

**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 8
No 8

Година VIII
Volume VIII

Ноември 2014
November 2104

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

UDC 622:55:574:658

ISSN 185-6966



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

**ноември 2014
november 2014**

**ГОДИНА 8
БРОЈ 8**

**VOLUME VIII
NO 8**

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

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот:

Проф. д-р Зоран Панов

Издавачки совет

Проф. д-р Саша Митрев
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 Миравовски
Проф. д-р Кимет Фетаху
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

Editorial board

Prof. Saša Mitrev, 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 Миравовски

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

Николинка Донева, Марија Хаџи Николова, Стојанче Мијалковски, Горан Сирачевски КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА ИЗРАБОТКА НА УСКОПИ ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА	5
Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Марија Хаџи-Николова, Николинка Донева МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИЗРАБОТКА НА ЕКОНОМСКА ОЦЕНКА ЗА УТВРДУВАЊЕ НА ОПРАВДАНОСТА ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА РУДНО НАОЃАЛИШТЕ.....	19
Ванчо Аџиски МОЖНОСТИ ЗА СИМУЛИРАЊЕ НА ЕФЕКТОТ НА РЕВЕРСИРАЊЕ НА ЧАДОТ И ПОЖАРНИТЕ ПРОДУКТИ СО ПОМОШ НА CFD СОФТВЕР ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА	31
Тена Шијакова-Иванова, Блажо Боев МИНЕРАЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РУТИЛОТ ОД БОНЧЕ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	43
Тена Шијакова-Иванова, Војо Мирчовски МИНЕРАЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АМАЗОНИТОТ ОД ЧАНИШТЕ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	51
О. Спасовски, Д. Спасовски ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ И МИНЕРАЛОШКО- ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА БАЗАЛТИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ЕЖЕВО БРДО, ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА	59
Војо Мирчовски, Тена Шијакова Иванова, Ѓорги Димов ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА МИНЕРАЛНА ВОДА И ГАС СО ₂ ВО СЕЛО РИБАРЦИ, ОПШТИНА НОВАЦИ, РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	71

Виолета Стојанова, Гоше Петров, Виолета Стефанова ПРИМЕНА НА ФОРАМИНИФЕРИТЕ ЗА ДЕФИНИРАЊЕ НА УСЛОВИТЕ НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА.....	83
Шабан Јакупи, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска ВЛИЈАНИЕТО НА ТЕМПЕРАТУРАТА ВРЗ ОСТАНУВАЊЕТО НА ЈОНИ НА СО И NI ОД ВОДЕНИ РАСТВОРИ СО КЛИНОПТИЛОЛИТ	95
Валентина Кашуба СОСТОЈБИ СО ОТПАДНИТЕ БАТЕРИИ ВО Р. МАКЕДОНИЈА	105
Петар Намичев, Екатерина Намичева ТРАДИЦИОНАЛНИТЕ ВРЕДНОСТИ НА СОКАКОТ КАКО УРБАН ЕЛЕМЕНТ НА МАКЕДОНСКИОТ ГРАД ВО 19 ВЕК.....	115
Петар Намичев, Екатерина Намичева ПРОСТОРНИ ОСОБЕНОСТИ НА ТРАДИЦИОНАЛНАТА КУЌА ВО ШТИП ВО 19 И ПОЧЕТОКОТ НА 20 ВЕК.....	127
Васка Сандева, Катерина Деспот ПОТРЕБА ОД ИЛУМИНАЦИЈА ЗА ПРЕДВИДЕНИТЕ ЗАТВОРЕНИ ПРОСТОРИ	139
Катерина Деспот, Васка Сандева ДИЗАЈНЕРСКАТА МИСЛА ВО ПОЛЗА НА ЛИЦАТА СО ХЕНДИКЕП	151
Владимир Маневски, Марјан Делипетрев ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ПРИМЕНАТА И ЕФЕКТИВНОСТА НА РЕФРАКЦИСКИТЕ ПРОФИЛИ ДОБИЕНИ ПРЕКУ КОРЕЛАЦИЈА СО ГЕО-МЕХАНИЧКИ ПОДАТОЦИ	161

МОЖНОСТИ ЗА СИМУЛИРАЊЕ НА ЕФЕКТОТ НА РЕВЕРСИРАЊЕ НА ЧАДОТ И ПОЖАРНИТЕ ПРОДУКТИ СО ПОМОШ НА CFD СОФТВЕР ВО РУДНИЦИТЕ ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Ванчо Ациски¹

¹ Факултет за природни и технички науки,
Универзитет „Гоце Делчев”, Штип

adziski.v@gmail.com

Краток извадок

Реверсирањето на чадот и пожарните продукти може да биде опасна и потенцијално фатална закана за сите оние кои се зафатени од пожарното сценарио. Трите критични фази во процесот на реверсирање на чадот претставуваат 3D локални ефекти, кои најдобро можат да се анализираат со помош на CFD анализи. Со помош на овие 3D-CFD анализи можеме да ги набљудуваме критичните фази на реверсирањето на чадот и нивната интеракција со брзината на вентилациониот воздушен проток. CFD анализите даваат можност да се прошири опсегот на предвидување на движењето и ширењето на чадот. Во овој труд се опишани можностите за симулирање на ефектот на реверсирање на чадот со помош на CFD софтвер во рудниците за подземна експлоатација. За потребите на овој труд е користен софтверот PyroSim од компанијата Thunderhead Engineering, со кој ќе симулираме три различни CFD пожарни сценарија и ќе ги набљудуваме резултатите и критичните фази на реверсирање на чадот и пожарните продукти.

Клучни зборови: *пожар, реверсирањето на чадот, CFD анализа, моделирање, симулација.*

POSSIBILITIES FOR SIMULATING THE SMOKE ROLL-BACK EFFECT IN UNDERGROUND MINES USING CFD SOFTWARE

Vancho Adjiski¹

¹Faculty of Natural and Technical Sciences,
„Goce Delcev” University, Stip, Macedonia

adziski.v@gmail.com

Abstract

The effect of smoke roll-back in underground mines can be dangerous and potentially fatal threat to all who are affected by the fire scenario. The three critical stages in the process of smoke roll-back are local 3D phenomenon and can best be analyzed by CFD software simulation. With the help of 3D-CFD analysis we can observe the critical stages of smoke roll-back and their reaction to the ventilation network. CFD provides the opportunity to expand the range of prediction of smoke spread for a wide spectrum of airflows, fire intensities, mine-section inclinations and layouts. The paper deals with the possibilities for simulating the smoke roll-back effect in underground mines using CFD software. For the purposes of this research paper is used the PyroSim software from company Thunderhead Engineering and with this software we will perform three different CFD fire scenarios and we will observe the results and critical stages of smoke roll-back effect.

Keywords: *Fire, Smoke roll-back, CFD analysis, Modeling, Simulation.*

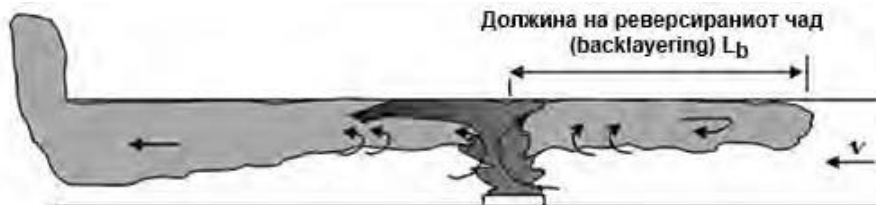
1. Вовед

Пожар настанат во рудник за подземна експлоатација може да има катастрофални последици за сите вработени, ако истиот не се стави под контрола во својата почетна фаза. Првично, термичките пловни сили (buoyancy forces) генерирани од страна на пожарот ќе произведат растечки столб од пламен, проследен со генерирање на чад и пожарни продукти. Со доволна брзина на воздушниот проток (вентилација), чадот и пожарните продукти ќе бидат транспортирани во правец на вентилацијата. Откако пожарот ќе се развие во својот најголем интензитет, пловните сили (buoyancy forces) генерирани од пожарот можат да ја надминат инертната сила на вентилацијата и да започне ефектот на мигрирање на

чадот и пожарните гасови на кровот од рудничката просторија наспроти позитивната вентилација. При ниски воздушни вентилациски брзини во случај на пожар во рудници за подземна експлоатација, секогаш го имаме ефектот на реверсирање на чадот и пожарните продукти. Реверсирањето на чадот и пожарните продукти може да биде опасна и потенцијално фатална закана за рударите и спасувачките екипи, спречувајќи ги истите да се доближат доволно блиску до пожарот за да можат ефикасно да се борат против неговото понатамошното интензивно ширење. Овој пожарен ефект може да се случи директно над рударите и спасувачките екипи, обвивајќи ги со жешки пожарни гасови и со тоа да предизвика фатални последици. Покрај многуте штетни сценарија што може да ги предизвика реверсирањето на чадот, овој ефект може да предизвика и локално реверсирање на вентилациската мрежа со што ќе ги загади чистите воздушни протоци и со тоа значително ќе го отежни процесот на спасување и повлекување. Можноста да се предвиди овој ефект на реверсирање на чадот и пожарните продукти во случај на пожар во рудниците за подземна експлоатација, значително може да ги подобри шансите за безбедно справување со пожарот и безбедна евакуација.

2. Реверсирање на чадот

Реверсирање на чадот обично се случува кога брзината на воздухот е во рамките на низок ($<1\text{m/s}$) воздушен опсег.



Слика 1. Реверсирање на чадот [1]
Figure 1. The process of smoke roll-back [1]

Критичната вентилациска воздушна брзина која може да го спречи ефектот на реверсирање на чадот се пресметува со помош на следнава равенка [2]:

$$v_{cr} = k \left(\frac{g Q' \rho_1}{c_{p1}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.1)$$

Каде што:

v_{cr} - критичната вентилациска воздушна брзина, [m/s];

g - гравитационо забрзување, [m/s²];

k - константа;

Q' - стапката на ослободување на топлина (HRR-heat release rate), [kW];

ρ_1 - амбиентна густина на воздухот, [kg/m³];

c_{p1} - специфичен топлински капацитет на воздухот, [J/kg.K];

T - температура на чадот, [K].

Развојот на процесот за реверсирање на чадот се случува во три фази [3]:

1. Фаза на критична брзина (слика 2а);
2. Фаза на делумно реверсирање на чадот (слика 2б);
3. Фаза на целосно реверсирање на чадот (слика 2ц).

Фазата на критичната брзина е процесот каде што е застапена воздушна брзина која го спречува ефектот на реверсирање на чадот. Во оваа фаза чадот се движи во насока на вентилацискиот воздушен проток (слика 2а). Дефинирањето на критичната вентилациска воздушна брзина претставува еден од главните критериуми, каде што треба да се стави голем акцент при проектирањето на главната вентилациска рудничка мрежа. Како пожарот расте со поголем термички интензитет, инертната сила на вентилацискиот воздушен проток полска се надминува од страна на пожарот и чадот почнува да мигрира на кровот од просторијата движејќи се во двете насоки на рудничката просторија. Оваа фаза од сценариото е дефинирано како делумно реверсирање на чадот (слика 2б). Ако имаме рапидно развивање на пожарот, можно е за многу кратко време просторијата да се исполни со жежок чад кој може да предизвика целосно реверсирање на чадот во спротивна насока од вентилацискиот воздушен проток (слика 2ц). Целосно реверсирање на чадот многу ретко се случува во патните транспортни тунели, бидејќи диференцијалниот притисок помеѓу двата краја од тунелот, кои се отворени кон атмосферата е многу мал и незначителен за овој процес. Сепак овој ефект е многу чест во пожарите кои настануваат во подземните рудници, бидејќи истите се состојат од голем број вентилациски воздушни патишта, ограноци, вентилатори итн.



Слика 2. Развој на фазите во процесот на реверсирање на чадот [3]
Figure 2. Development phases in the process of smoke roll-back, [3]

Достапни се многу софтверски пакети, како што се [4]: MFIRE, Ventgraph, MineFIRE Pro+, VentFIRE™ и др. кои можат да ја предвидат фазата на целосното реверсирање на чадот и пожарните продукти. Сепак, фазата на делумното реверсирање на чадот и пожарните продукти која претставува критичен момент за справување со овој штетен ефект е надвор од опсегот на овие едnodимензионални и еднонасочни софтверски пакети. Оваа критична фаза на делумното реверсирање на чадот претставува клучен момент за справување со овој пожарен ефект и најдобро би се претставил со помош на 3D-CFD анализа. Сепак, треба да се напомене дека 3D-CFD анализите можат да претстават само еден мал дел од целата вентилациска мрежа поради големиот број на пресметки што оваа анализа ги прави, тоа значи дека сме ограничени со компјутерска меморија па така овој метод на пресметки може да се користи само за локални ефекти и не може во целост да ги замени гореспомнатите софтверски пакети.

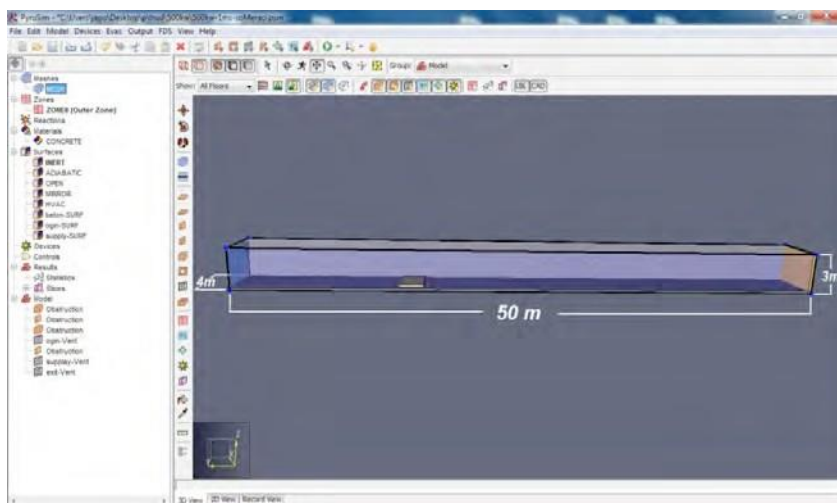
3. Можност за симулирање на ефектот на реверсирање на чадот и пожарните продукти со помош на CFD софтвер во рудниците за подземна експлоатација

За потребите на овој научен труд е користен софтверот PyroSim од компанијата Thunderhead Engineering [5]. PyroSim софтверот е графички кориснички интерфејс на Fire Dynamics Simulator (FDS) [6] 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 вклучувајќи ја и вентилацијата во процесот.

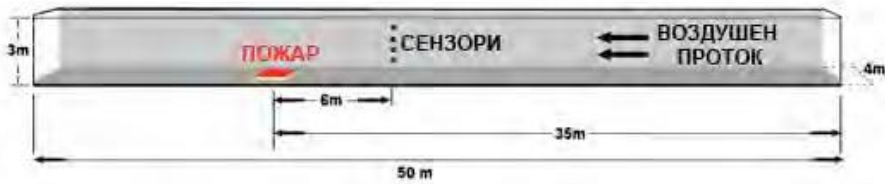
FDS и Smokeview се два бесплатни компјутерски кода кои се создадени од (NIST) USA и се тесно поврзани во еден компјутерски интерфејс од страна на софтверот PyroSim од Thunderhead Engineering.

За потребите на овој научен труд е моделирана хоризонтална рударска просторија со ширина од 4 m, висина од 3 m и должина од 50 m (слика 3).



Слика 3. Процес на моделирање на 3D рударска просторија
Figure 3. Process of modeling computer 3D horizontal mining drift

Локацијата на пожарот е на 35 m од почетокот на хоризонталната рударска просторија и пожарот зафаќа 6 m² површина (2 m должина, 3 m ширина). Во овие три пожарни симулации за мерење на ефектите од пожарот и чадот, сместивме уреди и сензори точно на шест метри од пожарот (претпоставуваме дека тоа е оптимално место за спасувачките екипи кои ќе се обидат да изгаснат пожарот), (слика. 4).

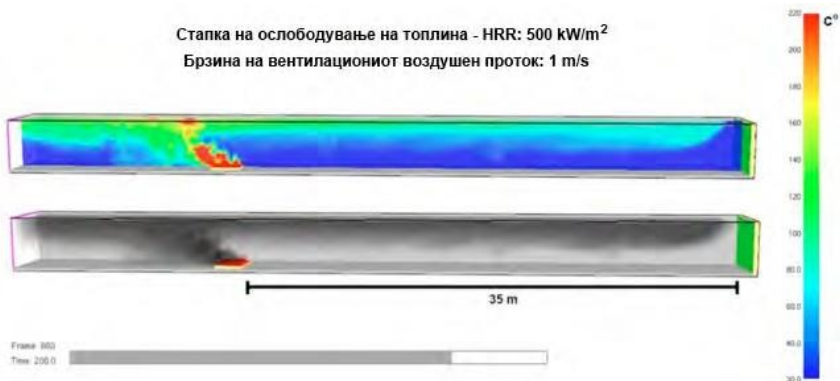


Слика 4. Шема на хоризонталната рударска просторија
Figure 4. Scheme of horizontal mining drift

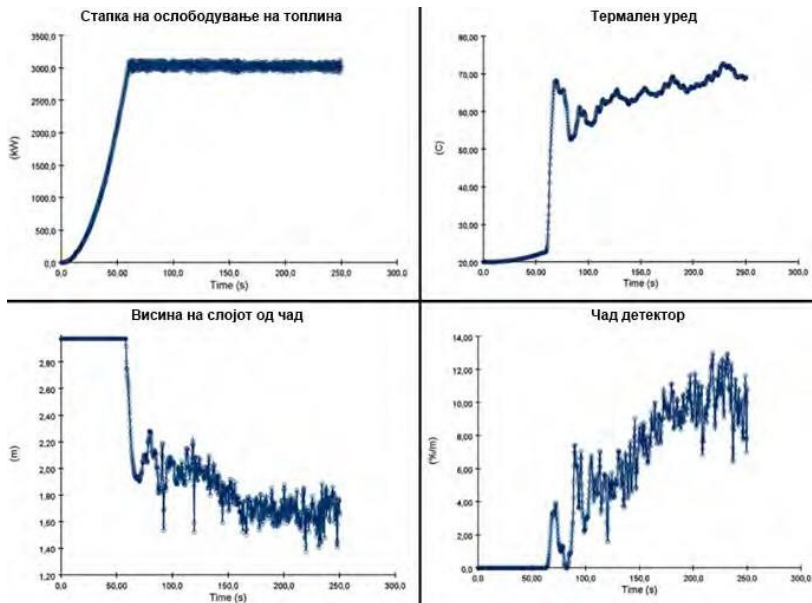
Табела 1. Податоци за CFD симулациите
Table 1. Properties for performing simulations

	Локација на пожарот	Површина на пожарот (m ²)	Стапка на ослободување на топлина HRR (kW/m ²)	Брзина на вентилациониот воздушен проток (m/s)
1.	35 m	6 m ²	500	1 m/s
2.	35 m	6 m ²	500	1,5 m/s
3.	35 m	6 m ²	500	2 m/s

Сите три симулации ќе ги анализираме на ист временски период од започнување на пожарот, односно на 200-та секунда од развивањето на пожарот.



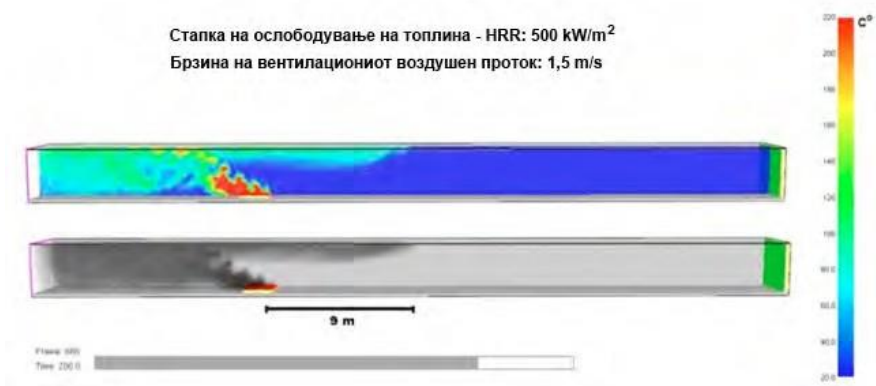
Слика 5. Симулација 1
Figure 5. Simulation 1



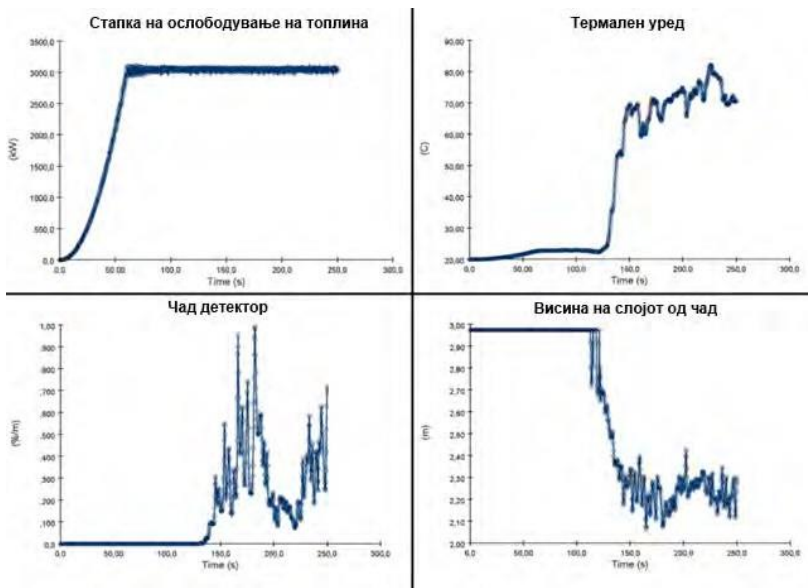
Слика 6. Резултати од уредите и сензорите за симулација 1
Figure 6. Devices and sensors results for simulation 1

Со помош на симулација 1 (слика 5) можеме да заклучиме дека пожарот со стапка на ослободување на топлина од 500 kW/m^2 и брзина на вентилацискиот воздушен проток од 1 m/s може да предизвика целосно реверсирање на чадот (со средна температура на реверсираниот чад во првите 35 m од околу 70 C^0) наспроти позитивната вентилација и да предизвика тешкотии во справувањето со пожарот поради неможнosta на спасувачките екипи да се доближат доволно блиску до пожарот како и можнosta да ги загади останатите рударски простории каде имаме проток на чист воздух. Со помош на уредите и сензорите кои ги сместивме на 6 m растојание од пожарот, можеме да ги набљудуваме различните параметри на пожарот и чадот во зависност од времето, слика. 6.

Симулација 2:



Слика 7. Симулација 2
Figure 7. Simulation 2



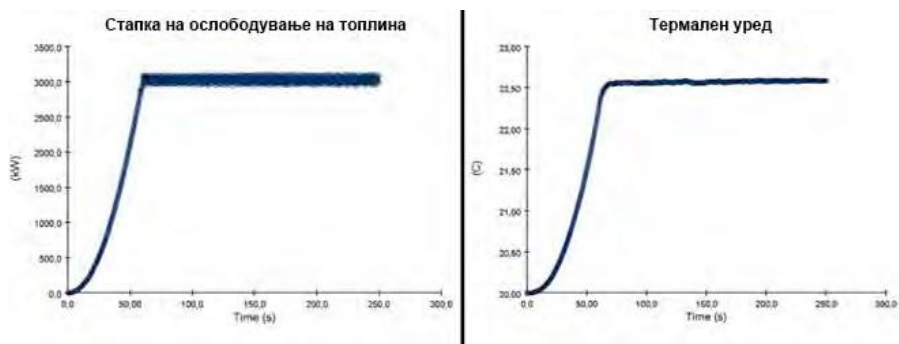
Слика 8. Резултати од уредите и сензорите за симулација 2
Figure 8. Devices and sensors results for simulation 2

Со помош на симулација 2 (слика 7) можеме да заклучиме дека пожарот со стапка на ослободување на топлина од 500 kW/m^2 и брзина на вентилацискиот воздушен проток од $1,5 \text{ m/s}$ може да предизвика делумно реверсирање на чадот наспроти позитивната вентилација со должина на реверсираниот чад од 9 m и средна температура од околу 75 C° . Овие информации за должината на реверсираниот чад и за неговата температура се клучни информации за можните методи кои можат да бидат спроведени за справување и контролирање на пожарот од страна на спасувачките и противпожарните екипи.

Симулација 3:



Слика 9. Симулација 3
 Figure 9. Simulation 3



Слика 10. Резултати од уредите и сензорите за симулација 3
 Figure 10. Devices and sensors results for simulation 3

Со помош на симулација 3 (слика 9) можеме да заклучиме дека пожарот со стапка на ослободување на топлина од 500 kW/m^2 и брзина на вентилацискиот воздушен проток од 2 m/s , за ова сценарио и под овие околности целосно ги насочува (издувува) чадот и пожарните гасови во правец на позитивната вентилација и просторот пред пожарот е слободен од чад и пожарни гасови, што преставува погодна и поволна атмосфера за спасувачките и противпожарните екипи, да можат да се приближат до пожарот и успешно да го совладаат.

Од овие три извршени симулации можеме да заклучиме дека процесот на реверсирање на чадот во најголема мера зависи од критичната брзина на вентилацискиот воздушен проток кој е тесно поврзан со јачината на пожарот. Овој критичен параметар можеме да го пресметаме со равенката 1.1.

4. Заклучок

Пожарите кои настануваат во рудниците за подземна експлоатација претставуваат едни од најсериозните опасности, кои многу често завршуваат со загуби на човечки животи. При ниски воздушни брзини во случај на пожар во рудниците за подземна експлоатација, секогаш го имаме ефектот на реверсирање на чадот и пожарните продукти. Реверсирањето на чадот и пожарните продукти може да биде опасна и потенцијално фатална закана за рударите и спасувачките екипи, спречувајќи ги истите да се доближат доволно блиску за да можат ефикасно да се борат против понатаможното интензивно ширење на пожарот. Во случај на пожар, евакуација на луѓето може да биде исклучително тешка. Можностите за безбедна евакуација и успешното справување со настанатиот пожар се силно поврзани со развојот на пожарот и ширењето на пожарните продукти низ рудничките простории. Можноста да се предвиди овој ефект на реверсирање на чадот и пожарните продукти во случај на пожар во рудниците за подземна експлоатација, значително може да ги подобри шансите за безбедно справување со пожарот и безбедна евакуација.

Фазата на делумното реверсирање на чадот претставува критичен момент за безбедно справување со пожарното сценарио и значително намалување на можните штети. Оваа критична фаза можеме да ја набљудуваме и анализираме со помош на CFD методи со чијашто помош можеме да го анализираме времето на нејзиниот развој и можностите за спречување овој ефект да премине во целосно реверсирање на чадот кој може да донесе катастрофални последици.

Користена литература

- Ingason, H.: Tunnel Fire Safety, (*handbook*), Chapter 11, Thomas Telford Publ. London, 2005, pp.241-245, ISBN:0-7277-3168-8
- John, C., Edwards, R. Franks, V, et al.: Experimental and modeling investigation of the effect of ventilation on smoke rollback in a mine entry”, National Institute for Occupational Safety and Health Pittsburgh Research Laboratory, Pittsburgh, PA, 2006, p.53-58
- Lihong, Z., Smith, A.: ”Improvement of a mine fire simulation program — incorporation of smoke rollback into MFIRE 3.0”, Office of Mine Safety and Health Research, National Institute for Occupational Safety and Health, Pittsburgh, PA, 2011, p.78-85
- Friel, GF., Yuan, L., Edwards JC., et al.: “Fire-generated smoke rollback through crosscut from return to intake-experimental and CFD study”, Proceedings of 11th U.S./North American Mine Ventilation Symposium, Mutmansky, 5-7 June 2006, PA, p.142-151
- PyroSim User Manual-PyroSim Documentation, (*user manual of computer code*), Thunderhead Engineering Consultants, Inc.Manhattan, KS 66502-6081, USA, 2012
- McGrattan, K.B., Forney, G.P., Prasad, K., at al.: “Fire Dynamics Simulator (Version3)-User’s Guide,” U.S. Dept. of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 2002, p.82-94