчовски, Ѓорги Димов, Тена Шијакова Иванова, Благица Донева, Ласте Ивановски ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ПОДЗЕМНА ВОДА ВО СЕЛО К'ШАЊЕ ОПШТИНА КУМАНОВО, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	89
Горан Славковски, Благој Делипетрев, Благица Донева, Зоран Тошиќ, Марјан Бошков ГЕОФИЗИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ГЕОЛОШКИ КОМПЛЕКС СО МЕТОДА НА ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ	101

Горан Алексовски, Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Горан Славковски, Зоран Тошиќ ИСТРАЖУВАЊЕ СО МЕТОДА НА СЕИЗМИЧКА РЕФЛЕКСИЈА	113
Зоран Тошиќ, Благој Делипетрев, Марјан Делипетрев, Марјан Бошков, Трајан Шолдов КОМПЛЕКСНА ИНТЕРПРЕТАЦИЈА ПОМЕЃУ СЕИЗМИЧКА РЕФРАКЦИЈА И ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ	123
Трајан Шолдов, Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Горан Славковски, Горан Алексовски КОРЕЛАЦИЈА ПОМЕЃУ ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ И КАРТИРАЊЕ ПРИ ДЕФИНИРАЊЕ НА ГЕОМЕХАНИЧКИ ПАРАМЕТРИ	133
Марјан Бошков, Крсто Блажев, Благој Делипетрев, Трајан Шолдов, Горан Алексовски СЕИЗМИЧКО ИСТРАЖУВАЊЕ НА ГЕОЛОШКА СРЕДИНА СО РЕФРАКЦИОНА МЕТОДА	143
Благица Донева, Ѓорѓи Димов СЕИЗМИЧНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	155
Tena Sijakova-Ivanova, Blazo Boev, Vesna Zajkova-Paneva, Vojo Mircovski CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOME DRINKING WATERS FROM EASTERN AND SOUTH-EASTERN MACEDONIA	165
Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Благој Голомеов, Борис Крстев, Шабан Јакупи ПРИМЕНА НА ОПАЛИЗИРАН ТУФ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД РАСТВОР	179
Ivan Boev SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF PARTICLES (PM-10) FROM THE TOWN OF KAVADARCI AND VILAGE VOZARCI , REPUBLIC OF MACEDONIA	187
Лидија Атанасовска, Дејан Мираковски, Марија Хаџи- Николова, Николинка Донева, Стојне Стоиловски ПЕРСОНАЛНА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ГАСОВИ НА ВРАБОТЕНИТЕ ВО МЕТАЛУРГИЈАТА	197

Дејан Ангеловски, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова, Николинка Донева ТЕХНИКИ НА МОНИТОРИНГ НА ИЗЛОЖЕНОСТ НА ГАСОВИ НА ОТВОРЕН ПРОСТОР ВО УРБАНА СРЕДИНА.....	213
Агрон Алили, Борис Крстев, Софче Трајкова, Зоран Стоилов, Александар Крстев, Горан Стаменов ОТПАДНАТА БИОМАСА КАКО НОВ ИЗВОР ЗА ТОПЛИНСКА МОЌ – МОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВИ.....	233
Анита Андреевска Митровска, Мирјана Голомеова КОНТРОЛА НА МИРИЗБИ ОД ОТПАДНИ ВОДИ.....	245
Анита Андреевска Митровска, Мирјана Голомеова, Даниела Нелепа БЕЗБЕДНОСНИ АСПЕКТИ ОД УПРАВУВАЊЕ СО КОНВЕНЦИОНАЛНА ПОСТРОЈКА ЗА ТРЕТМАН НА ОТПАДНИ ВОДИ, СОГЛАСНО ЗАКОНСКА РЕГУЛАТИВА ВО Р. МАКЕДОНИЈА	263
Agron Alili, Boris Krstev, Aleksandar Krstev, Goran Stamenov, Zoran Stoilov THE HAZARDOUS MEDICAL WASTE – TREATMENT TECHNOLOGIES, LOCATION AND ORIGIN.....	279
Кире Колев АНАЛИЗА И БЕНЕФИЦИИ ВО МЕНАЏМЕНТОТ НА СНАБДУВАЧКИ СИНЦИРИ ВО ИНДУСТРИЈАТА ЗА ТЕКСТИЛ.....	285
Кире Колев, Мише Милановски RFID ТАГИРАЊЕ НА ПРОДУКТИ ВО ТЕКСТИЛНАТА ИНДУСТРИЈА	293
Мише Милановски, Марјан Ивановски, Александар Крстев СЛЕДЕЊЕ НА ПРАТКИ СО RFID И GPS	301
Марјан Ивановски, Зоран Десподов, Борис Крстев, Мише Милановски, Александар Крстев ЛОГИСТИКА НА ПАТНИЦИ НА ДОМАШНИ АЕРОДРОМИ.....	313

Петар Намичев, Екатерина Намичева ОБЛИКУВАЊЕ НА ЕНТЕРИЕРОТ НА ГРАДСКАТА КУЌА ОД 19 ВЕК ВО МАКЕДОНИЈА.....	329
Петар Намичев, Екатерина Намичева ДЕКОРАТИВНИ МОТИВИ ВО ЕНТЕРИЕРОТ НА ГРАДСКАТА КУЌА ОД 19 ВЕК ВО МАКЕДОНИЈА	343
Васка Сандева, Катерина Деспот БОЈАТА КАКО НОСИТЕЛ НА ЕМОЦИИ И КАКО ГРАДИВЕН ЕЛЕМЕНТ ВО ДИЗАЈНОТ	357
Катерина Деспот, Васка Сандева ИНДУСТРИСКИ ДИЗАЈН ВО СОВРЕМЕНО ДОМУВАЊЕ НА СКАНДИНАВСКИ МОДЕРНИЗАМ.....	367
Стојне Стоиловски, Зоран Панов, Дејан Мираковски ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА НА СТАНДАРДОТ ЗА БЕЗБЕДНОСТ И ЗДРАВЈЕ ПРИ РАБОТА ОН SAS 18001:2007 СО ПРЕСМЕТКА НА РИЗИК НА РАБОТНО МЕСТО РАКУВАЧ СО ДИЗЕЛ УТОВАРИВАЧ ВО ЈАМА ВО РУДНИК „САСА“	377
Борче Везенков, Благој Голомеов, Зоран Панов, Александар Ресавски КАРАКТЕРИЗАЦИЈА НА ЦВРСТИОТ КОМУНАЛЕН ОТПАД.....	389
Александар Ресавски, Благој Голомеов, Борче Везенков МЕРКИ ЗА НАМАЛУВАЊЕ НА ЕМИСИИТЕ ОД СТАКЛЕНИЧКИ ГАСОВИ ВО МАКЕДОНИЈА ОД УПРАВУВАЊЕ СО КОМУНАЛЕН ОТПАД	401
Блажо Боев Project Proposal: Geological Heritage of the Republic of Macedonia as a Challenge for the Development of Geoparks	409

МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЖАРНИ СЦЕНАРИЈА ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Ванчо Аџиски¹, Дејан Мираковски¹,
Зоран Десподов¹, Стојанче Мијалковски¹

¹Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев”, Штип
adziski.v@gmail.com

Апстракт

Пожарите се едни од најопасните вонредни состојби кои имаат однесено најмногу човечки животи во рудниците за подземна експлоатација. Примарната цел на овој научен труд е да се прикаже современа компјутерска метода за планирање, моделирање и симулација на пожарните сценарија кои можат да настанат во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА”, М.Каменица, и добиените резултати да послужат во понатамошната постапка за ефективно планирање на системот за евакуација и спасување во случај на пожар. Предложената методологија дозволува и изработка на база податоци од повеќе различни пожарни сценарија кои можат да послужат за планирање на повеќе варијанти од системот за евакуација.

Клучни зборови: *рудници за подземна експлоатација, вонредни состојби, пожарни сценарија, моделирање, симулација, безбедност при работа.*

MODELING OF FIRE SCENARIOS IN UNDERGROUND MINES

**Vancho Adjiski¹, Dejan Mirakovski¹,
Zoran Despodov¹, Stojance Mijalkovski¹**

¹Faculty of Natural and Technical Sciences,
„Goce Delcev” University, Stip, Macedonia
adziski.v@gmail.com

Abstract

Fires are one of the most dangerous emergency scenarios that have taken the most lives in underground mines. The primary objective of this scientific paper is to show modern computer methods for planning, modeling and simulation of fire scenarios that can occur in underground mine for lead and zinc “Sasa” M.Kamenica, and the results to serve for further procedures for effective planning of the system for evacuation and rescue in case of fire. The proposed methodology allows for preparation of database from various fire scenarios that can be used for planning more variants of the system for evacuation.

Key words: *underground mines, emergencies, fire scenarios, modeling, simulation, safety at work.*

1. Вовед

Ризиците од настанување на пожари во рудниците за подземна експлоатација се познати подолго време. Пожарите во рудниците за подземна експлоатација во минатото имаат резултирано со бројни катастрофи. Во текот на дваесеттиот век се направени многу обиди за да се подобри безбедноста при работа во подземните рудници. Еден таков пример имаме во САД од страна на US Bureau of Mines (USBM), која беше формирана поради штетните последици од две големи рударски несреќи. Во текот на временскиот период кога беше активно рударското биро USBM, безбедноста во рудниците за подземна експлоатација значително беше подобрена [3]. Исто така, во тој временски период, во многу земји беа преземени неколку законски регулативи, што резултираше со големо влијание на позитивниот тренд во однос на безбедноста во рудниците. Штетните последиците од некои руднички пожари, доведоа до напредок во некои специфични области, на пример по големата пожарна катастрофа во рудникот за подземна експлоатација Sunshine Mine, Idaho, USA во 1972

година, обемна работа започна за развој на софтвер алатка која може да ја симулира интеракцијата помеѓу рудничките пожари и системот за вентилација. Крајниот резултат беше софтверот MFIRE развиен од страна на US Bureau of Mines (USBM).

Иако во денешно време безбедноста од пожар во рудниците за подземна експлоатација е значително подобрена, сепак постојат земји коишто дури и денес имаат висок степен на рударски несреќи. Пожарната статистика ни укажува дека најчест причинител на пожари во рудниците за подземна експлоатација е работната механизација, додека најчести локации се работните области по кои минува истата таа механизација.

Пожар настанат во рудник за подземна експлоатација генерира многу опасности и проблеми, како за луѓето кои се зафатени од пожарот, така и за екипите за спасување. Затоа е потребно подетално истражување од оваа област и предлагање на соодветни мерки за намалување на ризикот настанат од пожари.

2. Пожарот како процес

Пожарот е брза оксидација на зафатените материјали во егзотермичен хемиски процес на согорување, каде што се ослободуваат топлина, светлина и други реакциони продукти. Треба да се напомни дека во процесот на согорување и кај цврстите и кај течните материјали, она што гори е всушност пареата од гасови која се испушта од материјалот кога тој се загрева до одредена температура. Пожар може да настане само ако овие три елементи се присутни [2]:

- кислород;
- гориво;
- топлина (енергија).

Овие три елементи го сочинуваат она што во пожарното инженерство е познато под терминот „пожарен триаголник”.



Слика 1. Теоријата на „пожарен триаголник“
Figure 1. The theory of “Fire Triangle”

Теоријата на „пожарен триаголник“ е широко прифатена во научните кругови. Едноставно кажано, постојат три фактори потребни за да настане пожар: гориво (материјали кои можат да горат), кислород (од воздухот или од друг извор) и топлина (извор на топлина која може да го иницира пожарот). Денес оваа пожарна теорија е видоизменета за да се дообјасни процесот на согорување, со додавање на елементот на хемиска верижна реакција на веќе постоечките елементи и оваа изменета теорија е позната под името „пожарен тетраедар“.

Постојат три општопризнати фази на секое пожарно сценарио [4]:

- фаза на започнување на пожарот;
- фаза на тлеене на пожарот;
- фаза на целосно развиен пожар.

Фаза на започнување на пожарот е регион каде што имаме загревање, дестилација и бавна пиролиза на материјалот. Пиролиза е термохемиско распаѓање на органските материјали на покачена температура во отсуство на кислород (или халогени елементи). Пиролизата подразбира истовремена промена на хемискиот и физичкиот состав, и истиот е неповратен процес. Во фазата на започнување на пожарот имаме генерирање на гасови и микронски честички кои се транспортираат од овој извор со помош на дифузија, движење на воздухот (вентилација), конвекција итн.

Фазата на тлеене на пожарот е регион со целосно развиена пиролиза, која започнува со делумно запалување на материјалот. Во оваа фаза имаме генерирање на невидливи аеросоли и видливи честички од чад, кои се транспортираат далеку од овој извор, со топлотните струења предизвикани од оваа фаза и од струењето на воздухот.

Фаза на целосно развиен пожар е регион на брза реакција кој го опфаќа периодот од почетната појава на пламен до целосно развиен пожар. Преносот на топлина од пожарот се дистрибуира претежно од радијација, конвекција и кондукција од пламенот.

3. Различни видови на опрема и инсталации кои можат да предизвикаат пожар во рудниците за подземна експлоатација

Во однос на достапната пожарна статистика, при моделирањето на пожарните сценарија во рудниците за подземна експлоатација, најчесто треба да се фокусира на пожари предизвикани од запалива течност (дизел гориво, хидраулично масло) која може да дојде до некоја жешка површина како што се електрични искри и работна жешка опрема, како и од запалување на пневматиците на работната механизација. Со базирање пред сè на достапната статистика, следниве видови на запаливи материјали во рудниците за подземна експлоатација се идентификувани со повисок ранг на ризик од запалување [5]:

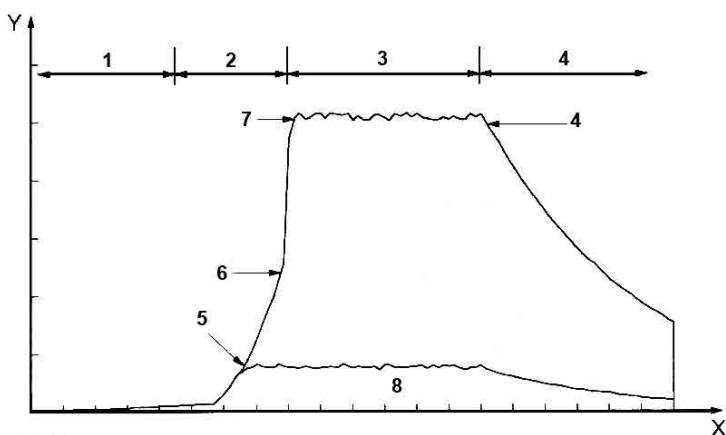
- Акумулации на запаливи течности (дизел гориво, хидраулични течности);
- Работна механизација;
- Транспортни ленти;
- Пневматици (гуми);
- Кабли.

4. Теоретски принципи за моделирање на пожари во рудниците за подземна експлоатација

Во литературата постојат различни аспекти во моделирањето на пожарите. Fitzgerald го дефинира моделирањето на пожарот како товар против кој треба да се евалуира активна противпожарна заштита и да се утврди резултирачкиот ризик на изложените луѓе од пожарот како и изложеноста на објектот. Поконкретно, моделот на пожарот ја опишува претпоставката на карактеристиките на пожарот, како што се, на пример, стапката на ослободување на топлина (heat release rate), преносот на топлина, стапка на горење на материјалот, генерирање на штетни пожарни гасови, чад итн.

Klote и Milke нагласуваат дека пред да се започне со процесот на моделирање на пожари треба да се утврдат неколку критериуми. Работата што следува потоа ќе се фокусира на развој и анализа на дизајн алтернативи за да се исполнат претходно утврдените критериуми. Неколку критериуми може да вклучуваат:

- безбедноста при работа како главен приоритет;
- заштитата на објектите;
- континуитет на бизнисот и работата;
- заштита на животната средина итн.



- X - Време
 Y - Ослободување на топлина
- 1 - процес на започнување на пожарот
 - 2 - растење на пожарот
 - 3 - целосно развиен пожар
 - 4 - фаза на згаснување
 - 5 - активирање на водени прскалки
 - 6 - истовремено палење на повеќето директно изложени запаливи материјали во затворен простор.
 - 7 - вентилација
 - 8 - контрола на пожарот од водените прскалки

Слика 2. Пример за моделирање на пожар во различните фази на развој

Figure 2. Example of modeling fire at different stages of development

4.1. Идентификација и дефинирање на потенцијалните сценарија за моделирање на пожари во рудниците за подземна експлоатација

За идентификување на можните пожарни сценарија во рудниците за подземна експлоатација можат да се користат различни пристапи, како на пример [8]:

- историски податоци за пожарни инциденти во конкретниот рудник и податоци за различните работни активности кои можат да предизвикаат пожар;
- работните процеси и работната механизација можат да бидат анализирани за да се идентификуваат потенцијалните можности за пожар;
- статистички податоци;
- пожарна ризик анализа.

Изборот на сценариото за моделирање на пожарот е неопходно да ги опише претпоставените карактеристики на пожарот врз чијашто основа се базира сценариото. Претпоставените карактеристики на пожарот се именуваат со поимот „моделирање на пожар”. Техничкиот комитет ISO/TC 92 наведува дека моделираните пожари обично се карактеризираат со однос на следните варијабли во однос на времето:

- стапката на ослободување на топлина (hrr-heat release rate);
- испуштање на токсични материји;
- стапка на испуштање на чад;
- големината на пожарот;
- температура;
- топлотен флукс.

Почетната стапка на раст на пожарот потоа се модифицира од настани што се случуваат за време на специфичното моделирано пожарно сценарио. Овие типични настани се наведени од страна на Техничкиот комитет ISO/TC 92, како:

- flashover - истовремено палење на повеќето директно изложени запаливи материјали во затворен простор;
- активирање на водени прскалки;
- потиснување на пожарот;
- промени во вентилација итн.

Техничкиот комитет ISO/TC 92 наведува дека пожарните сценарија претставуваат комбинација од настани и околности, како што се следниве:

- вид на пожар (тлеечки, растечки итн.);
- внатрешни услови на вентилација;
- надворешни услови на животната средина;
- статус и ефикасност на секој од активните системи за заштита од пожар;
- видот, големината и локацијата на изворот на палење;
- распределба и видот на запаливите материјали;

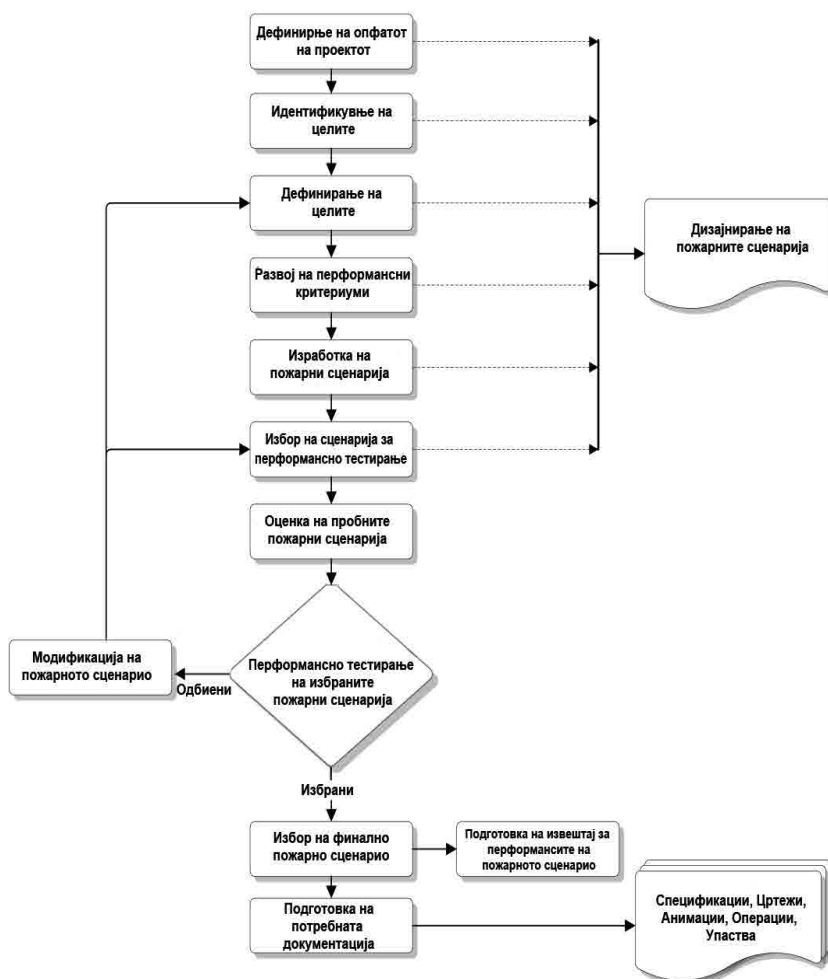
- густина на пожарот;
- откривање, аларм и сузбивање на пожарот;
- статус на отвори од кои може да влегува воздух;
- оштетување на отворите.

Пожарните сценарија најчесто се основаат на нормативни решенија во националните, регионалните или локалните регулативи. Многу регулативи даваат можност за перформансно-базирани пожарни сценарија. Користењето на перформансно-базираниот пристап дозволува поголема флексибилност во моделирањето на пожарните сценарија бидејќи инженерот за противпожарна заштита може да користи математички и инженерски методи за да добие оптимално дизајн сценарио.

Целта на пожарните сценарија може да биде поинаква од онаа која е дефинирана во задолжителните законски прописи, иако задолжителните законски прописи секогаш треба да бидат исполнети. Една од тие поинакви цели може да биде, на пример, спречувањето на големи финансиски загуби за компанијата за време на пожар, која често не се наведува во задолжителни законски прописи.

Поради сериозноста на темата, од голема важност е инженерот за противпожарна заштита да ги земе предвид сите фактори при моделирањето на пожарните сценарија и процесот на евакуација и спасување во случај на пожар.

За перформансно-базираниите решенија, процесот на моделирање на пожарните сценарија треба да се направи по методолошки пристап. Еден таков методолошки пристап е прикажан на слика 3.



Слика 3. Перформансно-базиран процес на моделирање на пожарните сценарија
Figure 3. Performance-based process for modeling of fire scenarios

5. Процес на моделирање на пожарите сценарија и продуктите на согорување во рудниците за подземна експлоатација

За да можеме точно да ги избереме пожарните карактеристики, потребно е во процесот на неговото моделирање да ги имаме следниве влезни податоци [1]:

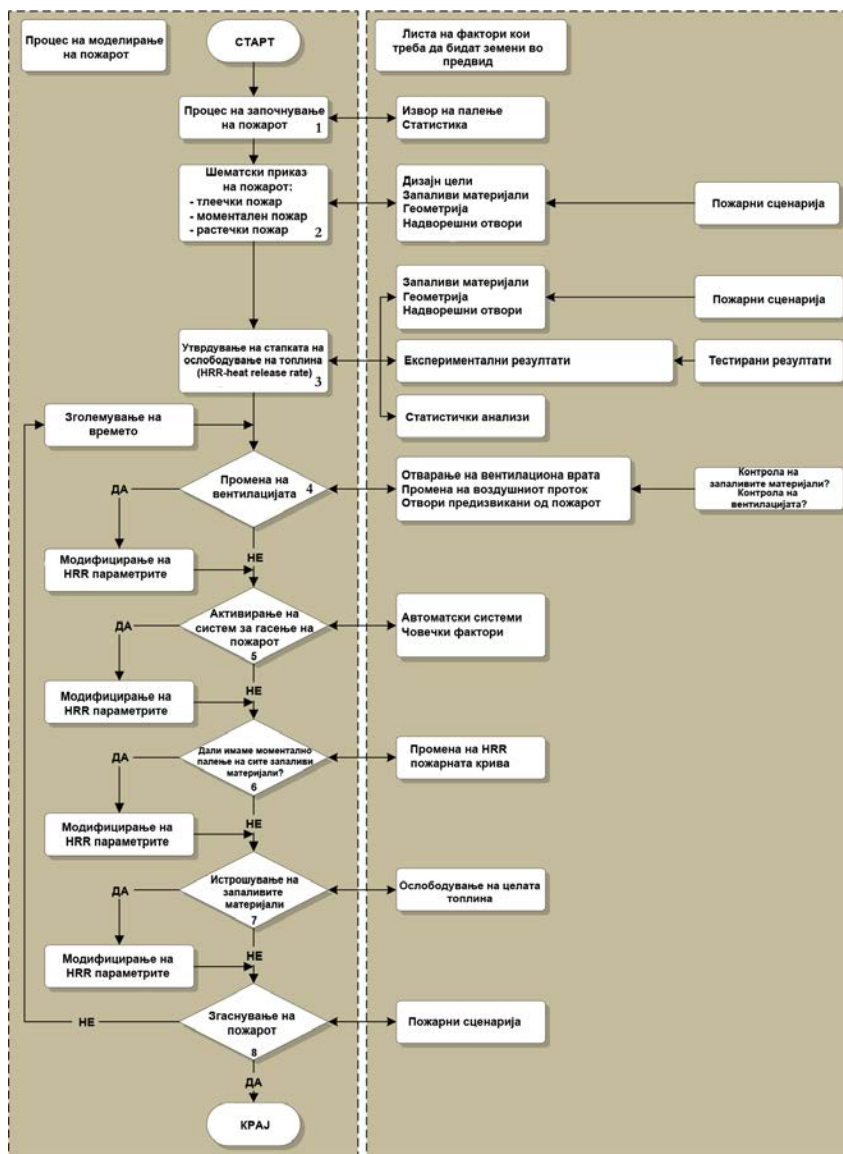
- градежни карактеристики на објектот;
- внатрешни карактеристики на објектот;
- карактеристики на животната средина;
- карактеристики на запаливите материјали;
- карактеристики на пожарните сценарија.

Табела 1. Листа на фактори кои влијаат на процесот на моделирање на пожарот

Table 1. List of the factors that affect the process of modeling the fire

Фактори кои влијаат во процесот на моделирање на пожарот	
<i>Градежни карактеристики на објектот</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Димензии на објектот - Геометрија на објектот - Природа на изградба на објектот (материјали и метод)
<i>Внатрешни карактеристики на објектот</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Карактеристики на сидот - Вентилациони услови (природна или механичка) - Термални својства на објектот
<i>Карактеристики на животната средина</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Амбиентна температура - Движење на амбиентниот воздух
<i>Карактеристики на запаливите материјали</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Вид на запаливи материјали - Количина на запаливи материјали - Локација на запаливи материјали
<i>Карактеристики на пожарното сценарија</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Извор на палење - Локација на запалување на пожарот - Запаливите материјали кои се вклучени во процесот на палење - Растење и ширење на пожарот - Настани кои влијаат на ширењето на пожарот

Процесот на избирање на моделираните пожари е интегриран процес во развојот на пожарните сценарија и затоа моделираниот пожар може да влијае на дизајнираните пожарни сценарија и обратно. Описот на методот за моделирање на пожарот ни укажува на чекори во процесот што често резултираат со измени во дизајните на пожарните сценарија. Методот за избор на моделиран пожар е даден на слика 4.



Слика 4. Чекор по чекор метод за избирање на моделиран пожар
Figure 4. Step by step method for selecting the modeled fire

Некои компјутерски софтвери се во можност да ги моделираат влијанијата од пожарните сценарија и на тој начин паралелно да го менуваат и дизајнот на моделираниот пожар. Ефектите на системите за гасење на пожар, како што се водените прскалки, ефектите на вентилацијата, системите за управување со чадот и штетните пожарни гасови се фактори од клучно значење кои можат да бидат моделирани од компјутерски софтвери. На пример, моделирањето на развојот и ширењето на пожарот со помош на CFD софтвер може да донесе значајни заклучоци при изработка на пожарните сценарија.

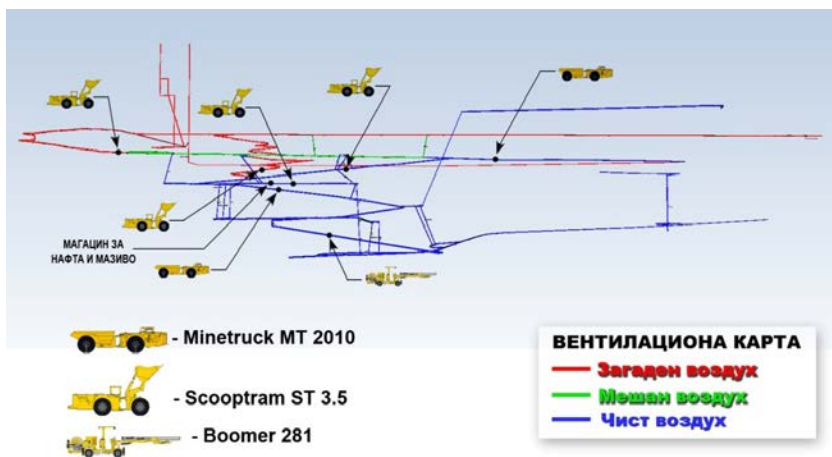
5.1. Идентификација и дефинирање на пожарните сценарија во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“, М. Каменица

Во рудниците за подземна експлоатација пожар може да настане секаде каде се наоѓа запалив материјал, но негово предвидување на сите можни локации е практички невозможно. Па затоа со помош на анализа оваа листа на пожарни локации се сведува на оние места кои имаат најголем ризик од настанување на пожар.

За идентификување на можните пожарни сценарија во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА“ ќе ги користиме прирачниците за работните процеси и работната механизација кои детално ќе ги анализираме и на тој начин ќе ги идентификуваме потенцијалните пожарни сценарија. Од прирачниците за работните процеси и работната механизација на Рудникот „САСА“ се идентификувани можни пожарни сценарија од работната механизација:

- утоварач Scooptram ST 3.5;
- јамски камион Minetruck MT 2010;
- електрохидраулична дупчалка Boomer 281;
- работни активности во магацинот за дизел гориво.

Локациите на можните пожарни сценарија предизвикани од спомнатата дизел механизација во најголем дел ќе зависат од фреквенцијата на нивните работни активности и движења низ работните и извозни простории. За елиминирање на помалку ризичните места од настанување на пожари од спомнатата дизел механизација ќе ги исфрлиме оние места во рудникот каде што оваа механизација има најмалку работни активности.



Слика 5. Можни пожарни сценарија во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк – „САСА”

Figure 5. Possible fire scenarios in underground mine for lead and zinc - “Sasa”

Во оваа анализа за идентификација, дефинирање и моделирање на пожарните сценарија во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА” нема да ги анализираме можните извори на палење и иницирање на пожарот, туку ќе претпоставиме дека пожарот веќе се има случено и на тој начин ќе ги анализираме сите можни пожарни сценарија од гореспомнатата механизација и работни активности.

5.2. Моделирање и симулација на пожарните сценарија во Рудникот за подземна експлоатација на олово и цинк „САСА”, М. Каменица

Изборот на сценариото за моделирање на пожарот, неопходно е да ги опише претпоставените карактеристики на пожарот врз чијашто основа се базира сценариото. Претпоставените карактеристики на пожарот се именуваат со поимот „моделирање на пожар”.

Одредувањето на излезните пожарни параметри кои претставуваат основни податоци на моделираното пожарно сценарио, како што се: стапката на ослободување на топлина (heat release rate), преносот на топлина, стапка на горење на материјалот, генерирање на штетни пожарни гасови, чад итн. ќе бидат пресметани и моделирани во софтверот Pyrosim (студентска верзија) [7]. Софтверот PyroSim е графички кориснички интерфејс на Fire Dynamics Simulator (FDS - <https://code.google.com/p/fds->

smv/) кој оригинално е произведен од National Institute of Standards and Technology (NIST) USA. FDS кодот може да симулира пожарни сценарија со користење на пресметковна метода на динамика на флуидите (CFD). Овој пристап е многу флексибилен и може да предвиди и да симулира различни пожарни сценарија заедно со нивните излезни пожарни параметри.

За потребите на овој научен труд, во софтверот PyroSim е моделирана компјутерска 3D рударска подземна просторија со следниве димензии: ширина 4 метри, висина 3 метри и должина 50 метри, во која ќе бидат посебно симулирани сите пожарни сценарија со своите специфични амбиентни и вентилациони карактеристики кои одговараат на локацијата каде што е идентификувано пожарното сценарио.

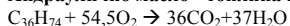
5.3. Моделирање на пожар настанат од јамски камион Minetruck MT2010

Моделот на пожар настанат од јамски камион Minetruck MT2010 ги опишува претпоставените пожарни карактеристики, како што се: стапката на ослободување на топлина (heat release rate), преносот на топлина, стапка на горење на материјалот, генерирање на штетни пожарни гасови, чад итн.

За моделирање на пожарно сценарио-1 ќе претпоставиме механички проблем на јамскиот камион Minetruck MT2010, од кој ќе истече хидрауличното масло од резервоарот и истото ќе се запали. Капацитетот на резервоарот за хидраулично масло на Minetruck MT2010 е 223 литри.



Слика 6. Моделирање на пожарно сценарио-1
 Figure 6. Modeling of fire scenario-1

– **Согорување на хидраулично масло од Minetruck MT2010****Хидраулично масло - топлина на согорување**Моларна маса $C_{36}H_{74} = 36 * 12,001 + 74 * 1,008 = 506,3 \text{ g/mol}$ **Сооднос на горење O_2 : Хидраулично масло**

$$O_2: \text{Хидраулично масло} = \frac{54,5 * 2 * 15,9}{506,3} = 3,42 \frac{\text{kg } O_2}{\text{kg Хидраулично масло}}$$

$$O_2 \text{ е } 23\% \text{ од масата на воздухот} = \frac{3,42 * 100}{23} = 14,86 \frac{\text{kg воздух}}{\text{kg гориво}}$$

Енталпија на формирање:

$$C_{12}H_{23} = -188,04 \text{ kJ/mol}$$

$$CO_2 = -393 \text{ kJ/mol}$$

$$H_2O = -286 \text{ kJ/mol}$$

$$O_2 = 0 \text{ kJ/mol}$$

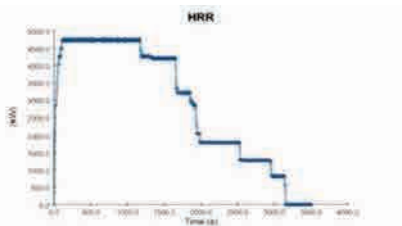
$$37 * (-286) + 36(-394) - 54,5 * 0 - (-188,04) = -24578 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Конвертирање на } -24578 \text{ kJ/mol во kJ/kg} = \frac{\text{kJ}}{\text{molar mass}} * 1000 = \frac{-24578}{506,3} * 1000 = -48544 \text{ kJ/kg}$$

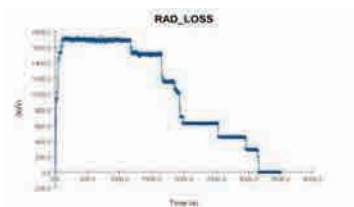
Табела 2. Хемиски и физички карактеристики на хидраулично масло**Table 2. Chemical and physical characteristics of hydraulic oil**

Хидраулично масло	
Капацитет на резервоар	223 l
Густина на хидраулично масло	760 kg/m ³
Поедноставена хемиска (hydrocarbon) формула	C ₃₆ H ₇₄
Топлина на согорување	48544 kJ/kg
Стапка на горење на материјалот Kg/m ² *s (експериментален податок) [6]	0,039

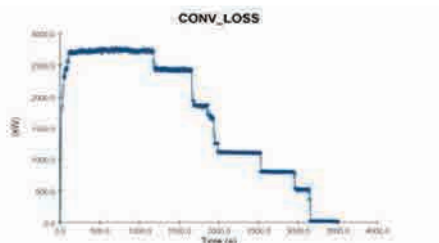
Во софтверот за моделирање на пожари Pyrosim [7], со согорување на 223 литри на хидраулично масло и со гореспоменатите хемиски и физички карактеристики (табела 2) ги добиваме следниве резултати:



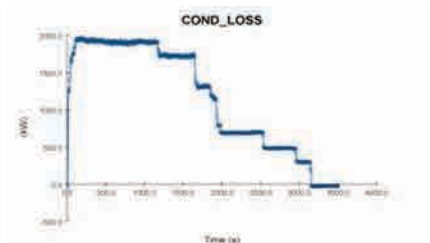
Слика 7. Стапка на ослободување на топлина
 Figure 7. Heat release rate - HRR



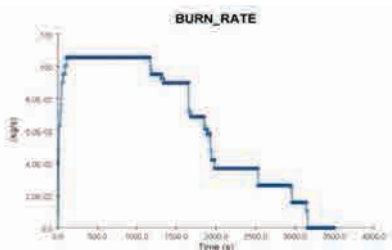
Слика 8. Пренос на топлина со радијација
 Figure 8. Heat transfer by radiation



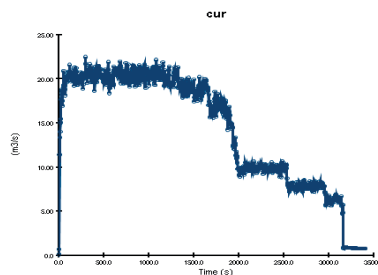
Слика 9. Пренос на топлина со конвекција
 Figure 9. Heat transfer by convection



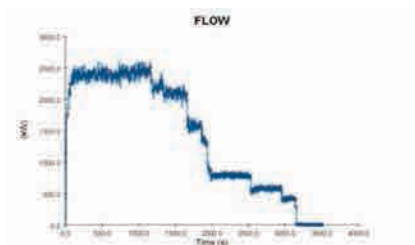
Слика 10. Пренос на топлина со кондукција
 Figure 10. Heat transfer by conduction



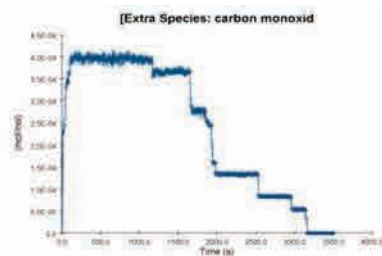
Слика 11. Стапка на горење на материјалот (хидраулично масло)
 Figure 11. Burning rate of material (hydraulic oil)



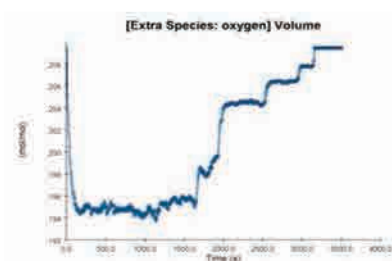
Слика 12. Волуменски проток на чад и пожарни гасови генерирани од пожарот
 Figure 12. Volume flow of smoke and fire gases generated by the fire



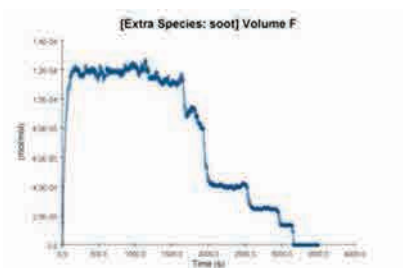
Слика 13. Проток на топлина од пожарот
Figure 13. Heat flow from fire



Слика 14. Генерирање на јаглерод моноксид - CO од пожарот
Figure 14. Generation of carbon monoxide - CO from fire



Слика 15. Волуменска содржина на кислород во пожарното место
Figure 15. Volume oxygen content in the fire place



Слика 16. Генерирање на саѓи од пожарот
Figure 16. Generating soot from fire

Со направените анализи и пресметки во софтверот за моделирање на пожари Pyrosim, за пожарното сценарио-1, добивме временска должина на пожарот од 3.150 секунди (52,5 минути), за целосно согорување на истечените 223 литри хидраулично масло од јамскиот камион Minetruck MT2010.

По моделирањето на пожарните сценарија, нареден чекор во изработката на ефективен систем за евакуација и спасување во случај на пожар во рудниците за подземна експлоатација е одредување и пресметки на движењето на чадот и пожарните гасови низ подземните рударски простории, лоцирање на местоположбата на сите луѓе во рудникот и издавање на наредби и упатства за нивно повлекување по претходно пресметаните безбедни патишта за спасување и евакуација.

6. Заклучок

Развивањето и примената на компјутерската технологија во склоп со претходните лабораториски испитувања значително ја подобри ефикасноста на софтверската метода за моделирање на пожарни сценарија. Константните испитувања во областа на пожарното инженерство доведоа до се поточни и попрецизни математички формулации кои значително ги подобруваа софтверските пакети.

Одредувањето на излезните пожарни параметри, како што се: стапката на ослободување на топлина (heat release rate), преносот на топлина, стапка на горење на материјалот, генерирање на штетни пожарни гасови, чад итн. претставуваат клучни податоци на пожарното сценарио. Од методот на пресметка на овие излезните пожарни параметри ќе зависи и точноста на пожарното сценарио. Постојат четири методи за пресметка на излезните пожарни параметри и тоа: лабораториски, реални тестови, математичко моделирање, софтверско моделирање. Во овој научен труд од погоре спомнатите четири методи за пресметка на излезните пожарни параметри го користевме методот на компјутерско моделирање во софтверот Pyrosim (студентска верзија). Овој метод има финансиска предност пред методологијата на лабораториски и реални тестови, а далеку поголема точност, поедноставеност и заштеда во време од математичкото моделирање.

Резултатите од овие истражувања покажуваат дека разработената и предложената методологија преставува брза, евтина и ефективна варијанта која значително го подобрува процесот на планирање и изработка на плановите за евакуација и спасување во случај на пожар и истите можат да се користат за обука, научноистражувачки и практични цели со што значително се подобрува безбедноста во секој рудник за подземна експлоатација.

Користена литература

- [1] Beard, N., Carvel, R., & Jowitt, P. (2007). Modelling fire size and spread in tunnels. *Fire Science and Technology*, 26(02), 125-131.
- [2] Cox, G. (1995). *Combustion fundamentals of fires*. Academic Press, UK, 476.
- [3] Derosa, M. (2004). *Analysis of Mine Fires for all US Metal/Non-metal Mining Categories, 1990–2001*. National Institute for Occupational Safety and Health-NIOSH, Pittsburgh, PA, 51-59.
- [4] Drysdale, D. (1999). *An Introduction to Fire Dynamics: The production and movement of smoke*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, England, 403.
- [5] Hansen, R. (2010). *Design fires in underground mines*. PhD thesis, Mälardalen University, Sweden, 140.
- [6] Hansen, R., & Ingason, H. (2013). Heat release rate measurements of burning mining vehicles in an underground mine. *Fire Safety Journal*, 61, 12–25.
- [7] *PyroSim User Manual-PyroSim Documentation*, (user manual of computer code). (2012). Thunderhead Engineering Consultants, Inc. Manhattan, KS 66502-6081, USA, 102.
- [8] Staffansson, L. (2010). *Selecting design fires*. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, Sweden, 63-75.