

11. ročník

# Železný hasič 2012

O putovný pohár  
Katedry  
protipožiarnej  
ochrany



Program súťaže:

8.00 – 8.50 hod. Registrácia súťažiacich

8.30 hod. Prehliadka trate

9.00 hod. Štart prvého pretekára

Od 16.00 hod. Vyhodnotenie súťaže

29. november 2012

posledný štvrtok

v novembri

ŠD TU vo Zvolene

na Barinách

Hlavní partneri



FIRE system



ISSN 1337-0863



9 177 1337 086 005 2 2

Vedecko-odborný časopis  
Katedry protipožiarnej ochrany  
Drevárska fakulta  
Technickej univerzity vo Zvolene  
Slovenská republika  
// Scientific and expert journal  
of the Department of Fire Protection  
the Faculty of Wood Sciences  
and Technology  
the Technical University in Zvolene  
Slovak Republic

# Delta

číslo 12, ročník VI., rok 2012





**DREVÁRSKA FAKULTA**  
 TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE  
 T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika  
 tel.: +421 45 5206 475  
 fax: +421 45 5321 811  
 e-mail: kpo@tuzvo.sk  
 www.tuzvo.sk  
**Katedra protipožiarnej ochrany**

**K P O**

## ŠTUDIJNÉ PROGRAMY

### v odbore 8.3.1 Ochrana osôb a majetku

1. stupeň – bakalársky (Bc.)

**OCHRANA OSÔB A MAJETKU PRED POŽIAROM**  
 D/E, Bc., 3 roky,

2. stupeň – inžiniersky (Ing.)

**TECHNICKÁ BEZPEČNOSŤ OSÔB A MAJETKU**  
 D/E, Bc., 2 roky,

3. stupeň – doktorský (PhD.)

**PROTIPOŽIARNA OCHRANA A BEZPEČNOSŤ**

#### Vysvetlivky:

Forma štúdia: D – denné štúdium, E – externé štúdium

Titul: Bc. – bakalár,

Ing. – inžinier,

PhD. – philosophiae doctor.

**Poplatky za prijímacie konanie:** 1. stupeň – bakalársky: **29 EUR**  
 2. stupeň – inžiniersky: **29 EUR**

číslo účtu: **7000271101/8180**

## Termíny

### Podanie prihlášky:

do **31. marca 2013**: pre bakalársky študijný program  
 do **12. júla 2013**: pre inžiniersky študijný program

### Prijímacie konanie:

1. stupeň – bakalársky: **24.–25. jún 2013**

2. stupeň – inžiniersky: **28.–29. júl 2013**

3. stupeň – doktorský: **prvý júlový týždeň**

## Informácie o štúdiu v odbore 8.3.1 Ochrana osôb a majetku

Tel.: 045/52 06 475  
 045/52 06 104  
 045/52 06 829

e-mail: polakovic@tuzvo.sk  
 kacikova@tuzvo.sk

# Ochrana osôb a majetku

4. medzinárodný zborník vedeckých prác, marec 2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Katedra protipožiarnej ochrany Drevárskej fakulty  
 Technickej univerzity vo Zvolene

prpravuje

## 4. medzinárodný zborník vedeckých prác Ochrana osôb a majetku 2013

V elektronickom zborníku vydanom na CD nosiči a zverejnenom na internete v termíne 15. marec - 15. apríl 2013 budú uverejnené príspevky obsahujúce čiastkové výsledky vedeckovýskumnej činnosti študentov tretieho stupňa štúdia a pôvodné vedecké príspevky z dizertačných prác postdoktorandov v študijnom odbore Ochrana osôb a majetku a príbuzných študijných odboroch.

Cieľom je výmena skúseností medzi doktorandmi a zlepšenie ich schopností samostatne tvoriť pôvodné vedecké články v slovenskom alebo anglickom jazyku.

Vhodnosť príspevkov a ich zaradenie do sekcií bude ako v predchádzajúcich ročníkoch posudzovať medzinárodná redakčná rada zložená z odborníkov z Českej, Poľskej, Maďarskej a Slovenskej republiky. Každý príspevok bude recenzovaný školiteľom doktoranda ako aj garantom sekcie zborníka. Garantmi sekcií sú pedagogickí a vedeckovýskumní pracovníci KPO DF TUZVO podľa svojho vedeckého zamerania.

### SEKCIE:

1. Požiarnotechnické charakteristiky, testovanie horľavosti, proces horenia
2. Protipožiarna bezpečnosť stavieb a protivýbuchová prevencia, technické prostriedky
3. Modelovanie požiarov, informačné technológie v protipožiarnej ochrane, manažment rizík, diagnostika fyzickej záťaže
4. Prevencia a likvidácia mimoriadnych udalostí, hasiace látky, sorbenty

### TERMÍNY:

01. 12. 2012 – 01. 02. 2013	zaslanie príspevkov v elektronickej forme na adresu emilia.oremusova@tuzvo.sk
05. 02. 2013	informácia o prijatí príspevku a odoslanie recenzentom
20. 02. 2013	posudky od recenzentov a informácia o poplatku
25. 02. 2013	zaslanie príspevkov po zapracovaní pripomienok recenzentov
01. 03. 2013	splatnosť poplatku za zverejnenie príspevku 10,- €
15.03. 2013 – 15. 04. 2013	elektronický zborník uverejnený na internete

Informácie o zložení medzinárodnej redakčnej rady a garantoch sekcií, fakturačné údaje a šablóna príspevku a ďalšie spresňujúce údaje budú uverejnené na internetovej stránke KPO DF TUZVO od 01. decembra 2012.

**doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD.**  
 odborný garant podujatia

**Redakčná rada časopisu DELTA**  
**// Editorial Board of DELTA Journal**

**Predseda redakčnej rady // Editor in Chief**

doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic

**Členovia redakčnej rady // Members of Editorial Board**

prof. Ing. Karol Balog, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
doc. RNDr. Anna Danihelová, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic

prof. Dr. Ing. Aleš Dudáček, Česká republika // Czech Republic  
Ing. Jaroslav Flachbart, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
mjr. Ing. Štefan Galla, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
prof. RNDr. František Kačík, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic

doc. Dr. Ing. Miloš Kvarčák, Česká republika // Czech Republic  
prof. Mgr. Juraj Ladomerský, CSc., Slovenská republika // Slovak Republic

doc. RNDr. Iveta Marková, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
doc. Ing. Ladislav Olšar, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
prof. Ing. Anton Osvald, CSc., Slovenská republika // Slovak Republic  
prof. Ing. Milan Oravec, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
PaedDr. Peter Polakovič, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic  
Ing. Miroslava Rákociová, Slovenská republika // Slovak Republic  
Dr. h. c. mult. prof. Ing. Juraj Sinay, DrSc., Slovenská republika // Slovak Republic

prof. Ing. Ján Tuček, CSc., Slovenská republika // Slovak Republic  
doc. Ing. Ivana Tureková, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic

**Výkonný redaktor // Executive Editor**

Ing. Ludmila Tereňová, PhD., Slovenská republika // Slovak Republic

**Technický redaktor // Technical Editor**

PhDr. Eva Fekiačová, Slovenská republika // Slovak Republic

**Vydavateľ // Editor**

Katedra protipožiarnej ochrany // Department of Fire Protection  
Drevárska fakulta // Faculty of Wood Science and Technology  
Technická univerzita vo Zvolene // Technical University in Zvolen  
T. G. Masaryka 24 // T. G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen // 960 01 Zvolen  
Slovenská republika // Slovak Republic  
Tel.: +421 45 5206 828  
e-mail: ludmila.terenova@tuzvo.sk  
IČO 00397440

**Tlač // Print**

Technická univerzita vo Zvolene // Technical University in Zvolen  
T. G. Masaryka 24 // T. G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen // 960 01 Zvolen  
Slovenská republika // Slovak Republic

Vychádza 2-krát ročne. // Published twice in year.  
December 2012 // December 2012

Cena výtlačku je 5 EUR. // Journal price is 5 EUR.

Ročné predplatné je 8 EUR. Objednávky prijíma redakcia.

// The subscription rate for year is 8 EUR. Order forms should be returned to the editorial office.

EV 3857/09

ISSN 1337-0863

## Obsah/Content

### Delta 12/VI, 2012

**Prihovor // Preface**

*Prihovor* **2**  
Kačíková, D.

**Vedecké a odborné články // Scientific and expert papers**

*Numerické modelovanie šírenia lesných požiarov* **3**  
Balažovjeh, M. – Halada, L. – Mikula, K. – Petrášová, M. – Urbán, J.

*Porovnanie zapáliteľnosti vybraných druhov drevín  
jednoplameňovým zdrojom* **8**  
Orémusová, E. – Čepec, R.

*Posúdenie účinnosti hydrogenuhličitanu draselného  
na zvýšenie termickej odolnosti celulózy  
prostredníctvom termogravimetrickej analýzy* **12**  
Martinka, J. – Chrebet, T. – Balog, K. – Hrušovský, I.  
– Rybakowski, M.

*Simulace evakuace osob spojená s matematickým  
modelovaním požáru* **17**  
Kučera, P. – Antonín, M.

*Thermophysiological Comfort of Underwear Worn under  
Firefighting Suits* **23**  
Bernatíková, Š. – Jánošík, L.

**Predstavujeme Vám... // We are introducing to you...**

*Prof. Ing. Antonovi Osvaldovi, CSc. k jeho životnému  
jubileu* **27**  
Mitterová, I.

**Uskutočnené podujatia // Conducted events**

*Matematika a geometria okolo nás – šírenie ohňa* **29**  
Koreňová, B.

*Termická analýza a protipožiarne bezpečnosť* **30**  
Orémusová, E.

*Informácie o medzinárodnej vedeckej konferencii  
„AFSE 2012“* **31**  
Zachar, M.

*Abstrakty príspevkov z medzinárodnej vedeckej  
konferencie „AFSE 2012“* **32**

**Dobrovoľná požiarna ochrana // Volunteer Fire Service**

*Tímový záchránár 2012* **41**  
Cagalová, P.

**Štúdium a ďalšie vzdelávanie // Study and further education**

*Zhodnotenie a. r. 2011/2012 v odbore 8.3.1 Ochrana osôb  
a majetku na Drevárskej fakulte Technickej univerzity  
vo Zvolene* **42**  
Kačíková, D.

## PRÍHOVOR PREFACE

Vážení čitatelia, prispievatelia a členovia redakčnej rady časopisu Delta,

čas nezadržateľne letí, hlavne, keď je naplnený prácou. Akoby to bolo včera, keď sme vo februári 2007, v roku desiateho výročia vzniku Katedry protipožiarnej ochrany Drevárskej fakulty Technickej univerzity vo Zvolene pripravili s podporou medzinárodnej redakčnej rady prvé číslo časopisu Delta. V jeho úvodnom slove predseda redakčnej rady, prof. Ing. Anton Osvald, CSc., uviedol, že v časopise budeme prinášať „informácie a poznatky z oblasti protipožiarnej prevencie, represie, hodnotenia termickej stability a zmien tepelne a požiarne zaťažených materiálov, normotvornej činnosti, technických prostriedkov, taktiky, legislatívy a ostatných činností v ochrane osôb a majetku a bezpečnostnom inžinierstve“, a v pravidelných rubrikách budeme informovať „o významných osobnostiach a udalostiach“. Tieto plány sme naplnili výberom príspevkov v predchádzajúcich jedenástich číslach a zaujímavé informácie sme pre Vás pripravili aj teraz.

V 12. čísle VI. ročníka časopisu Delta, ktoré držíte v rukách, predstavujeme pri príležitosti životného jubilea profesora A. Osvalda, ktorý po zmene pracoviska zostal členom našej redakčnej rady. Príjame sa tak k pozvaným gratulantom so želaním pevného zdravia, osobných a pracovných úspechov. V predchádzajúcich číslach sme v rubrike *Predstavujeme Vám* priniesli portréty JUDr. J. Minárika, prof. K. Baloga, prof. A. Krakovského a iných významných osobností z vysokých škôl, Hasičského a záchranného zboru SR a Dobrovoľnej požiarnej ochrany SR. Okrem profilov osobností sme uverejnili aj príspevky predstavujúce autorizované skúšobne, napr. FIRES, s. r. o. Batizovce, ale aj prístroje a zariadenia na KPO, napr. kalorimeter IKA C 5000 Control, prístroj VK na meranie výbušnosti a iné.

Že Delta nie je časopisom vytvoreným len pre pracovníkov KPO DF TUZVO, svedčí záujem o publikovanie z radov odborníkov z vysokých škôl a praxe na Slovensku ale aj iných krajín. V rubrike *Vedecké a odborné články* sme doteraz uverejnili príspevky autorov zo Slovenska, Českej republiky, Maďarska, Nemecka, Poľska a Číny. Avšak časopis je pre pracovníkov KPO DF TUZVO príležitosťou na konfrontáciu poznatkov s kolegami z iných slovenských inštitúcií a zahraničia, ako aj na prehĺbovanie spolupráce pri spoločnom riešení projektov. A pre našu výkonnú redaktorku Ing. Tereňovú je príležitosťou na neustále zlepšovanie organizačnej práce pri návrhoch pre jednotlivé čísla a hľadani ďalších spolupracovníkov. Členovia medzinárodnej redakčnej rady bravúrne zvládajú dodržiavanie ter-

mínov na posudzovanie príspevkov a majú zásluhu na zvyšovaní kvality vedeckých a odborných článkov, hoci u niektorých autorov sa to stretávame s negatívnym postojom k recenzovaniu.

V časti *Uskutočnené podujatia* sa v prípade vedeckých a odborných podujatí snažíme uverejniť nielen základné informácie, ale aj abstrakty prijatých príspevkov, ktoré odrážajú stav a trendy vo výskume. Tak bol väčší počet odborníkov informovaný o našich konferenciách, sympóziách a seminároch, napr. Wood and Fire Safety, Fire Engineering, Teplo-ohň-materiály, Ochrana oblastí postihnutých ničivými prírodnými pohromami, Reakcia na oheň stavebných materiálov a požiarne bezpečnosť stavieb, Fórum mladých odborníkov protipožiarnej ochrany a iné. Uverejnili sme aj postrehy našich pracovníkov z účasti na zahraničných vedeckých podujatiach, napr. 1<sup>st</sup> International Scientific Conference on safety Engineering and 11<sup>th</sup> International Conference Fire and Explosion Protection Novi Sad (Srbsko). Do budúcnosti by sme boli veľmi radi, keby naši čitatelia a členovia redakčnej rady informovali aj o svojich podujatiach formou pozvánky, resp. informácii o uskutočnenej konferencii či odbornom seminári.

Pre čitateľov boli zaujímavými aj informácie o Dobrovoľnej požiarnej ochrane, zasadnutiach valného zhromaždenia DPO, oslavách hasičstva, športových podujatiach a územných súťažiach, ale najmä o každoročných súťažiach O putovný pohár KPO DF TUZVO – železný hasič.

Časopis Delta je vydávaný na Technickej univerzite, preto informácie o štúdiu zaberajú dôležitý priestor. V tomto čísle sa dozviete nielen o akreditovaných študijných programov v odbore Ochrana osôb a majetku, ale aj o jeho absolventoch a postrehoch z priebehu akademického roku 2011/2012. V predchádzajúcich číslach v časti Štúdium a ďalšie vzdelávanie sme informovali o možnostiach trojstupňového štúdia v študijnom odbore Ochrana osôb a majetku, ale aj o odbornej príprave na KPO DF TUZVO.

Čas naplnený prácou nezadržateľne letí. Ak je tá práca zmysluplná, tak neľutujeme námahu ani odriekanie. Záujem o publikovanie v našom časopise od spolupracovníkov z domova a zahraničia nám dáva nádej, že naše snaženie je ozaj zmysluplné, že je pre Vás zaujímavé v Delte publikovať a získavať z nej nové poznatky a informácie.

Ďakujeme Vám za Vašu priazeň a podporu, tešíme sa na Vaše príspevky a spoluprácu.

Doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD.  
predseda redakčnej rady

# NUMERICKÉ MODELOVANIE ŠÍRENIA LESNÝCH POŽIAROV NUMERICAL MODELING OF FOREST FIRE PROPAGATION

Martin Balažovjeh – Ladislav Halada – Karol Mikula,  
Mária Petrášová – Jozef Urbán

**Abstrakt:** V článku prezentujeme nový matematický model a numerický algoritmus na modelovanie šírenia lesných požiarov. Model je založený na evolúcii rovinnej krivky (reprezentujúcej hranicu lesného požiaru) v smere vonkajšej normály rýchlosťou, ktorá závisí od horľavosti prostredia, rýchlosti vetra a tvaru hranice lesného požiaru. Na numerické riešenie matematického modelu využívame tzv. Lagrangeovský prístup, v ktorom je kľúčovým faktorom rovnomerná tangenciálna redistribúcia bodov pohybujúcej sa krivky, vďaka ktorej nedochádza k umelým samopriese- kom a je zabezpečená stabilita numerického algoritmu. Vďaka rovnomernej redistribúcii bodov vieme tiež rýchlo detekovať topologické zmeny (delenie a spájanie kriviek), ktoré môžu nastať pri šírení lesného požiaru. Tieto prístupy robia našu metódu vysoko efektívnou a predstavujú významné vylepšenie existujúcich numerických modelov šírenia lesných požiarov.

**Kľúčové slová:** lesný požiar, matematické modelovanie, numerické simulácie

**Abstract:** We present new mathematical model and numerical algorithm for modeling of the forest fire propagation. The model is based on evolution of plane curve (representing the forest fire front) in the outer normal direction by a speed given by the properties of a fuel bed, wind speed and shape of the front. For the numerical modeling we use so-called Lagrangean approach where the crucial point is an asymptotically uniform tangential redistribution of grid points which prevents the moving front from forming spurious crossovers and guarantee stability of numerical algorithm. Thanks to the uniform redistribution of grid points we detect in a fast way topological changes (splitting or merging of evolving curves) which may arise in the forest fire propagation. Such approach makes our method highly efficient and represents significant improvement of the existing numerical models for the forest fire propagation.

**Keywords:** forest fire, mathematical modeling, numerical simulations

## 1. ÚVOD

Lesné požiare v súčasnosti zanechávajú po sebe veľké materiálne škody a aj straty na ľudských životoch. Preto sa hľadajú spôsoby, ako simulovať šírenie lesných požiarov na počítači. Umožňovalo by to lepšie odhadnúť miesta, kde by bol požiarový zásah efektívnejší a minimalizovať tak možné následky. V súčasnosti už existujú softvéry na simuláciu lesných požiarov, ale nie každý je dostatočne realistický alebo efektívny. Jedným z najznámejších a najpoužívanejších softvérov vo svete je FARSITE (Fire area simulator), ktorý bol postupne od 90. rokov minulého storočia vyvíjaný v Montane, USA (FINNEY 2004). Tento softvér v sebe zahŕňa najnovšie modely šírenia lesných požiarov. Hranica požiaru (voláme ju tiež front) je reprezentovaná uzavretou krivkou v tvare polygónu a šírenie požiaru sa riadi Huygensovým princípom. To znamená, že v každom bode krivky sa nachádza bodový zdroj požiaru. Z tohoto zdroja sa požiar ďalej šíri v tvare elipsy (RICHARDS 1990). Poloosi elipsy závisia od horľavosti prostredia, sklonu terénu a rýchlosti vetra. Novú krivku (novú hranicu požiaru) tvorí vonkajšia obálka elíps.

Softvér FARSITE má však aj určité nedostatky. Najväčším problémom je, že vyvíjajúca sa krivka sa môže „zauzliť“, t. j. vzniknú samopriesečky pohybujúcej sa krivky, viď obrázok 4. Tieto samopriesečky („crossovers“ v nasledujúcom citáte z anglického textu) môžu vzniknúť jednak numerickými nestabilitami výpočtu alebo celkom prirodzene, ak pri vývoji krivky majú nastať tzv. topologické

zmeny (delenie a spájanie kriviek). Samotné testovanie, či nastáva topologická zmena pri pohybe krivky, zaberá podstatnú časť výpočtového času, pretože v prístupe softvéru FARSITE je treba v každom časovom kroku počítať vzájomné vzdialenosti všetkých bodov krivky. Zložitosť takéhoto prístupu rastie s druhou mocninou počtu bodov krivky a výrazne spomaľuje výpočet. Tieto problémy sú explicitne spomínané v poslednom manuáli k softvéru (FINNEY 2004):

*“These crossovers, however, must be removed to preserve the meaningful portions of the fire front. ...a list of pairwise comparisons is made to detect intersections between each perimeter segment and every other perimeter segment of a given fire polygon. Regardless of the methods chosen, the process of crossover removal is expensive in time and computing power, and is an interesting area for further research and improvement.”*

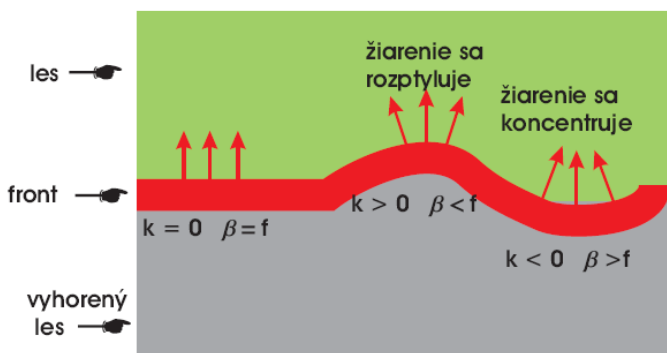
Cieľom autorov tohoto článku bolo odstrániť vyššie spomínané nedostatky softvéru FARSITE a zároveň vytvoriť nový matematický a numerický model pre simuláciu šírenia lesných požiarov. Navrhnutý model je, podobne ako FARSITE, založený na vývoji uzavretých rovinných kriviek, ktoré reprezentujú hranicu požiaru, avšak jeho numerická realizácia neuvažuje len s normálovou rýchlosťou pohybu krivky ale aj s jeho tangenciálnou zložkou, čo nám umožňuje stabilizovať numerický výpočet (MIKULA, ŠEVČOVIČ 2004) a detekovať veľmi rýchlym spôsobom topologické zmeny, ktoré môžu nastať počas vývoja požiaru. Okrem toho zavádzame do matematického modelu šírenia lesného požiaru vplyv krivosti hranice požiaru a vhodným

spôsobom riešime vplyv smeru vetra a sklonu terénu, čím sa model stáva realistickým z fyzikálneho hľadiska.

## 2. MODEL ŠÍRENIA LESNÉHO POŽIARU

Z fyzikálneho pohľadu závisí šírenie lesného požiaru najmä od horľavosti prostredia a spôsobu akým sa teplo prenáša z plameňa na porast. Teplo z plameňa na porast sa môže šíriť: vedením, prúdením alebo žiarením. Vedenie tepla cez materiál (lesný porast) je veľmi pomalé a pri simulácii lesných požiarov sa zanedbáva. Kľúčovú úlohu zohráva prúdenie a žiarenie. Za bezvetria teplý vzduch stúpa nahor a nie na porast a teda prúdenie vzduchu neovplyvňuje šírenie ohňa. To znamená, že za bezvetria sa teplo prenáša hlavne žiarením. Na druhej strane, vplyvom vetra teplý vzduch nestúpa priamo nahor ale plameň sa nakláňa, približuje k zemi, čím spôsobuje rýchlejšie vysušovanie porastu v smere vetra a teda aj rýchlejšie šírenie lesného požiaru.

Z matematického hľadiska je tvar pohybujúcej sa krivky (hranice požiaru) ovplyvnený len normálovou zložkou rýchlosti tohoto pohybu, ktorú označíme  $\beta$ , pričom uvažujeme smer vonkajšej normály ku krivke, ktorý označíme  $\vec{n}$ . Druhá, tangenciálna zložka pohybu, ktorú budeme označovať  $\alpha$ , slúži len na reparametrizáciu pohybujúcej sa uzavretej krivky a v spojitých formulácii modelu neovplyvňuje jej tvar. Vzhľadom na tieto vlastnosti sa v štandardnej formulácii modelu šírenia lesného požiaru uvažuje len s normálovou rýchlosťou  $\beta$ .



Obr. 1. Vplyv krivosti hranice lesného požiaru na rýchlosť šírenia

Najskôr budeme uvažovať šírenie požiaru za bezvetria, teda keď dominantný mechanizmus prenosu tepla je žiarenie. V dôsledku žiarenia je rýchlosť šírenia požiaru závislá na tvare jeho hranice, ktorú môžeme reprezentovať krivosťou  $k$ . Nech skalárna funkcia  $f$  popisuje normálovú rýchlosť šírenia požiaru v danom prostredí lesného porastu v prípade rovného (lineárneho) frontu. Ak je tvar frontu konvexný, teda krivosť je kladná, žiarenie sa rozptyluje tak, ako je to znázornené na obrázku 1. Intenzita žiarenia dopadajúca na porast je potom nižšia ako v prípade lineárneho frontu, les sa vysušuje pomalšie a teda normálová rýchlosť šírenia požiaru  $\beta$  je menšia ako  $f$ . Naopak, ak je krivosť záporná, žiarenie sa koncentruje a rýchlosť šírenia požiaru v smere normály je väčšia ako  $f$ . Ak uvažujeme lineárnu závislosť rýchlosti šírenia požiaru na krivosti vedú nás predchádzajúce úvahy k definícii normálovej rýchlosti v tvare

$$\beta = f(1 - \delta k), \quad (1)$$

kde  $\delta$  je miera vplyvu krivosti na rýchlosť šírenia hranice lesného požiaru. Vietor a sklon svahu majú kvalitatívne rovnaký vplyv na rýchlosť šírenia požiaru. Čím je silnejší vietor, prípadne čím je strmší svah, tým viac sa plameň prikláňa k zemi. Okrem toho teplý vzduch prúdi šikmo nahor a vznikajú turbulencie, ktoré takisto prikláňajú horúci vzduch k zemi či už v smere vetra alebo v smere stúpania terénu. Žiarenie je teda silnejšie v smere vetra a v smere stúpania terénu, čo má za následok, že požiar sa šíri rýchlejšie v týchto smeroch a pomalšie proti smeru vetra a v smere klesania terénu. Nech vektorová funkcia  $\vec{v}$  predstavuje rýchlosť vetra respektíve vyjadruje sklon terénu. Potom jej projekcia na vonkajšiu normálu  $\vec{n}$  ku krivke je kladná na prednej strane frontu (v smere vetra respektíve stúpania terénu) a záporná na opačnej zadnej strane frontu. Potom ľubovoľná neklesajúca funkcia  $g(\vec{v} \cdot \vec{n})$ , kde  $\vec{v} \cdot \vec{n}$  predstavuje skalárny súčin vektorov  $\vec{v}$  a  $\vec{n}$ , ktorá je rovná 1 pre  $\vec{v} \cdot \vec{n} = 0$  (situácia za bezvetria respektíve pri rovinnom teréne), a ktorá nadobúda hodnoty väčšie ako 1 pre kladné čísla a hodnoty medzi 0 a 1 pre záporné čísla predstavuje vhodnú modifikáciu rovnice (1) pre zahrnutie vplyvu vetra alebo sklonu terénu. Normálová rýchlosť má v takom prípade tvar

$$\beta = g(\vec{v} \cdot \vec{n}) f(1 - \delta k). \quad (2)$$

Typickým príkladom takejto funkcie  $g$  je exponenciálna funkcia, ktorá je z literatúry známa na vhodný popis vplyvu vetra pri požiaru v borovicovom lese (VIEGAS et al. 2002). Pri takejto voľbe má normálová rýchlosť šírenia hranice lesného požiaru pod vplyvom vetra na rovinatom území tvar

$$\beta = e^{\lambda(\vec{v} \cdot \vec{n})} f(1 - \delta k), \quad (3)$$

kde parameter  $\lambda$  predstavuje mieru vplyvu vetra na rýchlosť šírenia požiaru. Tento tvar nášho modelu uvádzame, lebo numerické experimenty prezentované v ďalšom texte tohoto článku boli získané v spolupráci so spoločnosťou Vojenské lesy a majetky SR, odštepny závod Malacky, ktorá spravuje rovinaté územie prevažne borovicových lesov na Záhorí. Náš finálny matematický model (2) respektíve konkrétny model pre územie Záhorskej nížiny (3) obsahuje empirické parametre  $f$ ,  $\lambda$  a  $\delta$ . Hodnoty funkcie  $f$  v jednotlivých bodoch záujmovej oblasti získavame na základe typologických lesníckych máp obsahujúcich typ, vek a zakmenenie porastu, pričom predpokladáme, že najhorľavejší je mladý a hustý ihličnatý porast. Na základe týchto máp je pomocou softvéru ArcGIS vytvorená bitová mapa (pixelový obraz) územia s rozmerom pixela napríklad  $1 \times 1$  m, v ktorom sú normálové rýchlosti  $f$  lineárneho frontu za bezvetria odlišené farebne, a to od maximálnej bielej hodnoty (predstavujúcej napríklad rýchlosť 1 meter za minútu pre borovicový porast) cez hodnoty šedej až po čiernu farbu, ktorá predstavuje nulovú rýchlosť v nehorľavom prostredí. Typický príklad takejto mapy predstavujúcej územie  $3 \times 3$  km uvádzame na obrázku 2. Na ilustráciu tiež prezentujeme simuláciu lesného požiaru nami vytvoreným softvérom. Požiar začína v pravom hornom rohu a jeho hranica je indikovaná malým

modrým krúžkom. Smer a veľkosť rýchlosti vetra sú indikované v ovládacom menu červenou šípkou a číslom pod ňou. Ako vidno z postupnosti obrázkov, v prvej faze vietor fúkal juho-juhozápadným smerom rýchlosťou  $1 \text{ ms}^{-1}$ , následne juho-juhovýchodným smerom a na záver sa vrátil do pôvodného smeru ale zdvojnásobila sa jeho rýchlosť. Tvar hranice požiaru správne reflektuje nehomogenitu porastu a zmeny smeru vetra v príslušných časových úsekoch.

### 3. NUMERICKÁ IMPLEMENTÁCIA

Označme  $\vec{x}$  polohový vektor pohybujúcej sa krivky vyjadrujúcej hranicu lesného požiaru. Ak jej rýchlosť vyjadríme ako časovú deriváciu tohoto polohového vektora, dostaneme pohybovú rovnicu

$$\dot{\vec{x}}_t = \beta \vec{n} + \alpha \vec{t} \quad (4)$$

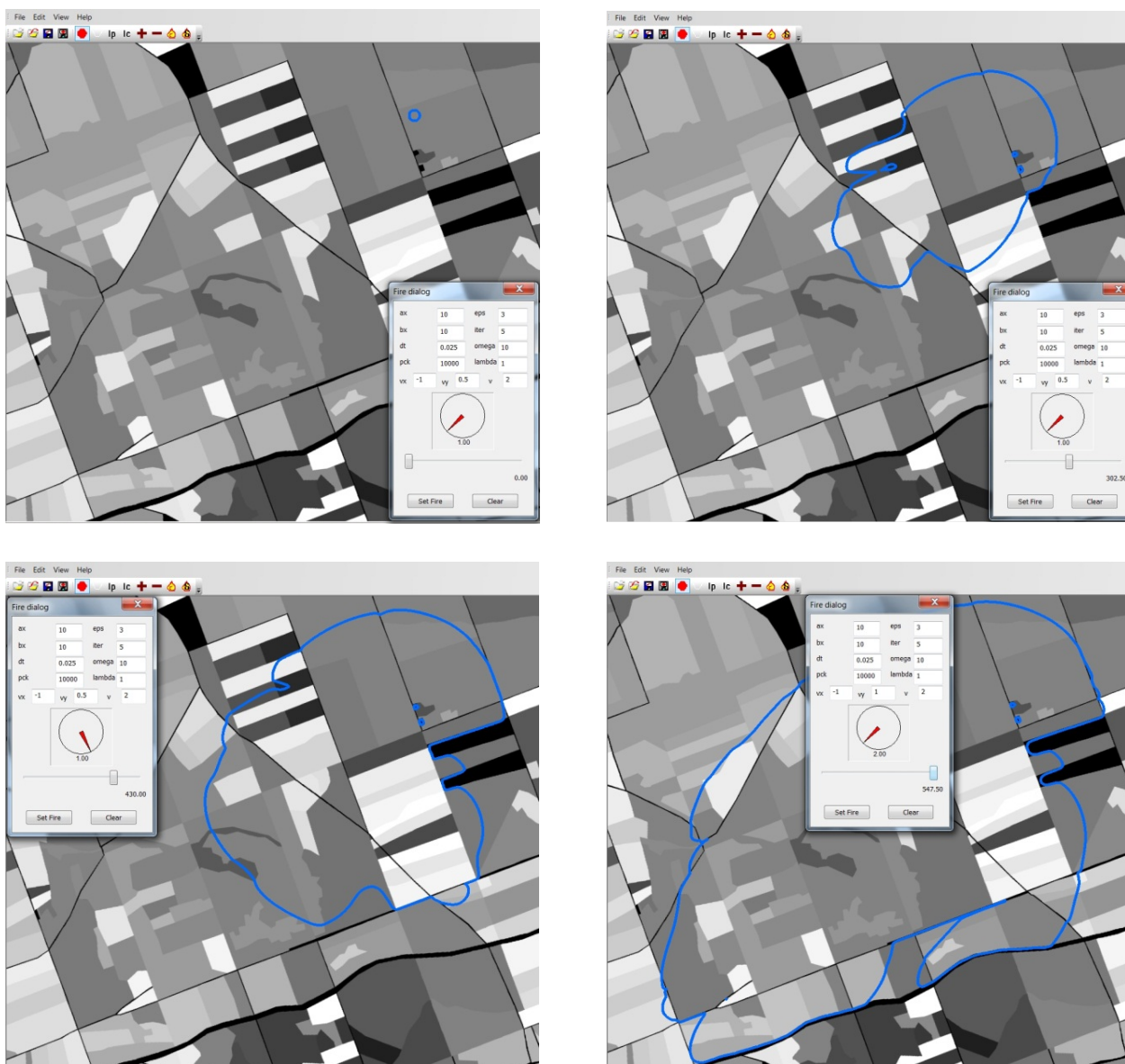
kde  $t$  reprezentuje čas,  $\vec{n}$  jednotkovú vonkajšiu normálu,  $\vec{t}$  jednotkovú tangentu ku krivke,  $\beta$  normálovú zložku rýchlosti pohybu

a  $\alpha$  tangenciálnu zložku rýchlosti pohybu. Následne v rovnici (4) vyjadríme tangentu  $\vec{t}$  ako deriváciu polohového vektora podľa jednotkovej dĺžkovej parametrizácie  $s$ ,  $\vec{t} = \vec{x}_s$ , vektor normály ako naň kolmý vektor,  $\vec{n} = (\vec{x}_s)^\perp$ , a z Frenetových vzorcov získame vzťah pre vektor krivosti  $k\vec{n} = -\vec{t}_s = -\vec{x}_{ss}$ . Po dosadení týchto vzťahov do rovnice (4) pri uvážení matematického modelu (3) pre normálovú rýchlosť  $\beta$  dostaneme systém nelineárnych parciálnych diferenciálnych rovníc

$$\dot{\vec{x}}_t = \delta f e^{\lambda(\vec{v} \cdot \vec{n})} \vec{x}_{ss} + f e^{\lambda(\vec{v} \cdot \vec{n})} (\vec{x}_s)^\perp + \alpha \vec{x}_s \quad (5)$$

ktorý riešime numericky metódou plávajúcich konečných objemov, pričom detaily metódy sú prezentované v práci (BALAŽOVJECH et al. 2012).

Ako vidno aj z numerickej simulácie na obrázku 2, pri reálnom požari sa môže na danom území nachádzať oblasť, ktorá je výrazne menej horľavá ako jej okolie (alebo úplne nehorľavá), takže ju celú alebo jej časť môže požiar obkľúčiť a následne sa spojiť a vytvoriť



Obr. 2. Ukážka pixelovej mapy a priebehu simulácie lesného požiaru na časti územia Záhorskej nížiny

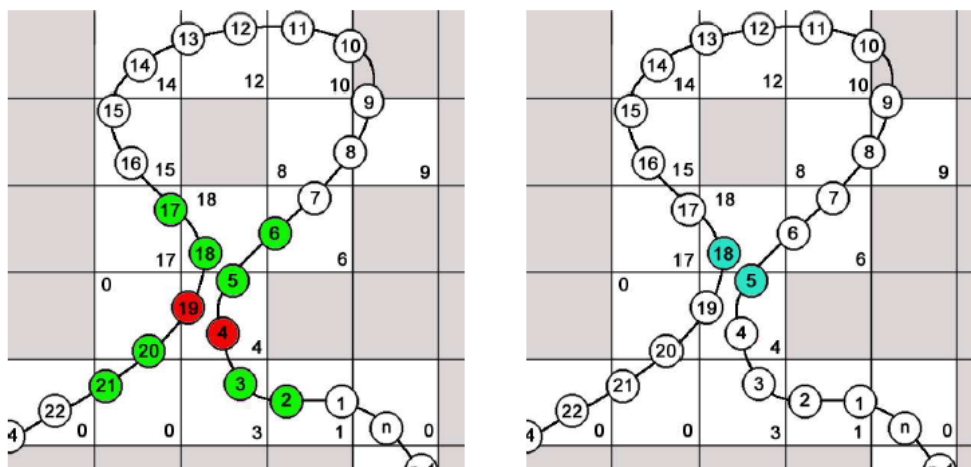
tak dva fronty, jeden expandujúci a druhý sťahujúci sa. Teda z jednej krivky vzniknú dve a pre každú z nich musíme následne riešiť samostatný systém (5). Opačná situácia môže vzniknúť, keď sa dva samostatné požiare stretnú a teda dve krivky sa spoja do jednej. Takéto procesy nazývame topologickými zmenami a ich detekcia je samostatným a náročným problémom každého Lagrangeovského algoritmu pre pohyb kriviek. Na detekciu topologickej zmeny potrebujeme nájsť dva nesusedné body krivky ktorých vzájomná vzdialenosť je menšia ako predpísaná hodnota tolerancie. Na obrázku 3 je zobrazená táto situácia pre body s číslami 5 a 18, v ktorých sa má práve krivka rozdeliť na dve. Toto rozdelenie sa dosiahne zrušením prepojenia bodov 4-5 a 18-19 a zavedením prepojenia 5-18, ktoré bude patriť obidvom novovzniknutým krivkám.

V doteraz používaných prístupoch sa na detekciu topologických zmien využíval výpočet vzájomnej vzdialenosti všetkých dvojíc nesusedných bodov, z ktorých sa potom vybrali dva s najmenšou vzdialenosťou. Tento postup je však časovo veľmi náročný. Napríklad pri  $n = 10^3$  bodoch reprezentujúcich krivku potrebujeme na výpočet rádovo  $n^2 = 10^6$  operácií, keďže vyšetrujeme všetky dvojice bodov na krivke. Náš prístup, ktorý prezentujeme aj v tomto článku je rádu  $n$  a teda mnohonásobne rýchlejší. Vďaka tangenciálnej redistribúcii sú body na našej krivke rovnomerne rozmiestnené. Počas vývoja krivky (alebo viacerých kriviek) sa jej dĺžka zväčšuje, resp. znižuje. Prídávaním alebo odobraním bodov počas výpočtu zabezpečujeme, aby vzájomná vzdialenosť susedov nebola väčšia ako 1 a menšia ako 0.4. To znamená, že v jednom pixeli, ktorého veľkosť nastavíme na 1, budú vďaka rovnomernej redistribúcii a hladkosti vyvíjajúcej sa krivky (tá je zabezpečená krivostným členom) vždy maximálne tri body (uhlopriečka pixela má dĺžku  $\sqrt{2}$ ). Pozdĺž krivky vytvoríme pás pixelov o hrúbke 1, viď obrázok 3. Základná myšlienka nášho prístupu k detekcii topologických zmien je, že tento pás nepreťne iná časť krivky v prípade, že nenastáva topologická zmena a naopak, nájdú sa dva nesusedné body v jednom pixeli tohoto pásu v prípade,

že topologická zmena má nastať. Pod susednými bodmi rozumieme blízke body, pre ktoré platí  $i - j \leq 2$ , kde  $i$  a  $j$  sú poradové čísla týchto bodov krivky. Naša myšlienka detekcie topologických zmien a jej výpočtová realizácia sú zhrnuté v nasledujúcom algoritme, ktorý je tiež ilustrovaný na obrázku 3:

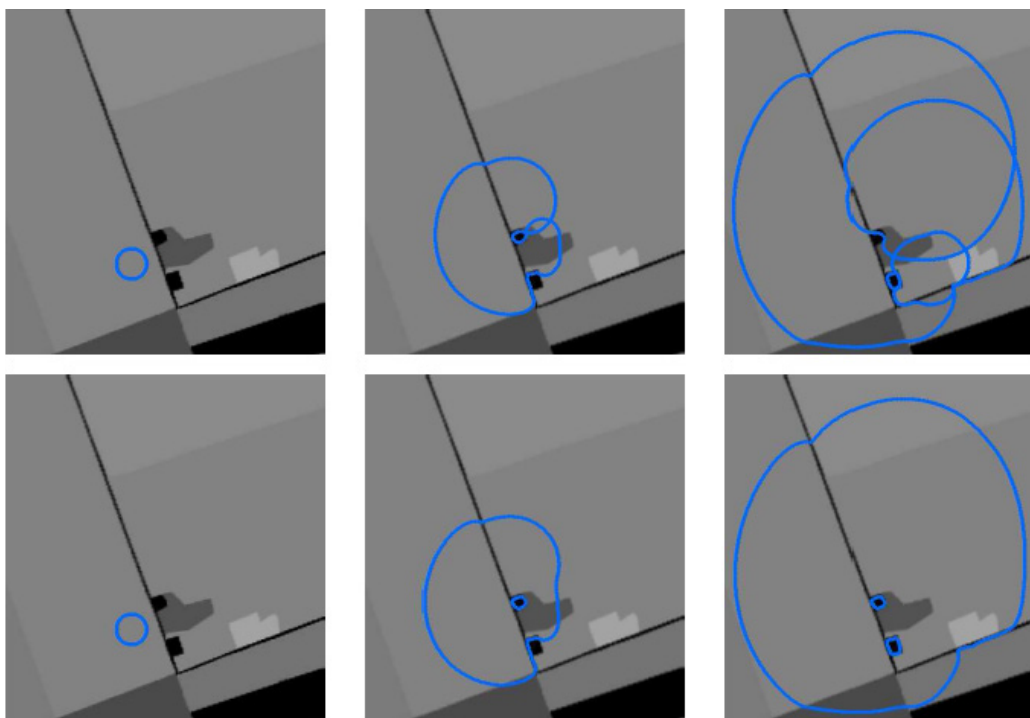
1. Prejdi cez všetky body krivky a nastav na  $j = 0$  hodnotu pixela, v ktorom sa príslušný bod krivky nachádza (týmto vytvoríme zmiernený pás pozdĺž krivky).
2. Prechádzaj postupne cez všetky body krivky a zisti, či hodnota  $j$  v príslušajúcom pixeli je rovná 0. Ak áno, tak ju nastav na poradové číslo  $i$  diskretného bodu krivky. Ak nie, znamená to, že hodnota tohoto pixela už bola nastavená iným bodom  $j$ . Ak  $i - j \leq 2$  choď na nasledujúci bod krivky. Ak  $i - j > 2$ , tak medzi bodmi  $i$  a  $j$  sú viac ako dva body, pričom  $i$  a  $j$  sa nachádzajú v jednom pixeli, čo indikuje topologickú zmenu.
3. Ak bola topologická zmena indikovaná, tak otestujeme vzájomnú vzdialenosť medzi množinami bodov  $i - 2, i - 1, i, i + 1, i + 2$  a  $j - 2, j - 1, j, j + 1, j + 2$  a v z nich najbližších nesusedných bodoch sa krivka rozdelí.

Ak porovnáme výpočtový čas nášho spôsobu detekcie topologických zmien s bežným spôsobom, v ktorom sa testujú vzájomné vzdialenosti všetkých bodov krivky, vidíme podstatné zrýchlenie. Na test sme použili 10 000 časových krokov, na rovnakom mieste v teréne a s rovnakými parametrami výpočtu, obrázok 4 spodný riadok. Celkový výpočet našim spôsobom trval 44,85 sekundy, z čoho detekcia topologických zmien trvala 3,381 s, čo je 7,53% celkového času výpočtu. Výpočet druhým spôsobom trval 709,89 s, z čoho 669,16 s trvalo testovanie topologickej zmeny, čo je 94,26% celkového času výpočtu. V tomto prípade ide teda o cca 200 násobné zrýchlenie, pričom výpočtové testy sme previedli na štandardnom PC (Intel Core 2 Duo CPU 1.66 GHz, 2 GB RAM).



Obr. 3. Krokmi 1 a 2 algoritmu sú detekované body  $\bar{x}_4$  a  $\bar{x}_{19}$  (obrázok vľavo) a následne sú krokom 3 ako najbližšie nesusedné body, v ktorých nastane delenie, detekované  $\bar{x}_5$  a  $\bar{x}_{18}$  (obrázok vpravo)





Obr. 4. Vývoj krivky v nehomogénneom prostredí bez zahrnutia topologických zmien s umelými samopriesekami krivky (horný riadok) a s korektným riešením topologických zmien (spodný riadok)

## ZÁVERY

V článku sme prezentovali nový matematický model šírenia lesných požiarov na báze pohybujúcich sa rovinných kriviek s možnými topologickými zmenami. Numerická implementácia modelu je stabilná a efektívna, môže bežať interaktívne na štandardnom PC online v reálnom čase, a preto je vhodná na reálne simulácie. Prezentovaný model obsahuje tri empirické parametre  $f$ ,  $\lambda$  a  $\delta$ , vyjadrujúce horľavosť porastu, vplyv vetra (popríklad sklonu terénu) a vplyv krivosti frontu. Ich získanie pre konkrétne rizikové územia Slovenska jednak z typologických lesníckych máp ako aj zo známych priebehov lesných požiarov môže priniesť reálnu aplikáciu prezentovaného modelu v slovenských podmienkach a konkurencieschopnosť prezentovaného prístupu v celosvetovom meradle. Je to výzva k spolupráci matematikov a odborníkov z oblasti protipožiarnej ochrany.

## LITERATÚRA

- BALAŽOVJECH, M., MIKULA, K., PETRÁŠOVÁ, M., URBÁN, J., 2012, LaB grangean method with topological changes for numerical modeling of forest fire propagation. Proceedings of ALGORITMY 2012, pp. 42–52.
- FINNEY, M. A., 2004, FARSITE: Fire Area Simulator, model development and evaluation, Research Paper RMRS-RP-4 Revised. Ogden, UT: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2004.

- MIKULA, K., ŠEVČOVIČ, D., 2004, A direct method for solving an anisotropic mean curvature flow of planar curve with an external force, Mathematical Methods in Applied Sciences, 27(13) (2004) pp. 1545–1565.
- RICHARDS, G. D., 1990, An elliptical growth model of forest fire fronts and its numerical solution, Int. J. Numer. Meth. Eng., Vol. 30 (1990) pp. 1163–1179.
- VIEGAS, D. X., PITA, L. P., MATOS, L., PALHEIRO, P., 2002, Slope and wind effects on fire spread, Forest Fire Research and Wildland Fire Safety, Millpress, Rotterdam, ISBN 90-77017-72-0, 2002.

Táto práca bola podporená grantom APVV-0184-10.

### Adresy autorov:

Martin Balažovjech, Karol Mikula, Jozef Urbán,  
Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie, Stavebná fakulta STU  
Radlinského 11, 813 68 Bratislava  
balazovjech@math.sk, mikula@math.sk, jozo.urban@gmail.com

Ladislav Halada  
Ústav informatiky SAV, Dúbravská cesta 9, 845 07 Bratislava,  
upsyhala@savba.sk

Mária Petrášová  
Botanický ústav SAV, Dúbravská cesta 9, 845 23 Bratislava,  
maria.mikulova@gmail.com

Recenzent:  
doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD.  
KPO, Drevárska fakulta  
TU vo Zvolene

## POROVNANIE ZAPÁLITEĽNOSTI VYBRANÝCH DRUHOV DREVÍN JEDNOPLAMEŇOVÝM ZDROJOM

Emília Orémusová – Radoslav Čepec

**Abstrakt:** Príspevok sa zaoberá hodnotením zapáliteľnosti vybraných druhov drevín jednoplameňovým zdrojom v zmysle normy STN EN ISO 11925-2 (2011). Testované boli ihličnaté dreviny Smrek obyčajný, Smrekovec opadavý, Borovica lesná a listnaté dreviny Buk lesný a Orech kráľovský, ktoré sa používajú v interiéri ako súčasť nábytku, obkladov alebo rôznych iných výrobkov. Testovacia metóda nám poskytla viacero výsledkov o zapáliteľnosti vzoriek, úbytku na hmotnosti, lineárnych rýchlostí horenia, na základe ktorých boli vzorky drevín vzájomne porovnané. Najlepšie výsledky z hľadiska našich testov dosiahli vzorky orecha a najhoršie výsledky vzorky dreviny smrek.

**Kľúčové slová:** zapáliteľnosť, lineárna rýchlosť horenia, úbytok hmotnosti, dreviny

### ÚVOD

Drevo hrá nezastupiteľnú úlohu v rôznych oblastiach činnosti človeka. Tento materiál nachádza svoje uplatnenie v stavebníctve, nábytkárstve, či umení. Napriek rozvoju kompozitných materiálov je drevo aj v súčasnosti v mnohých aplikáciách nenahraditeľné.

V druhej polovici minulého storočia sme sa stretávali s názormi, že drevo bude nahradené tak v exteriéri ako aj v interiéri inými vhodnejšími materiálmi vyrobenými na báze syntetických látok. Tento trend v dnešnej dobe stratil na význame a človek si cení viac prírodné materiály. Drevo zastáva nezastupiteľnú úlohu v interiéri. Vraciame sa k drevenému – masívnemu nábytku (Čunderlík 2009, Osvald 2005). Výrobky získané z dreva len mechanickou cestou majú aj nedostatky, ako je zmena vlastností, nerovnorodá štruktúra, anizotropia, prítomnosť chýb, zosychanie a napúčanie, šúverenie a praskanie, zahŕňanie, horenie. Medzi najzávažnejšie nedostatky dreva patria predovšetkým malá odolnosť proti napadnutiu biotickými škodcami ako sú huby, plesne, hmyz a z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti jeho ľahká zapáliteľnosť a horľavosť. Tieto nedostatky sa dajú eliminovať hlavne konštrukčnou ochranou a tam kde takáto ochrana nie je možná, je vhodné pristúpiť k ochrane chemickej (Ptáček 2009, Očkajová 2007).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť vybrané ihličnaté a listnaté dreviny z hľadiska protipožiarnej ochrany. Z množstva testovacích metód, ktorými sa dajú testovať vzorky dreva, sme vybrali normovanú metódu v zmysle STN EN ISO 11925-2 (2011). Norma určuje skúšobnú metódu stanovenia zápalnosti stavebných výrobkov pôsobením malého usmerneného plameňa. Testované boli ihličnaté dreviny Smrek obyčajný (*Picea abies* L.), Smrekovec opadavý (*Larix decidua* L.), Borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.) a listnaté dreviny Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.) a Orech kráľovský (*Juglans regia* L.). Drevo daných drevín sa často krátko využíva v interiéroch ako súčasť nábytku alebo rôznych obkladov a v prípade možného požiaru môže navyšovať požiarne riziko interiéru.

### MATERIÁL A METÓDA SKÚMANIA

Z každej dreviny boli pripravené reprezentatívne vzorky s rozmermi 250 × 90 × 10 mm, ktoré boli vyrezané v pozdĺžnom smere vlákien drevín. Povrch drevín bol opracovaný brúsením. Vzorky boli kondicionované 1 mesiac v laboratóriu pri bežných laboratórnych podmienkach. V tab. 1 sú uvedené informácie o hustote a vlhkosti vzoriek drevín. Hustota bola stanovená pri aktuálnej vlhkosti.

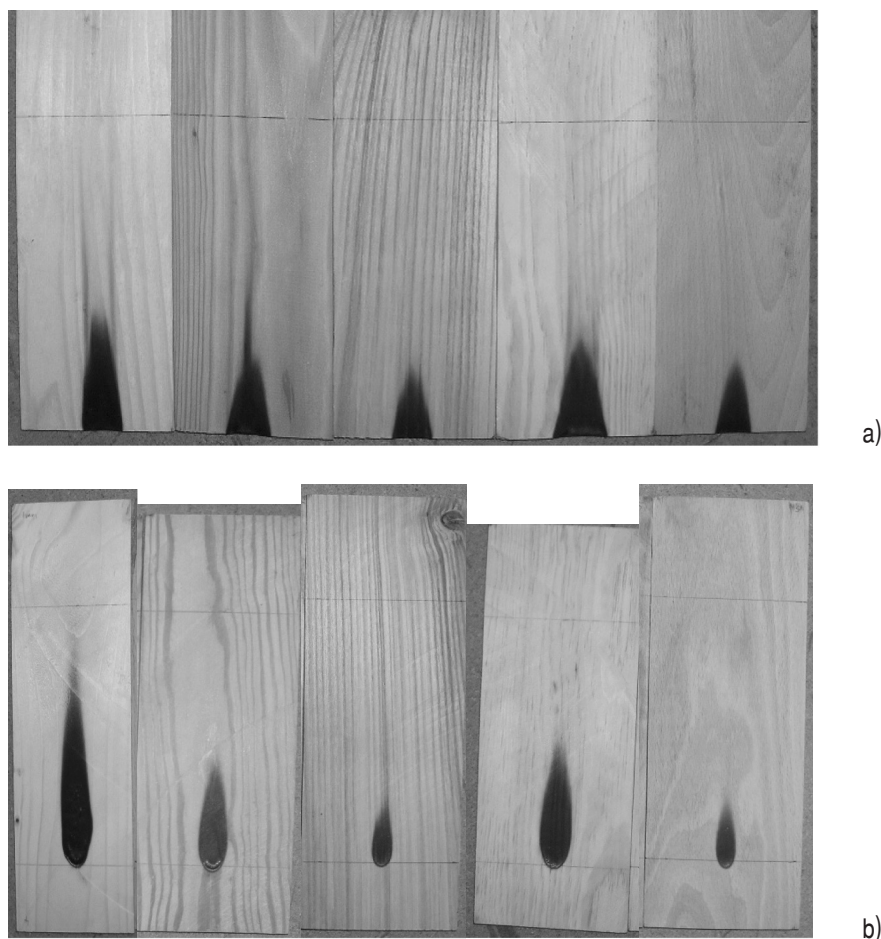
Tab. 1 Testované drevina a ich vlhkosť a hustota

Dreviny	Vlhkosť (%)	Hustota (kg/m <sup>3</sup> )
Smrek obyčajný	9,1	452
Borovica lesná	11,4	578
Smrekovec opadavý	12,7	626
Orech kráľovský	9,3	769
Buk lesný	9,5	765

Testovacie skúšky vzoriek prebiehali v spaľovacej komore, do ktorej sa vzorky umiestnili vo zvislom smere. Podľa normy je vzorka vystavená plameňu po dobu 15 s alebo 30 s. V našom prípade bol stanovený čas 30 s a trvanie skúšky 60 s. Vzorky sa skúšali na hranu a na plochu. Pri vystavovaní hlavnej plochy sa plameň priložil k osi vzorky 40 mm nad spodnou hranou. Pri vystavení plochy sa plameň priložil do stredu šírky spodnej bočnej plochy skúšanej vzorky 1,5 mm od povrchu. Okrem požiadaviek normy, boli vykonané merania na stanovenie priemernej lineárnej rýchlosti horenia a úbytku na hmotnosti vzoriek.

### VÝSLEDKY A DISKUSIA

Počas testovania sa zaznamenávalo pri každej skúšanej vzorke či dôjde k jej zapáleniu, dosiahnutiu hranice 150 mm, čas dosiahnutia 150 mm a výška zuhoľnatenej vrstvy, pri pôsobení plameňa 30 s. Jedna zo sérií vzoriek po meraní je znázornená na obr. 1 a) zapálenie na hranu, b) zapálenie na plochu.



Obr. 1 a), b) Smrek obyčajný (*Picea abies* L.), Smrekovec opadavý (*Larix decidua* L.), Orech kráľovský (*Juglans regia* L.), Borovica lesná (*Pinus sylvestris* L.), Buk lesný (*Fagus sylvatica* L.)

Žiadna testovaná vzorka nedosiahla prehorenie po hranicu 150 mm. Z toho vyplýva, že materiál (s pozdĺžne orientovanými vláknami) splnil časť požiadaviek pre zatriedenie do triedy reakcie na oheň D (podľa STN EN 13 501-1 +A1 2010) pre stavebné výrobky okrem podlahových krytín). Pre úplné zatriedenie drevnín do triedy reakcie na oheň D, musia vzorky spĺňať podmienky aj pre priečny rez a požiadavky určené v STN EN 13823.

Čo sa týka zapálenia, najviac zapálených vzoriek bolo zaznamenaných u smreka v celkovej počte 3, pričom dve sa zapálili pôsobením plameňa na plochu a jedna pôsobením na hranu. Orech ako jediná drevina po odtiahnutí plameňa nezačala ani pri jednej vzorke horieť. Ostatné dreviny borovica, smrekovec opadavý zaznamenali zhodne po dve zapálené vzorky a to pôsobením plameňa na hranu. U buka začala horieť iba jedna vzorka pri pôsobení plameňa na hranu.

U všetkých vzoriek, u ktorých došlo k zapáleniu, po oddialení plameňa horenie trvalo až do 1 minúty, kedy bolo horenie prerušené. Z výsledkov možno konštatovať, že najvyššiu odolnosť voči zapáleniu mal orech a buk. Nižšiu odolnosť mal smrek, smrekovec, borovica.

Treba poznamenať že na zapálenie vzoriek mal vplyv aj spôsob opracovania a tiež smer vlákien. Tieto vzorky mali povrch opracovaný brúsením a boli vyrezané pozdĺžne po vláknach. Kvalitný hladký povrch odráža energiu sálavého a plameňového zdroja, a tým

je ťažšie zapáliteľný ako povrch drsný pri tých istých zaťažovacích podmienkach.

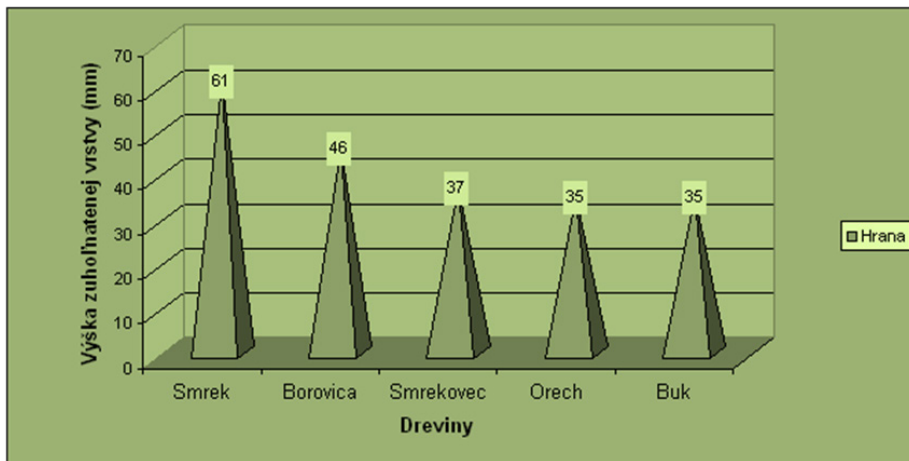
Podľa dosiahnutých výsledkov môžeme povedať, že prvky odhadu vyššieho rizika zapálenia pri pozdĺžne orientovanom rezive, hrozí pri pôsobení plameňa na hranu. Z hľadiska drevnín je vyššie riziko pri drevinách ihličnatých, ktorých drevo je mäkkšie a hustota nižšia, ako u listnatých drevnín. Porovnanie výšky zuhoľnatenej vrstvy je na obr. 2 a 3.

Výška zuhoľnatenej vrstvy pri pôsobení plameňa 30 s je najvyššia pri vzorkách smreka aj na hrane aj na ploche. Najnižšia je u orecha taktiež na hrane aj na ploche. Pri hrane je rozdiel medzi najvyššou a najnižšou hodnotou 26 mm, pri ploche je to 43 mm.

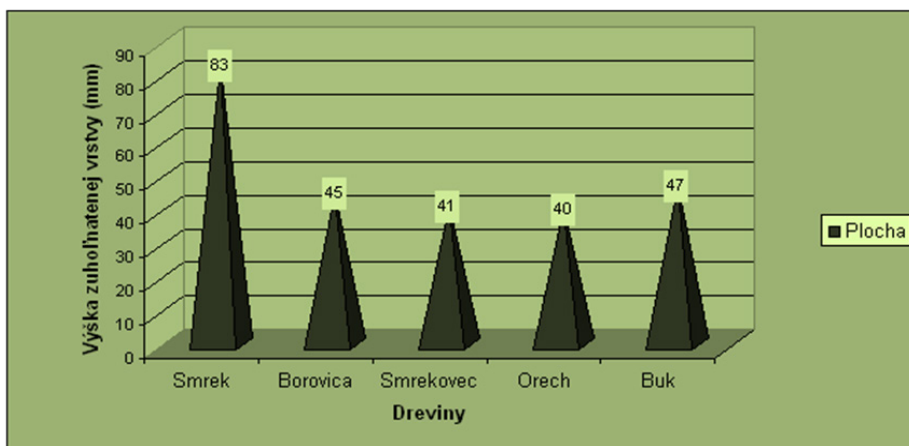
Pri každej vzorke sa zisťoval okrem zápalnosti aj jej úbytok na hmotnosti. Výsledky porovnania všetkých drevnín a ich úbytkov pri pôsobení plameňa na hranu a plochu sú znázornené na obr. 4.

Úbytok na hmotnosti pri pôsobení plameňa na hranu, bol najvyšší pri vzorkách smreka a najmenší úbytok bol zistený pri vzorkách buka. Porovnanie úbytkov pri ploche vzoriek je čo sa týka poradia drevnín porovnateľné s pôsobením na hranu, avšak hodnoty v porovnaní s hranou sú podstatne nižšie.

Pri pôsobení plameňa na plochu mal najvyšší úbytok smrek. Ako aj pri hrane tak aj pri ploche patrili orech a buk k tým, ktorých úbytok bol najmenší. Orech s 0,018 % patrí s touto hodnotou



Obr. 2 Výška zuhoľnatej vrstvy pri zapálení na hrane



Obr. 3 Výška zuhoľnatej vrstvy pri zapálení na ploche

k najnižším úbytkom pri ploche, pretože vzorky buka nezaznamenali úbytok na hmotnosti, ale naopak nárast 0,012%, čo je zaujímavý čiastkový poznatok tohto výskumu. Predpokladáme, že tento jav mohol byť spôsobený tým, že došlo k vytvoreniu zuhoľnatej vrstvy viac do hĺbky v porovnaní s ostatnými drevinami, čím sa vytvorilo menej horľavých plynov a pár. Rozdiel medzi smrekom a orechom predstavuje v úbytku 0,028%.

Pri pôsobení plameňa 30 s boli úbytky na hmotnosti vyššie na hrane ako na ploche. Úbytky na ploche boli podstatne nižšie. V percentuálnom vyjadrení bol rozdiel medzi hranou a plochou pri: smreku 0,12%, borovici 0,08%, smrekovci 0,048%, orechu 0,048% a nakoniec pri buku nastal úbytok iba pri hrane, na ploche došlo k nárastu hmotnosti. Úbytok na hmotnosti bol pri hrane v priemere 3-krát vyšší ako pri ploche. Väčšiu stratu hmotnosti zaznamenali ihličnaté dreviny.

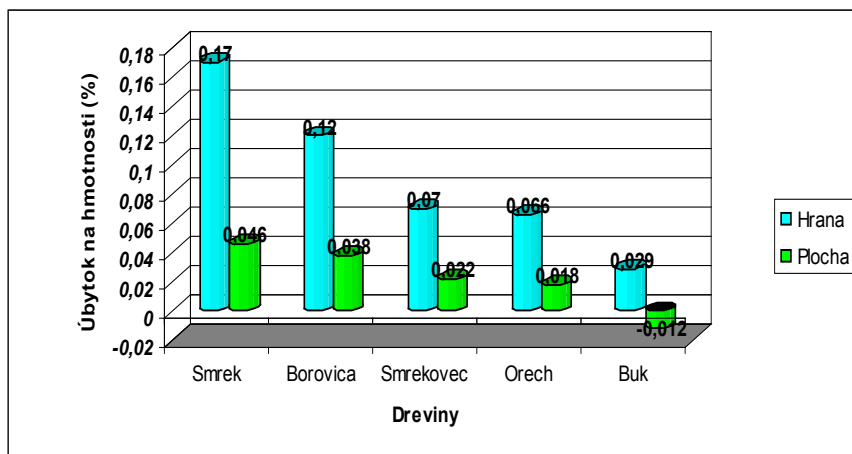
Ďalším kritériom hodnotenia vzoriek drevín bola lineárna rýchlosť horenia, ktorá predstavuje vzdialenosť, ktorú prekoná zóna horenia za jednotku času v závislosti na podmienkach skúšky. Lineárna rýchlosť je dôležitá požiarotechnická charakteristika, ktorá má vplyv na šírenie požiaru.

Porovnanie lineárnych rýchlostí je zobrazené na obr. 5. Ich výpočtom sme získali prvky odhadu, ako by mohli jednotlivé dreviny prispievať k rozvoju požiaru (samozrejme vzorky upravené brúsením bez povrchovej úpravy).

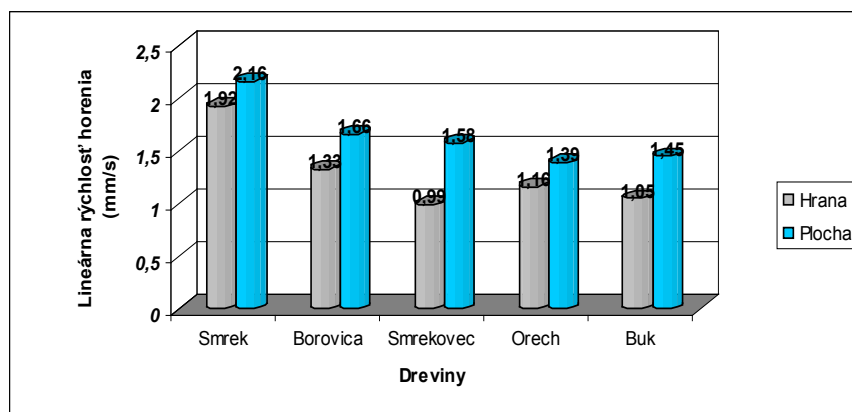
Pri pôsobení plameňa na hranu sa najvyššia rýchlosť zaznamenala u smreka a to 1,92 mm/s. Druhým v poradí boli vzorky borovice, u ktorej malo horenie na hrane rýchlosť 1,33 mm/s. Pri predošlých skúškach mali všetky ihličnaté dreviny vyššie hodnoty ako listnaté, pri rýchlosti horenia je však tretí v poradí orech s rýchlosťou 1,16 mm/s a štvrtý buk s rýchlosťou 1,05 mm/s. Najnižšia rýchlosť bola zaznamenaná u vzoriek smrekovca 0,99 mm/s. Rozdiel medzi najvyššou a najnižšou lineárnou rýchlosťou bol 0,93 mm/s. Keď plameň horáka pôsobí na hranu vzorky, horenie sa viac šíri do strán ako do výšky, preto boli tieto rýchlosti nižšie ako pri ploche.

Pri pôsobení plameňa na plochu najvyššia rýchlosť horenia bola zaznamenaná u vzoriek smreka s hodnotou 2,16 mm/s, ktorá bola podstatne vyššia ako u ostatných vzoriek, pretože pri výške odhorenej plochy dosahovali oveľa vyššie hodnoty ako ostatné vzorky. Druhou v poradí je opäť borovica, pri ktorej bola rýchlosť na hrane 1,66 mm/s, ďalším je smrekovec s rýchlosťou 1,58 mm/s. V tomto prípade opäť platilo, že vyššie hodnoty mali ihličnaté dreviny. Medzi dreviny s najnižšou rýchlosťou na ploche sa zaradili buk s 1,45 mm/s a orech s 1,39 mm/s. Rozdiel medzi najvyššou a najnižšou rýchlosťou na ploche je 0,77 mm/s. V prípade pôsobenia na plochu sa plameň šíril viac do výšky ako do šírky, preto sú značné rozdiely medzi hranou a plochou. Rozdiel medzi hranou a plochou bol: smrek 0,24 mm/s, borovica 0,33 mm/s, smrekovec 0,59 mm/s, orech 0,23, buk 0,4 mm/s.

Podobnú problematiku zapáliteľnosti riešil Štofira (2011) u dreviny dub, pričom porovnával zapáliteľnosť v závislosti na smere rezu a hrúbke vzoriek. Autor zistil, že väčší vplyv na zapáliteľnosť mala poloha iniciátora (malého plameňa). Poloha iniciácie jednak výrazne ovplyvnila čas samovoľného horenia kedy pri pôsobení plameňa na hranu dochádzalo ku zapáleniu aj najhrubších vzoriek, jednak výšku zuhoľnatej vrstvy, kedy pri pôsobení plameňa na hranu vzorky sa plameň šíril po hrane vzorky, a teda viac do šírky ako do výšky oproti pôsobeniu plameňa na plochu, čo spôsobilo zníženie výšky zuhoľnatej vrstvy pri pôsobení plameňa na hranu. S týmito výsledkami sa stotožňuje aj výskum našich testovaných vzoriek.



Obr. 4 Porovnanie plochy a hrany z hľadiska úbytku na hmotnosti



Obr. 5 Porovnanie lineárnych rýchlostí na hrane a ploche

borovica, smrek. Pokračovaním výskumu bude zhodnotiť testované dreveniny upravené povrchovou úpravou. Získané poznatky môžu poslúžiť pre vedu pri štúdiu procesu horenia dreva, pre prax k vhodnému výberu drevených materiálov v interiéri.

## LITERATÚRA

- ČUNDERLÍK, I. 2009. Štruktúra dreva. Zvolen : TU vo Zvolene, 2009. 135 s. ISBN 978-80-228-2061-5
- OČKAJOVÁ, A. 2007. Materiály a technológie 1. Vlastnosti dreva. cit. [2011-02-26]. Dostupné na internete: [http://ktt.fpv.umb.sk/subory/2007\\_final\\_oc-kajova.pdf](http://ktt.fpv.umb.sk/subory/2007_final_oc-kajova.pdf)
- OSVALD, A. 2005. Ochrana pred požiarmi. Zvolen : TU vo Zvolene, 2005. 286 s. ISBN 80-228-1493-8
- PTÁČEK, P. 2009. Ochrana dřeva. Praha : Grada Publishing, 2009. 96 s. ISBN 978-80-247-2326-6
- STN EN ISO 11925-2: 2011 : Skúšky reakcie na oheň. Zápalnosť stavebných výrobkov vystavených priamemu pôsobeniu plameňového horenia. Časť 2: Skúška jednoplameňovým zdrojom
- STN EN 13823: 2011 Skúšky reakcie stavebných výrobkov na oheň. Stavebné výrobky okrem podlahových krytín vystavené pôsobeniu osamelého horiaceho predmetu
- ŠTOFIRA, J. Šírenie plameňa po povrchu pri horení dubového dreva. In Ochrana osôb a majetku. 2. medzinárodný zborník vedeckých prác [CD-ROM]. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2011 s. 69–83. ISBN 978-80-228-2227-5.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu VEGA MŠ SR GD 1/0446/12.

## ZÁVER

Testovacia metóda poskytla viacero zaujímavých výstupov, nielen čo sa týka samotnej zapáliteľnosti, či došlo alebo nedošlo k zapáleniu vzoriek, dosiahnutia hranice 150 mm a času jej dosiahnutia plameňom, ale aj výsledky nad rámec vyhodnotenia v zmysle normy a to údaje o lineárnej rýchlosti horenia, úbytku na hmotnosti. Všetky tieto výsledky môžu prispieť k exaktnejšiemu hodnoteniu horľavosti drevín. Cieľom výskumu bolo zhodnotiť jednotlivé dreveniny z tohto pohľadu a vzájomne ich porovnať. Na základe dosiahnutých hodnôt môžeme konštatovať nasledovné poradie testovaných vzoriek drevín od najlepších výsledkov po najhoršie: orech, buk, smrekovec,

Recenzent:  
Ing. Miroslava Rakóciová  
Fires, s. r. o.  
Batizovce

**Adresa autorov:**  
Ing. Emília Orémusová, PhD.  
Ing. Radoslav Čepec  
Katedra protipožiarnej ochrany  
Drevárska fakulta  
TU vo Zvolene  
T. G. Masaryka 24  
960 53 Zvolen  
[emilia.oremusova@tuzvo.sk](mailto:emilia.oremusova@tuzvo.sk)

# POSÚDENIE ÚČINNOSTI HYDROGENUHLIČITANU DRASELNÉHO NA ZVÝŠENIE TERMICKEJ ODOLNOSTI CELULÓZY PROSTREDNÍCTVOM TERMOGRAVIMETRICKEJ ANALÝZY

Jozef Martinka – Tomáš Chrebet – Karol Balog – Ivan Hrušovský  
– Marek Rybakowski

**Abstrakt:** V predloženej príspevku je posúdený účinok hydrogenuhličitanu draselného ( $\text{KHCO}_3$ ) na retardáciu procesu horenia celulózy termogravimetrickou analýzou (TG). Zo získaných výsledkov vyplýva, že impregnácia celulózy  $\text{KHCO}_3$  má významný vplyv na nárast termickej odolnosti, vyjadrenej hodnotou rezistentného zvyšku. Impregnácia celulózy 10% roztokom  $\text{KHCO}_3$  znížila teplotu maximálnej rýchlosti termického rozkladu celulózy z 335 na 260 °C. Na druhej strane však impregnácia  $\text{KHCO}_3$  významne zvýšila rezistentný zvyšok celulózy po termickom rozklade z 0,31 % hm. (pri teplote 357 °C) až na 11,71 % hm. (pri teplote 613 °C). Získané výsledky naznačujú, že  $\text{KHCO}_3$  môže významnou mierou prispieť k zvýšeniu požiarnej odolnosti drevených konštrukcií.

**Kľúčové slová:** Termogravimetrická analýza (TG), termická odolnosť polymérnych materiálov, hodnotenie materiálov, retardéry horenia, hodnotenie účinnosti retardérov horenia, hydrogenuhličitan draselný.

**Abstract:** This article deals with evaluate of flame retardant effect of potassium bicarbonate ( $\text{KHCO}_3$ ) on cellulose by thermogravimetry (TG). Obtained results suggest that impregnation of cellulose by  $\text{KHCO}_3$  have a significant effect on thermal resistance of cellulose. Impregnation of cellulose by 10% solution of  $\text{KHCO}_3$  results in decrease of temperature at maximum mass loss rate from 335 to 260 °C. On the other hand impregnation of cellulose results in increase of resistant residue of cellulose after thermal decomposition from 0.31 % wt. (at temperature 357 °C) to 11.71 % wt. (at temperature 613 °C). Obtained results indicate that  $\text{KHCO}_3$  is able to improve of thermal resistance of wood structures.

**Key words:** Thermogravimetry (TG), thermal resistance of polymer materials, material assessment, flame retardants, flame retardant effect assessment, potassium bicarbonate.

## 1. ÚVOD

Požiarne skúšobníctvo podľa hmotnosti a konfigurácie vzoriek rozoznáva štyri základné skupiny skúšok:

- *analytické skúšky:* (hmotnosť vzorky je rádovo mg, maximálne 1 až 2 g),
- *laboratórne skúšky:* (hmotnosť vzorky je nad 1 až 2 g), pri týchto skúškach je skúšaný buď jeden materiál alebo výrobok,
- *skúšky v zmenšenej mierke:* sledovanie priebehu požiaru v priestore alebo stavbe zmenšenej podľa vopred definovanej mierky (napr. skúška podľa ISO 9705:1993), prípadne skúška špecifickej zostavy (napr. káblové systémy),
- *veľkorozmerné skúšky:* sledovanie priebehu požiaru v priestore alebo v stavbe s reálnymi rozmermi.

Medzi analytické skúšky zaraďujeme predovšetkým metódy termickej analýzy. Sú vhodné pre získanie údajov o správaní sa materiálu počas jeho termického zaťaženia. Získané výsledky však nemôžu byť automaticky vzťahované na správanie sa materiálu za podmienok požiaru, ale len na vytvorenie prvej predstavy. Dôvodom je veľká citlivosť týchto metód na vonkajšie podmienky (rýchlosť prúdenia oxidačnej atmosféry, rýchlosť nárastu teploty a hmotnosť vzorky). Pri týchto metódach navyše nie je možné simulovať podmienky reálneho požiaru. Vyžadujú relatívne nákladné prístrojové vybavenie a kladú vysoké nároky na kvalifikáciu obsluhy. V požiarom skúšobníctve sa využívajú hlavne dve metódy a to termogravimetrická analýza (TG)

a diferenčná skenovacia kalorimetria (DSC). Označenie metód termickej analýzy ako skúšobných postupov požiarneho skúšobníctva však nie je celkom presné. Presnejšie je ich možné označiť za termoanalytické metódy, ktoré okrem iných využívajú aj protipožiarne veda, na hodnotenie termickej stability materiálov, relatívne porovnanie materiálov, predikciu rýchlosti uvoľňovania tepla a rozmerových zmien materiálov za podmienok požiaru.

TG analýza sa využíva najmä pri identifikácii kritických teplôt, pri ktorých dochádza k termickému rozkladu materiálov a stanoveniu rezistentného zvyšku pri určitej teplote (v požiarom inžinierstve najčastejšie 600 °C). Pri splnení určitých špecifických podmienok, môžu byť takto získané údaje spolu s dátami z iných skúšok (napr. stanovenie pevnostných charakteristík pri zvýšenej teplote) využité aj pri výpočte požiarnej odolnosti konštrukcií.

Vplyv teploty od 20 do 271 °C na úbytok hmotnosti (rezistentný zvyšok) a výťažky TAPPI lignínu smrekového dreva stanovili napr. Kačíková a Kačík (2009). Z výsledkov citovaných autorov vyplýva, že úbytky na hmotnosti a výťažku TAPPI lignínu majú podobný priebeh. Podľa citovaných autorov dochádza k intenzívnemu rozkladu smrekového dreva pri teplotách nad 200 °C.

Vplyv teploty, resp. hustoty tepelného toku na úbytok hmotnosti a indukčnú periódu vznietenia vybraných organických materiálov stanovili napr. Tereňová (2010) a Zachar (2010). Výsledky citovaných autorov naznačujú, že indukčná perióda vznietenia organických polymérov vykazuje exponenciálnu závislosť na teplote a úbytok hmotnosti bukového dreva takmer lineárnu nepriamoúmernú

závislosť od jeho vzdialenosti od zdroja infračerveného žiarenia.

Prostredníctvom metódy DSC je možné určiť tepelný charakter rozkladu materiálu (exotermický alebo endotermický). Na jej základe, spolu s údajmi s ostatných skúšok (predovšetkým stanovenie rýchlosti úbytku hmotnosti) je ďalej možné urobiť predikciu rýchlosti uvoľňovania tepla za podmienok požiaru.

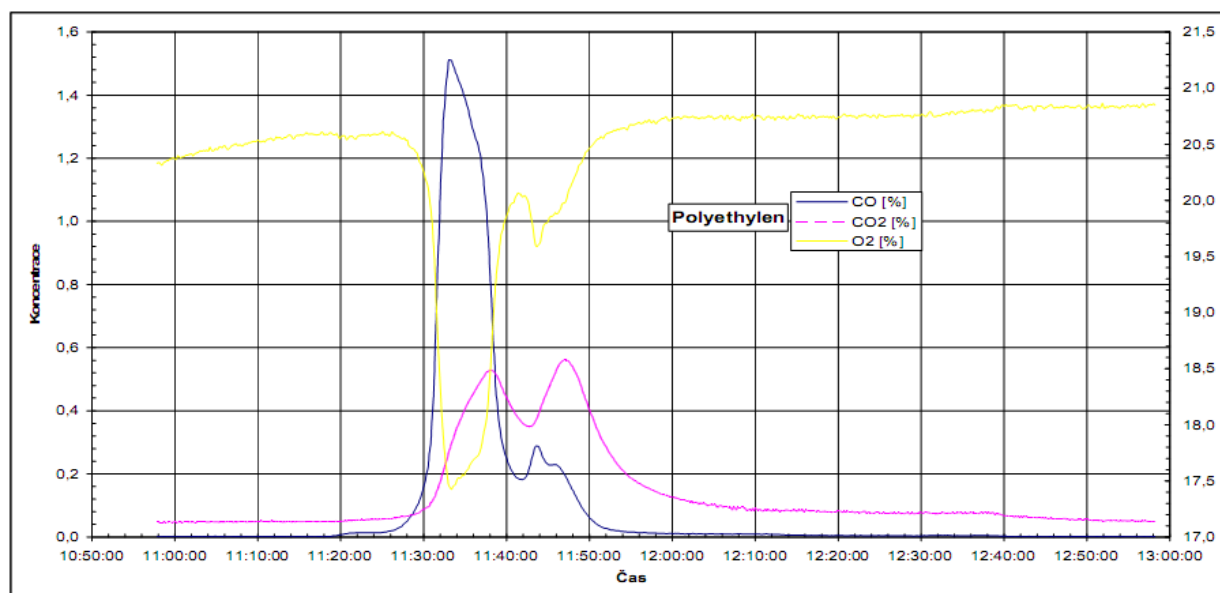
Jednoznačné závery o termickom rozklade materiálu je možné urobiť až na základe kombinovaných výsledkov z TG a DSC. Okrem uvedených dvoch základných metód má veľký potenciál využitia v požiarnom inžinierstve dilatometria a laser flash analysis (LFA). Dilatometria poskytuje cenné údaje pre výpočet požiarnej odolnosti stavebných konštrukcií podľa eurokódov. Výhodou tejto metódy spolu s LFA je, že vlastnosti ktorých závislosť od teploty merajú, nezávisia od množstva materiálu. Výstup z týchto metód tak môže byť bez ďalšej korekcie využitý ako vstupný súbor pre softvéry na modelovanie požiarov.

Jednou z príčin rozdielneho správania sa lignocelulózového materiálu za podmienok požiaru a termickej analýzy je, že pri ter-

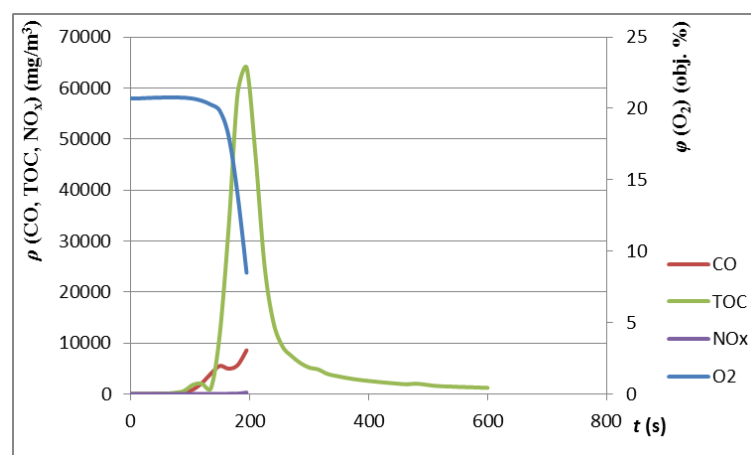
mickej analýze sa z dôvodu nízkej hmotnosti vzorky nevznikne zuhoľnatená vrstva na jej povrchu. Zuhoľnatená vrstva za podmienok reálneho požiaru znižuje rýchlosť odhorievania lignocelulózového materiálu. Túto problematiku bližšie popisuje napr. Majlingová et al (2007).

Laboratórne skúšky, sú klasické skúšky požiarného inžinierstva, ktoré sa vo väčšine prípadov používajú pre preukázanie splnenia legislatívnych požiadaviek na materiál alebo výrobok. Skúšky v zmenšenej mierke a veľkorozmerné skúšky sa používajú najmä na špecifické úlohy (napr. overenie softvérov na modelovanie požiarov, preverenie reakčného času hlásičov požiaru, predikciu koncentrácie spodín horenia v zadymenej zóne, stanovenie schopnosti laboratórných skúšok na predikciu správania sa materiálov v podmienkach požiaru a ďalšie). Podrobný popis normalizovaných skúšobných metód v požiarnom skúšobníctve bližšie popisuje napr. Osvlad et al. (2009).

Vplyv vonkajších podmienok na správanie sa materiálu počas termickej analýzy ilustrujú obr. 1 a 2. Obr. 1 znázorňuje



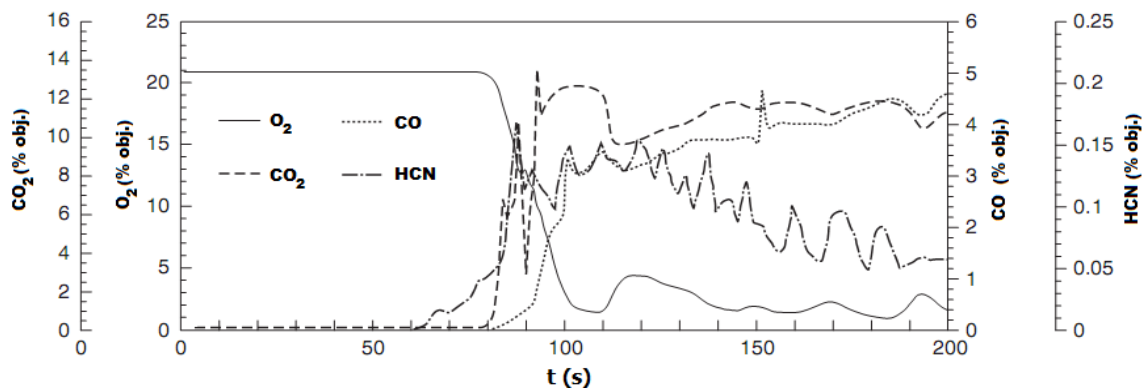
Obrázok 1 Koncentrácie O<sub>2</sub>, CO a CO<sub>2</sub> v spodinách horenia PE s hmotnosťou vzorky 47,4 mg (Filipi, 2007)



Obrázok 2 Koncentrácie O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> a TOC v spodinách horenia PE s hmotnosťou vzorky 3 g (Martinka, 2010)

koncentrácie kyslíka (O<sub>2</sub>), oxidu uhoľnatého (CO) a oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) v spodinách horenia (termického rozkladu) polyetylénu (PE) stanovené Filipim (2007) za nasledovných podmienok: počiatočná hmotnosť 47,4 mg, počiatočná teplota 20 °C, konečná teplota 1 000 °C, rýchlosť ohrevu 10 °C/min, prietok oxidačnej zmesi (vzduchu) 110 ml/min. Obr. 2 ilustruje koncentrácie O<sub>2</sub>, CO, oxidov dusíka (NO<sub>x</sub>) a celkového organického uhlíka (TOC) v spodinách horenia polyetylénu stanovené Martinkom (2010), za nasledovných podmienok: izotermický ohrev vzorky pri teplote 600 °C, hmotnosť vzorky 3 g, prietok oxidačnej atmosféry (vzduchu) 6 l/min.

Približne v 200 sekunde bol prekročený merací rozsah senzora CO. Nakoľko použitý analyzátor spalín



Obrázok 3 Časový priebeh koncentrácií hlavných splodín horenia pri rekonštrukcii požiaru vo West Warwick z roku 2003 (Gann a Bryner, 2008)

neumožňoval odpojenie jednotlivých senzorov a hrozilo ireverzibilné poškodenie senzora CO, muselo byť ukončené meranie CO, CO<sub>2</sub> aj O<sub>2</sub>.

Pre porovnanie obr. 3 znázorňuje časový priebeh koncentrácií O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> a kyanovodíka (HCN) stanovených pri simulácii reálneho požiaru nočného klubu vo West Warwick z roku 2003. Aj keď materiálková skladba bola odlišná (polyuretánové dosky, drevo a sadrokartón), získané výsledky dokazujú, že sa podmienky počas termickej analýzy s hmotnosťou vzorky niekoľko miligramov až desiatok miligramov sa podstatne odlišujú od podmienok pri reálnom požari.

Cieľom predloženého príspevku je na základe TG analýzy posúdiť vplyv KHCO<sub>3</sub> na zvýšenie termickej odolnosti celulózy. Termická odolnosť čistej a KHCO<sub>3</sub> impregnovanej celulózy bude posúdená na základe stanovenia a porovnania rezistentného zvyšku na konci termického rozkladu.

## 2. METODIKA PRÁCE

Na výskum boli použité vzorky čistej celulózy a celulózy impregnovanej vodným roztokom hydrogenuhličitanu draselného

(KHCO<sub>3</sub>) s koncentráciou 10% hm., počas 30 sekúnd. Ako celulóza bol použitý filtračný papier FILTRAK s plošnou hustotou 100 g.m<sup>-2</sup>. Obsah popola v celulóze bol 0,01% hm. Vzorky boli po naimpregnovaní v roztoku sušené počas 24 hodín na vzduchu s teplotou 21 ± 1 °C a relatívnou vlhkosťou 50% a následne kondicionované v exsíkátore pri rovnakej teplote a relatívnej vlhkosti vzduchu 40% počas ďalších 48 hodín. Hmotnosti vzoriek boli v rozmedzí od 7 do 10 mg. Vzorky boli následne skúmané TG analýzou na termickom analyzátoe Mettler TA 3000, s procesorom TC 10A a s termogravimetrickými váhami TG 50, v dynamickej atmosfére vzduchu s prietokom 200 ml.min<sup>-1</sup>, pri rýchlosti ohrevu 10 °C/min, do teploty 700 °C.

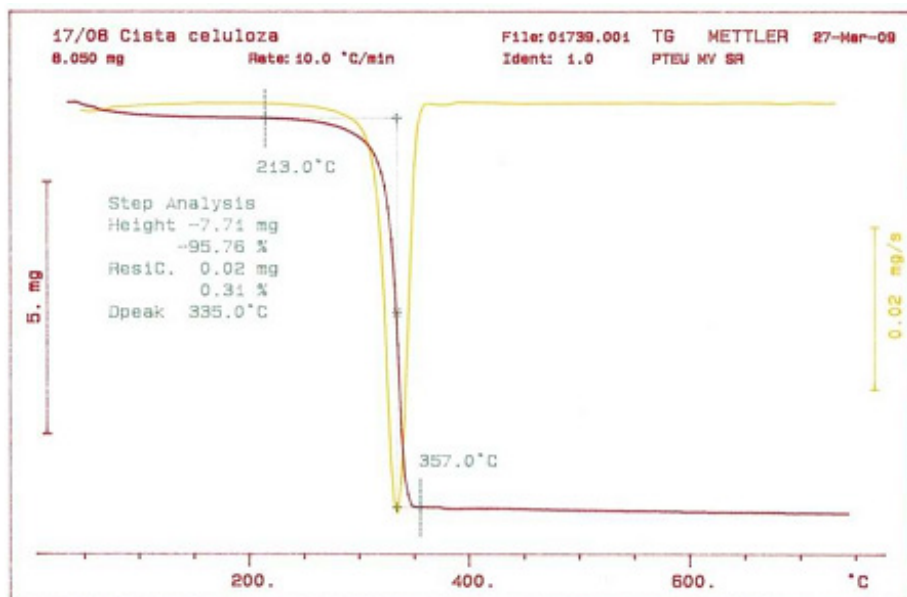
## 3. VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

TG a DTG záznam čistej celulózy je znázornený na obr. 4 a celulózy impregnovanej 10% roztokom KHCO<sub>3</sub> na obr. 5.

Termický rozklad čistej celulózy prebiehal iba v jednom stupni. Úbytok hmotnosti 3,93% v teplotnom intervale (35 až 100) °C zodpovedal dehydratácii (odpareniu voľnej a fyzikálne viazanej vody), tento dej teda nezodpovedal termickému rozkladu ale fyzikálne vratnému procesu. Hlavná fáza termického rozkladu bola pozorovaná v teplotnom intervale (213 až 335) °C, kedy došlo k úbytku hmotnosti 95,76%. Maximálna rýchlosť úbytku hmotnosti nastala pri teplote 335 °C. Rezistentný zvyšok po termickom rozklade bol 0,31%.

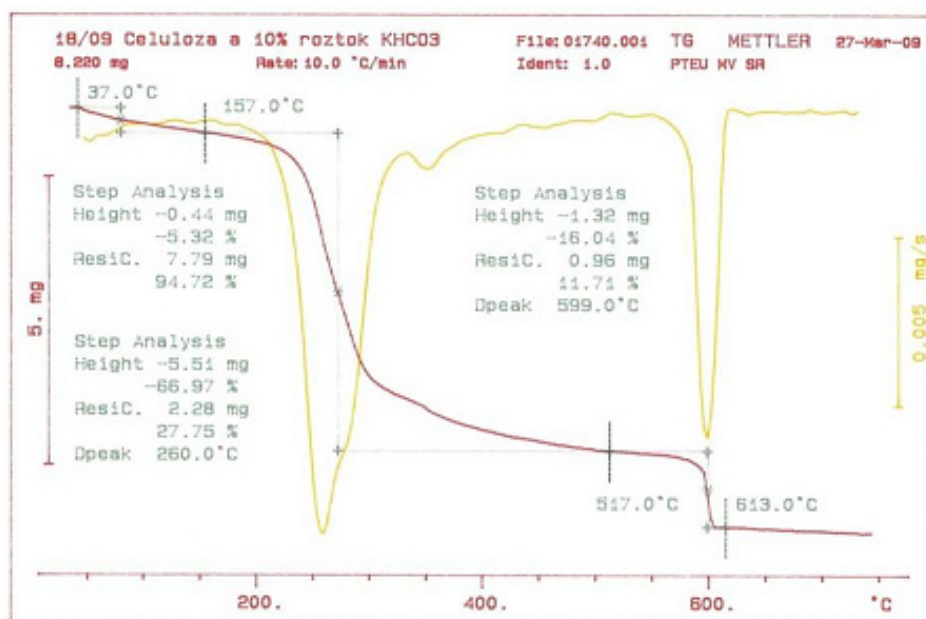
Pri termickom rozklade celulózy a hemicelulózy možno podľa Shafizadeha (1984) a Dzurendu (2005) očakávať nasledovné chemické reakcie:

- odštiepovanie funkčných skupín -COCH<sub>3</sub>, -COOH, -OCH<sub>3</sub> na začiatku termického rozkladu, pri teplotách 150 až 275 °C,
- termooxidačné reakcie na uhlíku C<sub>1</sub>, D-glukopyrazónovej jednotky a iných sacharidových jednotkách, pri teplotách 150 až 200 °C,



Obrázok 4 TG a DTG záznam čistej celulózy v atmosfére vzduchu, pri rýchlosti ohrevu 10 °C/min





Obrázok 5 TG a DTG záznam celulózy impregnovanej 10% roztokom  $\text{KHCO}_3$  v atmosfére vzduchu, pri rýchlosti ohrevu  $10\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$

- dehydratáciu celulózy pri teplotách 180 až  $270\text{ }^\circ\text{C}$  (dehydratácia spôsobená uvoľňovaním chemicky viazanej vody),
- depolymerizáciu hemicelulózy štiepením glykozidických väzieb pri teplotách 200 až  $210\text{ }^\circ\text{C}$ ,
- depolymerizáciu celulózy, ktorá je významná termolytická reakcia polysacharidov spojená s tvorbou anhydridov – glykozánov (nastáva pri teplotách nad  $300\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Vzorka impregnovaná 10% vodným roztokom  $\text{KHCO}_3$  sa rozkladala v troch stupňoch. Za úbytok hmotnosti v prvom stupni v teplotnom intervale 37 až  $157\text{ }^\circ\text{C}$  bola zodpovedná predovšetkým dehydratácia (nejde preto o rozklad v pravom slova zmysle). Druhý stupeň bol pozorovaný v teplotnom intervale 157 až  $517\text{ }^\circ\text{C}$ . V tomto stupni došlo k úbytku hmotnosti 66,97%. Maximálna rýchlosť úbytku hmotnosti bola pozorovaná pri teplote  $260\text{ }^\circ\text{C}$ . V treťom stupni prebiehajúcim v teplotnom intervale 517 až  $613\text{ }^\circ\text{C}$  bolo pozorované druhé maximum na krivke rýchlosti úbytku hmotnosti a to pri teplote  $599\text{ }^\circ\text{C}$ . Rezistentný zvyšok po skončení teplotného rozkladu bol 11,71%.

#### 4. DISKUSIA

Impregnácia celulózy 10% roztokom  $\text{KHCO}_3$  znížila teplotu pri maximálnej rýchlosti rozkladu z teploty  $335\text{ }^\circ\text{C}$  na teplotu  $260\text{ }^\circ\text{C}$ . Na druhej strane významne zvýšila rezistentný zvyšok celulózy po termickom rozklade z 0,31% hm., na 11,71% hm. U impregnovanej celulózy boli pozorované až tri stupne rozkladu. Prvý stupeň bol zapríčinený termickým rozkladom samotného  $\text{KHCO}_3$  a následným urýchlením dehydratácie celulózy, čo má v prvej fáze priaznivý účinok na retardáciu procesu horenia zriedovaním rozkladných produktov vodnou parou. Najrýchlejší termický rozklad impregnovanej celulózy bol pozorovaný pri teplote o  $75\text{ }^\circ\text{C}$  nižšej v porovnaní s čistou ce-

lulózou. Po priebehu hlavného stupňa rozkladu bo pozorovaný u retardovanej celulózy podstatne vyšší rezistentný zvyšok 27,75% hm., v porovnaní s 0,31% hm., u čistej celulózy. Hlavný stupeň rozkladu impregnovanej aj neimpregnovanej celulózy bol sprevádzaný plameňovým horením. Tretí stupeň rozkladu bol charakteristický horením uhlíkového zvyšku. Hongqiang et al. (2010) delí fázy rozkladu lignocelulóзовých materiálov impregnovaných anorganickými soľami na sušenie, uhoľnatenie a vypaľovanie.

Pík pri teplote  $599\text{ }^\circ\text{C}$  bol spôsobený rýchlym rozkladom uhlíkového zvyšku, ktorý u lignocelulóзовých materiálov impregnovaných anorganickými soľami bežne vykazuje termickú odolnosť do teplôt približne  $600\text{ }^\circ\text{C}$ . Hmotnosť rezistentného zvyšku významným spôsobom závisí od kon-

centrácie anorganickej soli v impregnačnom roztoku. Napr. podľa Turekovej a Baloga (2003) je rezistentný zvyšok čistej celulózy pri teplote  $600\text{ }^\circ\text{C}$ , 5,16% hm. Po jej impregnácii 7,5% roztokom  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  sa zvýši na 17,03% hm. a po impregnácii 15% roztokom  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  narástla hodnota rezistentného zvyšku až na 28,13% hm. Podobné závery uvádzajú aj Tureková, Harangozó a Martinka (2011). Podľa Turekovej (2007) je hodnota rezistentného zvyšku celulózy impregnovanej 30% roztokom  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  pri teplote  $600\text{ }^\circ\text{C}$  až 31,2% hm. Na základe výsledkov citovaných autorov možno konštatovať, že ďalšie zvyšovanie koncentrácie anorganických solí v roztoku používaných na impregnovanie lignocelulóзовých materiálov nemá významný vplyv na hmotnosť ich rezistentného zvyšku pri teplote  $600\text{ }^\circ\text{C}$ .

Pre porovnanie Chrebet (2010) realizoval TG analýzu celulózy impregnovanej 10% roztokom  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ . Vplyvom impregnácie sa zvýšila horná teplota tretieho stupňa rozkladu až na hodnotu  $694\text{ }^\circ\text{C}$ , ale rezistentný zvyšok pri tejto teplote bol len 3,94% hm. Uvedené potvrdzuje skutočnosť, že pri teplotách nad  $600\text{ }^\circ\text{C}$  impregnácia lignocelulóзовého materiálu anorganickými soľami nemá významný vplyv na zvýšenie hmotnosti rezistentného zvyšku chráneného materiálu.

Účinnosť iných anorganických solí ( $\text{Na}_2\text{SnO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4$  a  $\text{Na}_2\text{WO}_4$ ) na zvýšenie termickej odolnosti drevných materiálov hodnotili Hongqiang et al. (2010). Z prezentovaných výsledkov vyplýva, že z porovnávaných anorganických solí má najvyššiu účinnosť (najvyššiu hodnotu rezistentného zvyšku)  $\text{Na}_2\text{SnO}_3$ , ktorá je dokonca vyššia, ako nami skúmaný  $\text{KHCO}_3$ . Ostatné citovanými autormi skúmané anorganické soli mali nižšiu účinnosť (nižší rezistentný zvyšok p treťom stupni rozkladu) v porovnaní s nami skúmaným  $\text{KHCO}_3$ . Pre vyvodenie jednoznačného záveru je však potrebné vykonať termickú analýzu celulózy impregnovanej anorganickými soľami skúmanými citovanými autormi.

## ZÁVER

V predloženom článku bol posúdený vplyv impregnácie celulózy  $\text{KHCO}_3$  na zvýšenie jej termickej odolnosti prostredníctvom TG analýzy. Zo získaných výsledkov vyplýva, že impregnácia celulózy  $\text{KHCO}_3$  na jednej strane znížila teplotu maximálnej rýchlosti termického rozkladu celulózy z 335 na 260 °C. Na strane druhej však významne zvýšila rezistentný zvyšok celulózy z 0,31 % hm., na 11,71 % hm.

Nakoľko celulóza patrí medzi tri základné zložky dreva, a rezistentný zvyšok drevných materiálov má významný vplyv na požiaru odolnosť drevných konštrukcií, získané výsledky naznačujú, že analyzovaná anorganická soľ  $\text{KHCO}_3$  by mohla významným spôsobom prispieť k zvýšeniu požiarnej odolnosti drevných konštrukcií. Na vyslovenie jednoznačného záveru však bude potrebné vykonať veľkorozmerné skúšky, nakoľko metódy termickej analýzy slúžia iba na získanie prvej predstavy o správaní sa materiálov za podmienok požiaru.

## CITOVANÁ LITERATÚRA

- DZURENDA, L. 2005. *Spalovanie dreva a kôry*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. 124 s. ISBN 80-228-1555-1.
- FILIPI, B. 2007. Produkce CO a CO<sub>2</sub> v průběhu termické analýzy. In *Požárni ochrana 2007 : sborník přednášek*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2007. ISBN 978-80-7385-009-8, s. 124–136.
- GANN, R. G., BRYNER, N. P. 2008. Combustion products and their effects on life safety. In COTE, A. E. *Fire protection handbook*. Twentieth edition. Massachusetts: National Fire Protection Association, 2008. ISBN 978-0-87765-758-3, vol. 1, p. 6.11–6.34.
- HONGQIANG, Q. 2010. Thermal degradation and fire performance of wood treated with various inorganic salts. In: *Fire and Materials*. ISSN 0308-0501, 2010, vol. 35. s. 569–576.
- CHREBET, T. 2010. Vplyv vonkajších podmienok na zápalnosť dreva a materiálov na báze dreva: Dizertačná práca. Trnava : STU v Bratislave MTF, 2010. 138 s.
- KAČÍKOVÁ, D., KAČÍK, F. 2009. Vplyv termického pôsobenia na zmenu lignínu smrekového dreva. In : *Acta Facultatis Xylogiae*. ISSN 1336-3824, 2009, roč. 51, č. 2. s. 71–78.
- MAJLINGOVÁ, A., OSVALD, A., OSVALDOVÁ, L. 2007. Comparison of Carbonized Layer Thickness and Weightless of Spruce and Larix. In : *Tepló – Oheň – Materiály* : 1. medzinárodné sympóziu s výstavou. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2007. ISBN 978-80-228-1719-6, s. 49–55.
- MARTINKA, J. 2010. *Vplyv koncentrácie kyslíka a teploty na produkty horenia a termického rozkladu vybraných organických polymérov* : dizertačná práca. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2010. 139 s.
- OSVALD, A. et al. 2009. *Hodnotenie materiálov a konštrukcií pre potreby protipožiarnej ochrany*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 355 s. ISBN 978-80-228-2039-4.

- SHAFIZADEH, F. 1984. The chemistry of pyrolysis and combustion. In: *The chemistry of solid wood* (Rowell, R. M. ed.) Adv. Chem. Ser., 207, Am. Chem. Soc., Washington, pp. 489–529.
- TEREŇOVÁ, L. 2010. Hydro-isolating belts in structural members of new buildings in terms of the fire safety. In *Fire engineering 5<sup>th</sup> – 6<sup>th</sup> Oct. 2010 : proceedings*. Zvolen: Bratislava Sabovci, s.r.o., 2010. ISBN 978-80-89241-38-5, s. 403–410.
- TUREKOVÁ, I. 2007. Vysokoteplotná degradácia materiálov na báze dreva a stanovenie vybraných požiarotechnických charakteristík. Trnava: Alumnipress, 2007. 123 s. ISBN 978-80-8096-024-7.
- TUREKOVÁ, I., BALOG, K. 2003. Hodnotenie termickej stability materiálov metódami TG a DSC. In: *Materials Science and Technology*. ISSN 1335-9053, 2003, roč. 3, č. 1. s. 19–26.
- TUREKOVÁ, I., HARANGOZÓ, J., MARTINKA, J. 2011. Influence of retardants to burning lignocellulosic materials. In: *Vedecké práce MTF STU v Bratislave so sídlom v Trnave*. ISSN 1336-1589, 2011, roč. 19, č. 30. s. 115–123.
- ZACHAR, M. 2009. *Vplyv ohrevu na termickú degradáciu vybraných druhov dreva* : monografia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2009. 102 s. ISBN 978-80-228-2060-8.
- ISO 9705:1993 : Fire tests – Full-scale room test for surface products.

## Podakovanie

Tento článok vznikol vďaka podpore v rámci OP Výskum a vývoj pre projekt: *CE pre vývoj a aplikáciu diagnostických metód pri spracovaní kovových a nekovových materiálov, ITMS: 26220120048, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja. Článok vznikol rovnako vďaka podpore Vedeckej grantovej agentúry MŠVVaŠ SR a SAV (VEGA) pre projekt č. 1/0446/12.*

## Adresy autorov:

Ing. Jozef Martinka<sup>1</sup>, PhD., e-mail: jozef.martinka@stuba.sk  
 Ing. Tomáš Chrebet<sup>1</sup>, PhD., e-mail: tomas.chrebet@stuba.sk  
 Prof. Ing. Karol Balog<sup>1</sup>, PhD., e-mail: karol.balog@stuba.sk  
 Ing. Ivan Hrušovský<sup>1</sup>, PhD., e-mail: ivan.hrusovsky@stuba.sk  
 dr inž. Marek Rybakowski<sup>2</sup>, e-mail: M.Rybakowski@eti.uz.zgora.pl

<sup>1</sup> Slovenská technická univerzita v Bratislave  
 Materiálovotechnologická fakulta so sídlom v Trnave  
 Paulínska 16, 917 24 Trnava, Slovenská republika

<sup>2</sup> Uniwersytet Zielonogórski  
 Wydział Mechaniczny  
 ul. prof. Z. Szafrana 4, 65-516 Zielona Góra

## Recenzent:

prof. RNDr. František Kačík, PhD.  
 KCHCHT, Drevárska fakulta  
 TU vo Zvolene

# SIMULACE EVAKUACE OSOB SPOJENÁ S MATEMATICKÝM MODELOVÁNÍM POŽÁRU

Ing. Petr Kučera, Ph.D. – Bc. Miroslav Antonín

**Abstrakt:** Při posouzení bezpečné objektové evakuace se v případě vzniku požáru jeví využití simulace úniku osob spojená s matematickým modelováním požáru jako vhodný alternativní způsob projektového návrhu. Proto je tento článek zaměřen na řešení průběhu evakuace osob vystavených účinkům požáru. Jsou zde rozvedeny základní údaje o prostředí simulace, podmínkách požáru, popisu osob a o průběhu a zhodnocení dvou případových simulací. Úvodní část článku je stručně věnována základům matematického vyjádření pohybu a chování osob během vlastní evakuace.

**Klíčová slova:** evakuace, požár, matematické modelování, chování osob, toxicita

## ÚVOD

Žijeme v době, kdy je na požární bezpečnost staveb a na požární prevenci obecně kladen poměrně velký důraz. Během několika předchozích desetiletí bylo v této oblasti dosaženo značného pokroku a tato oblast se neustále rozvíjí. I když je sebevětší snaha zabránit vzniku požáru nebo následně omezit jeho šíření, v reálném životě se vždy objeví situace, kdy tomu zabránit nelze. Ve většině případů dojde k současnému výskytu několika faktorů, které člověk nepředpokládá a které ani nejlepší bezpečnostní standardy nemohou vyloučit. Proto je důležité tyto aspekty uvážit a brát v úvahu nejhorší možnou variantu anebo ještě lépe, připravit se na ni.

V tomto směru jsou určitou možnou cestou simulační programy. V současné době jich existuje celá řada a při výběru záleží především na tom, jaké požární či evakuační situace je potřeba analyzovat. Samozřejmě nemusí jít jen o odhad možných kritických scénářů, ale i o zpětné simulování požáru, kdy nám tyto programy mohou při dostatku informací pomoci odhalit příčinu jeho vzniku. Je však potřeba znát dobře mechanismy a matematický aparát, jichž daný program využívá, aby byly co nejlépe využity všechny dostupné informace, a simulace se tak mohla přibližovat co nejvíce reálné situaci.

Na prvním místě by vždy měla být bezpečnost člověka, proto se vyvíjejí i takové simulační programy, které se zabývají modelováním pohybu a chování osob. Některé programy se zabývají čistě pohybem osob bez působení požáru, což může být dobré např. ke zjištění doby, za kterou osoby opustí dispozičně složitý objekt. Flexibilnější je ale software, ve kterém je možno propojit model požáru spolu se situací evakuace. Dojde tak totiž k interakci mezi vlivy požáru a lidským chováním, které je působením požáru přirozeně ovlivněno.

Každý člověk reaguje na podněty individuálně, proto není vůbec jednoduché tyto faktory do simulačních programů implementovat a tato oblast se neustále vyvíjí. Za účelem získání nových poznatků a dat jsou prováděny např. různé experimentální evakuace, při kterých je získáváno mnoho užitečných informací.

## MATERIÁLY A METODY

Simulační programy pro evakuaci osob lze podle řady hledisek rozdělit do mnoha skupin. Z hlediska modelových postupů lze modely evakuace rozřadit do tří kategorií [1]:

- popis jednoduchých aspektů chování nebo pohybu pomocí rovnice či rovnic,
- popis různých aspektů pohybů osob,
- souvislosti pohybu a chování.

Poslední uvedená kategorie, které se věnuje tento článek, nebere v úvahu jen charakteristiku prostorů, ale posuzuje i jednotlivce jako aktivní objekty a bere v potaz jejich individuální reakce na dané podněty. Tyto modely se vyznačují především velkým stupněm komplexnosti a propracovanosti. Základní údaje o aspektech chování lidí v průběhu evakuace jsou stále zkoumány pomocí experimentálních evakuací a nově získávané poznatky jsou hodnotnými podklady pro zlepšování simulačních programů.

Následující dílčí částiposkytují základy matematického modelování pohybu osob a jejich chování při evakuaci [2]. Uvedená teoretická východiska jsou implementována v simulačním softwaru FDS+Evac, který je použit pro simulaci úloh.

### *Pohyb simulačních osob*

Současné opouštění místností či budov více osobami může navodit životu nebezpečné situace. Problém nastává např. v případě, když dav narazí na úzký průchod či ucpávající se východ (vlivem velkého množství osob), který zpomaluje rychlost pohybu osoby v čele davu. Zbytek davu se totiž nepřestává tlačit kupředu, a může tak dojít k úplnému ucpání východu. Už i lehký tlak ze strany osob na konci davu, snažících se neustále posouvat kupředu, může osobám v čele davu způsobit zlomeniny. Další nepříjemností je, když některé osoby upadnou a zkomplikují tak evakuaci ostatním osobám za nimi. Schopnost identifikovat nebezpečí těchto situací je při modelování velice důležitá.

Za účelem reálné simulace výše uvedených situací je důležité,

aby simulační software pracoval s reálnými fyzikálními silami, které při takových situacích vznikají. Jedná se především o odolnost těla vůči stlačení a o třecí síly mezi jednotlivými osobami a mezi osobami a překážkami.

V programu FDS+Evac je každý jednotlivec řízen vlastní pohybovou rovnicí (1) [2]. Tento postup umožňuje, aby měla každá simulovaná osoba vlastní strategii úniku.

$$m_i \frac{d^2 x_i(t)}{dt^2} = f_i(t) + \xi_i(t) \quad (1)$$

kde  $m_i$  je hmotnost osoby  
 $x_i(t)$  poloha osoby v daném čase  
 $f_i(t)$  síla, působící na osobu za daných okolností  
 $\xi_i(t)$  malá náhodná kolísavá síla  
 $\frac{dx_i}{dt}$  rychlost pohybu osoby

Získání výše uvedených koeficientů vede k dalším poměrně složitým rovnicím, které zahrnují důležité faktory (reakce osoby na požár, kontakt s překážkou či jinou osobou atd.).

Tvar lidského těla je v simulačních rovnicích reprezentován třemi vzájemně propojenými kružnicemi [3], je zde tedy uvažován určitý rotační stupeň volnosti, přičemž každá simulovaná osoba má svoji vlastní rotační rovnici.

### Volba únikového východu

Při modelové situaci zkoumá každá osoba polohu a aktivity ostatních unikajících osob a vybírá si únikový východ, pomocí kterého by se odhadem evakovala nejrychleji. Očekávaná doba evakuace sestává z odhadu doby pohybu a tvorby front. Čas pohybu je vypočítáván podílem vzdálenosti k východu a rychlosti pohybu. Vypočítávaná doba, související s tvorbou front a řazením do nich, je funkcí činnosti a aktivit ostatních unikajících osob. Rovněž se předpokládá, že lidé změní svůj způsob jednání pouze tehdy, když se naskytne výhodnější varianta.

Mimo umístění únikových východů a aktivit ostatních unikajících osob jsou zde ještě další faktory, které mají na rozhodování vliv. Jedná se o podmínky související s požárem a dále o povědomí osob o umístění únikových východů a jejich viditelnost.

Na základě všech výše zmíněných faktorů jsou únikové východy rozděleny do sedmi skupin a jsou jim přiděleny určité preference [2]. Znalost únikových východů může být při simulaci generována náhodně, nebo může být každé simulované osobě zadána dle libosti. Viditelnost únikového východu závisí na hustotě kouře a na umístění překážek. Při volbě preferencí dále závisí na podmínkách spojených s působením požáru, jako jsou teplota a kouř, které sice nepříznivě působí na unikající osoby, ale nejsou smrtelné.

Znalost umístění únikových východů je základním hlediskem, které ovlivňuje rozhodování. Je to kvůli neznámým podmínkám, které se mohou na neznámých únikových cestách nacházet, a zvýšit tak ohrožení. Unikající osoby dávají ve výsledku přednost únikovým cestám, které znají, dokonce i když jsou k dispozici rychlejší, avšak neznámé únikové cesty.

### Skupiny

Dav sestává z dílčích skupin (např. rodin), které mají tendence jednat společně. Při modelové situaci jsou činnosti skupiny rozděleny do dvou fází, přičemž v první fázi (shromažďovací) dochází k postupnému seskupování jednotlivých osob a ve fázi druhé (fáze odchodu) už se skupina pohybuje pohromadě po zvolené únikové cestě.

Během shromažďovací fáze se osoby snaží pohybovat směrem ke středu skupiny. Pokud jsou vzdálenosti mezi středem skupiny a všemi seskupujícími se osobami pod požadovanou mezní hodnotou, skupina je považována za kompletní a začne se pohybovat směrem k únikovému východu. Při tomto pohybu se členové skupiny snaží držet pohromadě, aby se skupina nerozpadla. Toto je simulováno potřebnou úpravou rychlosti chůze jednotlivých osob a přidáváním dodatečné síly působící směrem do středu skupiny. Tato síla se nazývá síla skupiny a její velikost udává, jak moc se snaží unikající osoby držet skupinu pohromadě, což se pro určité druhy skupin může lišit. Například skupina tvořená matkou a dítětem by měla mít větší skupinovou sílu než skupinypřítel ze zaměstnání.

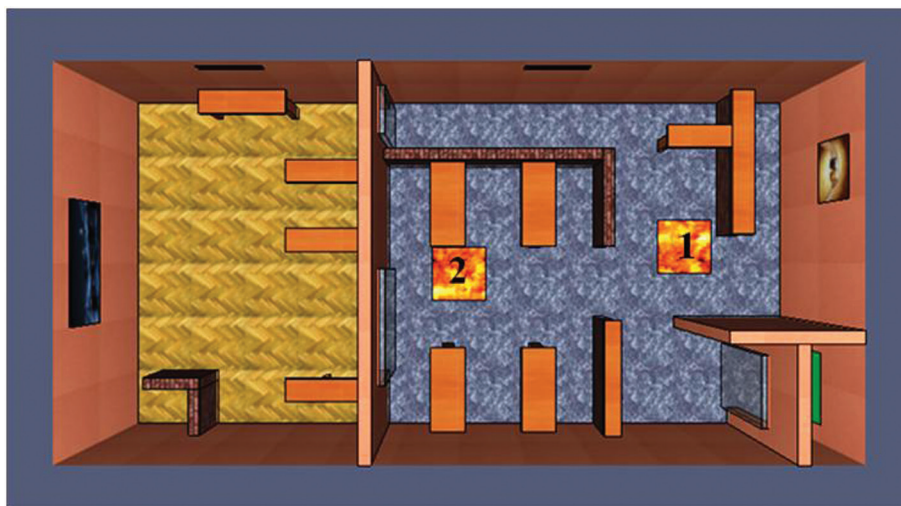
### Simulace evakuace osob v prostředí požáru

Cílem této části článku je sestavení úloh, ve kterých je evakuace propojena s modelem požáru. Toto bylo provedeno pomocí softwaru Fire Dynamics Simulator (dále jen FDS) a přídatného modulu Fire Dynamics Simulator with Evacuation (dále jen FDS+Evac), přičemž samotný FDS slouží k vytvoření geometrie prostoru a podmínek požáru. Přídatný modul FDS+Evac umožňuje ve vytvořeném prostředí simulovat evakuaci.

Námět pro simulaci v této práci tvoří situace vzniku požáru v nočním klubu. Simulován je vývin tepla v reálném čase za současného uvolňování toxických zplodin, reprezentujících požár, a rovněž průběh evakuace návštěvníků nočního klubu. Pro názornou ukázkou byly sestaveny dvě úlohy, které se liší intenzitou zadaného požáru a jeho umístěním v prostoru (viz obr. 1). Díky tomu je možno porovnat vlivy požáru na unikající osoby, které se v obou případech nacházejí v identickém prostoru, ale jsou vystaveny odlišným účinkům požáru na odlišných místech.

### Popis prostoru

Pro simulaci byl zvolen prostor nočního klubu o rozměrech  $6 \times 12 \times 3$  m. Vnitřní uspořádání prostoru vychází z několika existujících nočních klubů. Do tohoto prostoru vede pouze jeden vchod, který je tedy zároveň jedinou možnou únikovou cestou. Klub je dispozičně rozdělen na prostor tanečního parketu a na prostor baru. Obě místnosti jsou vybaveny zařizovacími předměty, které zároveň tvoří evakuační překážky. Ventilace je pro účely simulace provedena přirozeně a to pouze dvěma podstropními světlíky o rozměrech  $1 \times 0,2$  m. V každé místnosti se nachází jeden. Podlahu tanečního prostoru tvoří klasický dřevěný parket o tloušťce 1 cm, v prostoru baru je potom na betonové podlaze umístěn zátěžový koberec o tloušťce 6 mm.



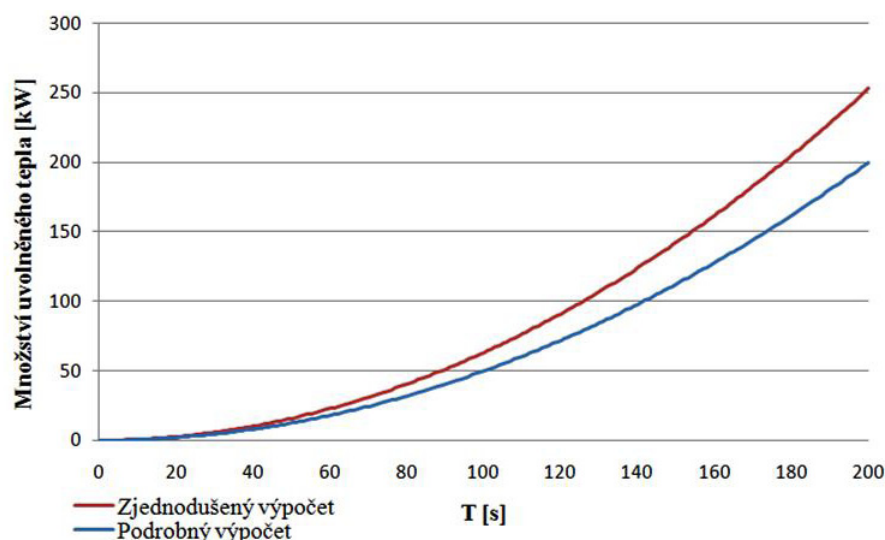
Obrázek 1 – Vizualizace prostoru pro simulaci a poloha požárů

### Použité materiály a jejich fyzikální vlastnosti

Všechny stěny, dělicí příčky, podlaha (před povrchovou úpravou) i strop jsou z betonových panelů, přičemž při této simulaci není (s výjimkou podlah) uvažována jejich povrchová úprava. Nízká dělicí stěna v prostoru baru, základna baru i prostor pro obsluhu hudby jsou provedeny z cihel. Stoly, barový pult i parkety jsou uvažovány ze stejného dřeva. Pro výše uvedené materiály byly použity běžně dostupné fyzikální vlastnosti.

### Simulovaný požár

Pro potřeby simulace evakuace spojené s rozvojem požáru je nejdůležitějším prvkem vývin a šíření toxických zplodin, které při požáru vznikají a na které simulované osoby určitým způsobem reagují. V níže uvedených praktických simulacích tedy není navržen požár, který se postupně šíří v daném prostředí a zabírá stále větší plochu. Požár je zde simulován pouze na ploše  $1 \text{ m}^2$  a v závislosti na čase postupně roste jeho intenzita a tedy i vývin toxických zplodin.



Graf 1 – Rychlost uvolňování tepla v čase

Rychlost uvolňování tepla v čase  $Q$  byla vypočítána pomocí jednoduché kvadratické rovnice ČSN EN 1991-1-2 [5] v různých časových krocích, a následně vložena do zdrojového kódu programu, který už si všechny hodnoty ve zbylých časových intervalech dopočítal. Vznikla tak časově závislá parabolická křivka, kde je rychlost uvolňování tepla úměrná druhé mocnině času. Růstová konstanta  $t_{\alpha}$  byla vypočítána pomocí požárního zatížení  $p$  a součinitele rychlosti odhořívání  $a$  v návaznosti na ČSN 73 0802 [6].

Pro potřeby simulace byly uvažovány hodnoty  $a_n$  a  $p_n$  z přílohy A ČSN 73 0802. Jednalo se o taneční sál, kde  $a_n = 1,2$  a  $p_n = 15 \text{ kg/m}^2$ . Pro určení hodnoty  $p_s$

byla použita tabulka 1 z ČSN 73 0802 [6], součinitel  $a_s$  má konstantní hodnotu 0,9. Jelikož se nejedná čistě o prostor tanečního sálu, byl pro hodnoty  $a_n$ ,  $p_n$ ,  $p_s$  a výsledného součinitele rychlosti odhořívání  $a$  proveden i podrobný výpočet. Na základě podrobného výpočtu vyšla výsledná hodnota  $Q$  nižší než při použití normových hodnot, nicméně pro simulaci požáru byla použita vyšší hodnota  $Q$  podepřená zjednodušeným výpočtem a normovými hodnotami. Výsledný požár totiž ani tak nedosahuje příliš vysokých hodnot a tím pádem ani vývinu nebezpečných zplodin, na které unikající osoby reagují především. Proto byla z obou použitelných výsledných hodnot zvolena vyšší hodnota  $Q$ .

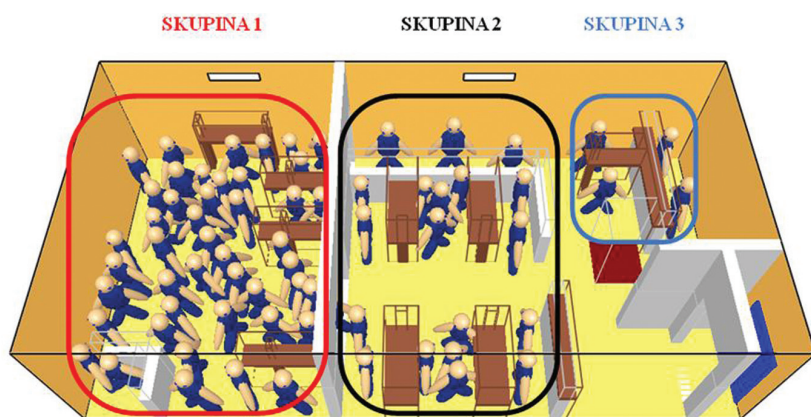
Pro předpokládaný čas simulace 200 sekund je pro porovnání rychlosti uvolňování tepla v čase uveden následující graf 1.

### Simulované osoby

V této části jsou uvedeny obecné údaje o simulovaných osobách, které se vyskytují v praktických úlohách. Chování, pohyby a reakce na vnější vlivy jsou ale u každé osoby programem posuzovány individuálně, i když podle zadaných parametrů náleží k určité datové skupině. Jelikož je simulace prováděna v prostorách nočního klubu, předpokládá se, že se zde nacházejí pouze dospělé osoby. Rovněž se předpokládá, že osoby znají polohu únikového východu, jelikož je to současně jediný možný vstup do objektu.

### Počet osob a jejich detekční a reakční doba

Celkový počet osob v simulovaném prostoru nočního klubu je 69. Umístění požáru se v praktických úlohách liší (viz obr. 1), lze tedy předpokládat, že osoby na něj začnou reagovat v různých časových intervalech podle toho, kde se zrovna v prostoru klubu nacházejí. Osoby jsou v simulacích vždy rozděleny



Obrázek 2 – Rozdělení osob na skupiny podle odlišné doby začátku evakuace

do tří různých skupin (viz obr. 2) podle toho, v jakých časových intervalech si vznikajícího požáru všimnou a kdy na něj začnou reagovat. Jejich doba pohybu tedy začne v čase určeném podle rovnice (2) [3] nebo i dříve, pokud zaznamenají ve svém prostoru a v určité výškové hladině (pro praktické simulace byla zvolena výška 1,6 m od úrovně podlahy) výskyt kouře.

$$t_{\text{pohybu}} = t_{\text{začátku}} + t_{\text{zpozorování}} + t_{\text{reakce}} \quad [\text{s}] \quad (2)$$

Časem začátku je myšlen čas začátku simulace požáru. Pokud není zadána žádná prodleva, je tato hodnota standardně 0.

#### Reakce osob na toxicitu

Effekt toxicity plyných zplodin požáru je v softwaru FDS+Evac určován pomocí konceptu zlomkové efektivní dávky, tzv. FED. Současná verze programu užívá pro výpočet celkové FED pouze koncentrace  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  a  $\text{O}_2$ . Koncentrace  $\text{CO}_2$  je zde uvažována pouze kvůli zrychlenému dýchání (hyperventilaci), díky kterému se do organismu dostane větší množství nebezpečných zplodin požáru. Nepředpokládá se však, že by koncentrace  $\text{CO}_2$  byla tak vysoká, aby měla toxický efekt (nad 5 obj. %).

## VÝSLEDKY

### Simulace 1

V této simulaci byla použita vypočítaná rychlost uvolňování tepla v čase. Při době trvání simulace 200 s byla tedy nejvyšší hodnota  $Q = 253 \text{ kW}$ , přičemž požár byl umístěn na pozici 1 (viz obr. 1). Počty osob v jednotlivých skupinách a jejich rozdílnou detekční a reakční dobu uvádí tabulka 1. Vzhledem k umístění požáru byla nejdříve reakční a detekční doba zadána skupině 1 a nejkratší naopak skupině 3. Časové intervaly jsou myšleny od začátku simulace.

Tabulka 1 – Popis osob v simulaci 1

Osoby	Počet osob	Interval detekce [s]	Interval reakce [s]	Začátek evakuace [s]
Skupina 1	46	50–55	50–55	100–110
Skupina 2	19	40–50	40–50	80–100
Skupina 3	4	35–40	35–40	70–80

### Průběh simulace 1

Osoby během této simulace reagovaly podle předpokládaných časů začátku evakuace a nebyl viditelný žádný případ, kdy by evakuace začala v návaznosti na detekci kouře dříve. Skupiny 2 a 3 opustily prostor celkem plynule a ani ve zúžených místech prostoru nedocházelo k ucpávání únikového východu.

Při evakuaci skupiny 1, která začala opouštět prostor jako poslední, došlo k vytvoření dvou evakuačních proudů. Větší proud tvořila skupinka 36 osob, která se vydala parketu směrem k východu hlavním prostorem baru, tedy uličkou mezi stoly. Menší proud tvořila skupinka 10 zbylých

osob, které se vydaly k východu zadní uličkou. Oba tyto proudy se vzájemně střetly v 112. vteřině simulace, kdy následně došlo ke zpomalení celé evakuace vlivem většího množství osob ve zúženém místě. V 154. vteřině simulace už se v prostoru žádné osoby nenacházely.

Během této úlohy nebyl zaznamenán žádný vliv toxicity zplodin požáru na unikající osoby, a to ani v případě střetnutí dvou výše zmíněných evakuačních proudů, které se v podstatě střetly hned vedle místa požáru a vyskytovaly se tedy vedle něj zhruba 30 vteřin. Vzhledem k intenzitě navrženého požáru došlo k většímu zakouření prostoru až po úniku všech osob.

Simulace začínala při okolní teplotě  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Během evakuace postupně rostla teplota ve výškové úrovni hlav evakuujících se osob na hodnoty  $20\text{--}45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Požár dosáhl během této úlohy teploty nejvýše  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ .

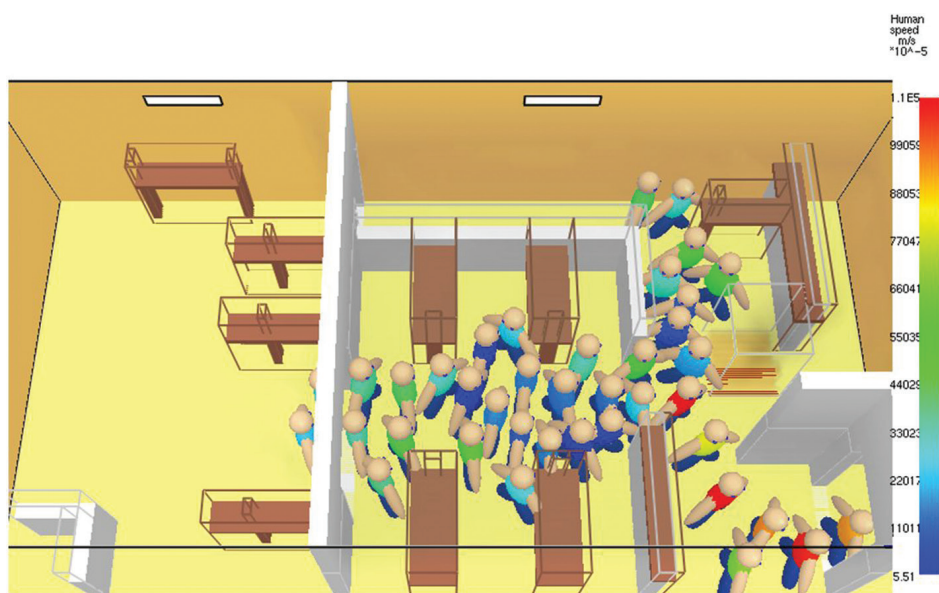
Na obrázku 3 je znázorněn pokles rychlosti unikajících osob v době střetnutí dvou proudů skupiny 1. Ve spodních částech obrázku je patrný časový průběh simulace a množství uvolňovaného tepla [kW] v daném čase. Barevná stupnice vpravo reprezentuje rychlost pohybu unikajících osob, které jsou podle těchto hodnot zbarveny. Stupnice začíná na hodnotě  $5,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  (modrá barva) a končí na hodnotě  $1,1 \text{ m/s}$  (červená barva).

### Simulace 2

Pro potřeby této simulace byla zvolena téměř trojnásobná rychlost uvolňování tepla v čase oproti simulaci 1. Bylo tak učiněno z důvodu ukázky projevu toxicity zplodin požáru na unikající osoby. Při době trvání simulace 200 s byla tedy nejvyšší hodnota  $Q = 731 \text{ kW}$ , přičemž požár byl umístěn na pozici 2 (viz obr. 1). Počty osob v jednotlivých skupinách a jejich rozdílnou detekční a reakční dobu uvádí tabulka 2. Vzhledem k umístění požáru byla nejkratší reakční a detekční doba zadána skupině 2 a o něco delší potom skupinám 1 a 3.

### Průběh simulace 2

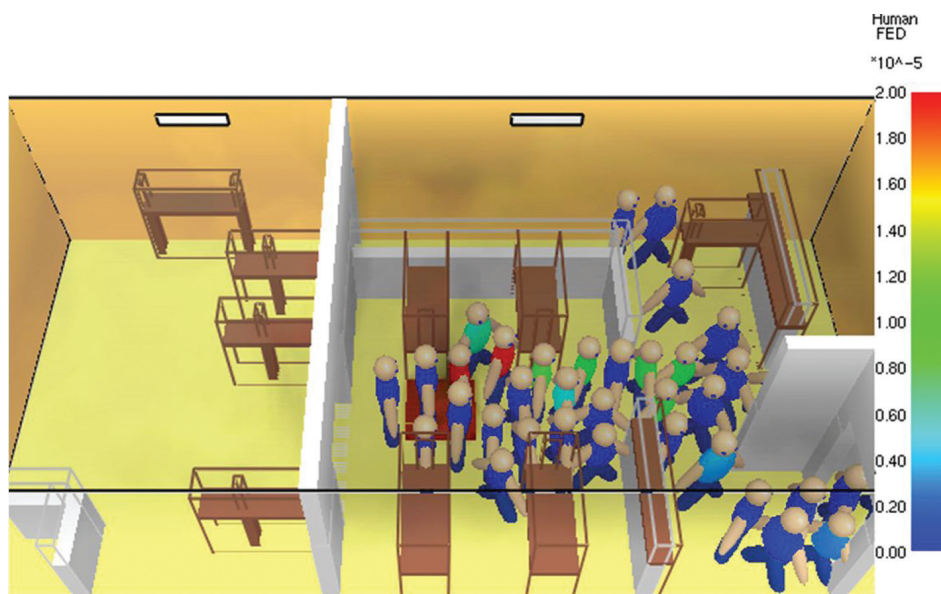
Úvodem je nutno zmínit, že v této simulační úloze bylo upuštěno od použití evakuační překážky v prostoru požáru, což mělo samozřejmě vliv na celý průběh evakuace. Bylo tak učiněno pro názornou



Obrázek 3 – Rychlost pohybu po střetnutí evakuačních proudů

Tabulka 2 – Popis osob v simulaci 2

Osoby	Počet osob	Interval detekce [s]	Interval reakce [s]	Začátek evakuace [s]
Skupina 1	46	50–55	50–55	100–110
Skupina 2	19	35–40	35–40	70–80
Skupina 3	4	40–50	40–50	80–100



Obrázek 4 – Reakce osob na toxicitu zplodin hoření

ukázku toho, že unikající osoby vyšší teplota požáru neodradí a unikají i přes místo požáru.

V průběhu této simulace reagovaly osoby až na jednu výjimku stejně jako v simulaci 1, podle předpokládaných časů začátku evakuace. Zmíněnou výjimku tvořila osoba ze skupiny 2, která se nacházela přímo v prostoru požářiště. Z tohoto důvodu reagovala na výskyt kouře a začala opouštět prostor v 52. vteřině simu-

lace, což je o 18 vteřin dříve, než je její stanovená minimální doba začátku evakuace. Zbytek skupiny 2 a skupina 3 začaly opouštět prostor v souladu s jejich stanovenými počátečními dobami evakuace. V průběhu evakuace skupiny 2 byly pozorovány u 2 osob reakce na toxicitu zplodin požáru.

Evakuace skupiny 1 probíhala téměř identicky jako v simulaci 1, ovšem s tím rozdílem, že zde byla u 25 osob zaznamenána reakce na toxicitu zplodin hoření. Jednalo se pouze o osoby, které unikaly hlavním prostorem baru, a tím pádem v těsné blízkosti požáru nebo přímo přes něj. Ve 157. vteřině simulace se už v prostoru žádné osoby nenacházely.

Simulace začínala při okolní teplotě 20 °C. Během evakuace postupně rostla teplota ve výškové úrovni hlav evakuujících se osob zhruba na hodnoty 20–90 °C. Požár dosáhl během této úlohy nejvyšší teploty 470 °C.

Na obrázku 4 je znázorněn vliv toxicity na unikající osoby. Také je možno si všimnout většího zakouření prostoru oproti simulaci 1 vlivem větší rychlosti uvolňování tepla v čase. Barevná stupnice vpravo znázorňuje hodnotu FED, přičemž začíná na hodnotě 0 (modrá barva) a končí hodnotou  $2 \cdot 10^{-5}$  (červená barva).

## DISKUSE

### Zhodnocení simulace 1

Pozitivní je, že všechny osoby opustily daný prostor v předpokládané době a nedošlo k zastavení jejich pohybu vlivem žádných překážek. Skupina 1 se rozdělila na 2 evakuační proudy na základě algoritmů simulovaných osob najít si vzhledem ke konkrétní pozici co nejkratší cestu k únikovému východu. Vzhledem k intenzitě zadaného požáru nedošlo v průběhu simulace k projevu vlivů toxických zplodin požáru na unikající osoby. Průběh této simulace byl tedy celkem bezproblémový.

Na druhou stranu je potřeba zmínit, že v prostoru požáru musela být umístěna tzv. evakuační překážka, které se osoby vyhýbaly. Kdyby tomu tak nebylo, pohybovaly by se osoby i přes prostor požáru, což by určitě neodpovídalo reálné situaci. Z několika

zde je třeba zmínit, že v prostoru požáru musela být umístěna tzv. evakuační překážka, které se osoby vyhýbaly. Kdyby tomu tak nebylo, pohybovaly by se osoby i přes prostor požáru, což by určitě neodpovídalo reálné situaci. Z několika

praktických příkladů od tvůrců FDS+Evac je patrné, že tento problém je zatím řešen umístěním požáru na vyvýšené plochy, kterým by se osoby stejně vyhnuly. Lze předpokládat, že do budoucna bude tento nedostatek odstraněn, ale prozatím je potřeba s ním při sestavování simulačních úloh počítat.

### Zhodnocení simulace 2

I v průběhu této simulace opustily všechny osoby prostor v předpokládané době a k zastavení jejich pohybu nedošlo ani vlivem překážek či požáru. Opět došlo k rozdělení skupiny 1 na dva evakuační proudy, které se pohybovaly identicky jako v simulaci 1. Během evakuace došlo k působení toxicity na evakuující se osoby, ale její hodnota nebyla tak vysoká, aby osoby jakýmkoli způsobem paralyzovala na místě (což by se při překročení určité hranice FED ve vztahu k současným algoritmům FDS+Evac stalo).

Jak již bylo zmíněno výše, v průběhu této úlohy nebylo použito evakuační překážky v místě požářiště. Evakuující se osoby tedy plynule přecházely přes místo požáru, i když v něm byla značně vysoká teplota, což je dobře patrné z obrázku 4. Dalo by se předpokládat, že v reálné situaci by se osoby vlivem tak vysokých teplot spíše otočily a použily k úniku boční uličky. Algoritmy FDS+Evac ale tímto způsobem zatím nepracují a pro simulované osoby je klíčové zakouření prostoru, které může ovlivnit výběr únikového východu (pokud taková možnost existuje) a hodnota FED, kterou buď vyhodnotí jako přípustnou, a pak pokračují v evakuaci, nebo je tato hodnota natolik vysoká, že jsou osoby paralyzovány a zůstanou stát na místě – zemřou.

## ZÁVĚR

Požár může značně ovlivnit podmínky evakuace. Díky propojení FDS s modulem evakuace FDS+Evac je možné při evakuaci zohlednit projevy požáru jako např. teplotu plynů, hustotu kouře a jeho toxicitu či množství tepelné radiace. Kouř má vliv na rychlost pohybu unikajících osob. Rovněž může svou hustotou ovlivnit algoritmus výběru únikového východu.

Článek byl věnován charakteristice, průběhu a objektivnímu zhodnocení praktických simulací evakuace osob v prostředí požáru. Ve zhodnocení těchto simulací byla uvedena pozitivní i negativní hlediska celého průběhu evakuace, která z části vyplývají z algoritmů

simulačního modulu FDS+Evac. Při tvorbě počítačových simulací za použití tohoto softwaru by tedy bylo dobré se nad zmíněnými pozitivními i negativními poznatky zamyslet a brát je při vytváření simulací v úvahu. Simulace se tak více přiblíží k reálné situaci, což by mělo být jejím hlavním účelem.

Matematické modelování chování evakuujících se osob se však neustále zdokonaluje a vyvíjí. Stále jsou zjišťovány nové poznatky, plynoucí např. právě z experimentálních evakuací. Tyto poznatky jsou do matematických rovnic postupně implementovány.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] FOLWARCZNY, L., POKORNÝ, J. *Evakuace osob*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2006. 125 s. ISBN 80-86634-92-2.
- [2] HOSTIKKA, S. et al. *Development and validation of FDS+Evac for evacuation simulations: Project summary report*. Finland: VTT Technical research Centre of Finland, 2007. p. 64. ISBN 978-951-38-6982-3.
- [3] KORHONEN, T., HOSTIKKA, S. *Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac: Technical Reference and User's Guide*. Finland: VTT Technical research Centre of Finland, 2009. p. 91. ISBN 978-951-38-7180-2.
- [4] KUČERA, P., PEZDOVÁ, Z. *Základy matematického modelování požáru*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2010. 111 s. ISBN 978-80-7385-095-1.
- [5] ČSN EN 1991-1-2. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1–2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 53 s, 2004.
- [6] ČSN 73 0802. *Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 122 s, 2009.

### Adresy autorů:

Ing. Petr Kučera, Ph.D.  
VŠB – Technická univerzita Ostrava,  
Fakulta bezpečnostního inženýrství,  
e-mail: petr.kucera@vsb.cz

Bc. Miroslav Antonín  
HZS Jihomoravského kraje, územní odbor Brno

Recenzent:  
doc. Ing. Ladislav Olšar, CSc.  
KPI, Fakulta speciálního inženýrstva  
ŽU v Žiline



# THERMOPHYSIOLOGICAL COMFORT OF UNDERWEAR WORN UNDER FIREFIGHTING SUITS TERMOFYZIOLOGICKÝ KOMFORT SPODNÍHO PRÁDLA POD ZÁSAHOVÝ ODĚV HASIČE

Šárka Bernatíková, Ladislav Jánošík

**Resume:** Cílem práce bylo otestovat na trhu nabízené spodní prádlo (trika s dlouhým rukávem) pod zásahový oděv hasiče z hlediska odvodu tepla a potu přes spodní prádlo na vnější povrch.

Trika byla otestována v laboratoři Technické univerzity v Liberci a dále bylo provedeno praktické testování probandy při zátěžovém testu, který simuloval fyzickou zátěž hasičů při skutečném zásahu. Experimentální měření probíhala v posilovně ředitelství Hasičského záchranného sboru Moravskoslezského kraje (HZS MSK) a zahrnovala testování 4 druhů spodního prádla 5 probandy. Byly sledovány fyzikální faktory prostředí, fyziologické odezvy organismu, bylo provedeno vyhodnocení jednotlivých výsledků a jejich porovnání.

**Abstract:** The goal of the work was to test underwear (long sleeve T-shirts), worn under firefighting suits and available on the market, from the point of view of thermal conductivity and sweat away through the underwear to the external surface.

The T-shirts were tested at a laboratory of Technical University of Liberec and, further, practical testing was carried out by means of probands subjected to exercise tests simulating physical strain on firefighters in the course of real interventions. Experimental measurements were done in a fitness room of the Headquarters of Fire and Rescue Service of the Moravian-Silesian Region (henceforth referred to as FRS MSR) and included the testing of T-shirts of four different material compositions by 5 probands. Physical factors of environments and physiological responses of organisms were observed; the evaluation of individual results and their comparison were carried out.

**Keywords:** underwear for firefighters, clothing comfort

## INTRODUCTION

Underwear forms the first fabric contact layer, the first thermal and mechanical protection against the external environment, and thus its properties, from the point of view of provided thermal comfort, are of high importance. To the basic requirements for underwear worn under firefighting suits, the achieving of clothing comfort should thus belong.

Comfort can be characterized as a state of an organism when the values of physiological functions are optimal and simultaneously clothing does not induce any unpleasant sensations and perceptions perceived through our senses.

In the literature there are many articles dealing with the factors of clothing comfort [4], [6], [7]; the joint conclusion of them is that the most important factors of clothing comfort are thermal and moisture sensations. This was confirmed by Hu and Yi [3], who tested a set of specimens; the result being the finding that subjective perception and psychophysiological response correspond highly with the content of water in fabrics.

Yi et al. [5] in their work divide comfort according to three main sensory factors, namely thermophysiological, tactile and pressure ones that form 90 per cent of all perceptions of comfort. Thermophysiological comfort is determined by the transfer of heat and moisture and is based on two fundamental parameters, namely thermal resistance and evaporation resistance.

Further testing was done by Ueda [9] who arrived at the conclusion that as a result of small efficiency of evaporation from the skin surface due to low clothing ventilation, an increase in skin moisture

and a decrease in comfort level occur.

Havenith et al. [2] describe the evaluation of clothing from the point of view of priorities (e.g. according to EN 469 [1]) and identify requirements for the properties of underwear worn under firefighting suits: insulation, vapour permeability, air permeability.

Stirling [8] states that sweat absorption and removal are important with regard to not only comfort but also burns from hot vapours.

The goal of the work was to test and compare underwear for wearing under firefighting suits, being available on the market and having different material compositions, and to find a suitable variant from the point of view of thermophysiological comfort.

## METHOD

Underwear worn under firefighting suits (long sleeve T-shirts) was sent to be laboratory-tested to the Technical University of Liberec. There, the evaluation of thermal-insulation properties and water vapour permeability was carried out by testing. Data obtained like that were consequently compared with results of experiments – by practical testing underwear in the course of simulated intervention activity.

By testing in Liberec, values of relative water vapour permeability and evaporation resistance were obtained.

*Relative vapour permeability:*

The relative permeability of fabrics to water vapours  $p$  [%] is a non-standardized but very practical parameter, where 100%

permeability represents a thermal flow  $q_0$  caused by evaporation from a free water surface of the diameter equal to that of the specimen measured. By covering this water surface with the measured specimen, the thermal flow then will decrease to the value  $q_v$ . The following relation holds true:

$$p = 100 \left( \frac{q_v}{q_0} \right) \quad [\%]$$

Evaporation resistance  $R_{et}$ :

The partial pressure of water vapour in air  $P_a$  is a quantity that is determined from the relative humidity of air  $\varphi$  and its temperature  $t_a$ . The partial pressure of water vapour at the state of saturation  $P_m$  is a function of air temperature:

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad [\text{m}^2 \cdot \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$$

The practical experiments were conducted in a fitness room of the FRS MSR. The exercise test is based on physical qualification requirements for firefighters and tries to simulate the physical strain on firefighters in the course of real interventions. An overview of events of the test is provided in Table No. 1. The test was divided into three parts that were always followed by a 3 minutes break for weighting the testers and T-shirts. For each break, a drinking regime was planned (2dl of pure water). For each event, the maximum duration was determined to maintain the minimum pace. [Vejda 2010].

Underwear, namely long sleeve T-shirts of four different material compositions (T1–T4), worn under firefighting suits, having different surface densities as shown in Table No. 2, were tested.

Five volunteers (henceforth referred to as probands) participated in the test; each of them tested T-shirts of all four material compositions. The probands were selected from students of VŠB – Technical University of Ostrava at the age of 23–24; all were sportsmen, 4 of them were engaged actively in work with the fire and rescue service. The probands were dressed in firefighting suits Fireman – Tiger, belonging to firefighting suits used by the FRS MSR most. In the event “stair climb”, a compressed-air breathing apparatus (CABA) of the mass of 10.3kg was used as basic load; in the first climb, a load of 26.5kg was added, in the second climb that of 6.1 kg and in the last climb, no load was added. To verify the amount of physical output, a pulse rate was observed in the course of the tests. It ranged from 150 to 190 pulses per minute in the course of testing.

The probands were acquainted with the procedure of testing, with the correct execution of exercises, and before carrying out individual tests, they completed questionnaires concerning their current health status. Before each measurement, the probands dressed in underwear were weighted, the mass of T-shirts was determined by weighing, sensors were attached. After each part of testing, the reweighing of the probands and T-shirts was done and values were recorded into a form. In individual events, the time of testing was recorded in minutes as well; all tests were conducted in a time interval shorter than the maximum allowable duration. In the course of testing, air temperature and relative humidity in the fitness room were measured and recorded. The velocity of air flow was less than  $0.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Microclimatic conditions were measured using a device Omega RH 70 (measuring range: humidity 5–95%, temperature  $100^\circ\text{--}300^\circ\text{C}$ ), the pulse frequency by a sport tester Polar RS400, software

Table No. 1: Exercise test [4]

Name of events	Number of exercises / length of race	Max. duration/minute
Stair climb while carrying additional load of 2 hose packs (mass of CABA+ 36.8 kg)	396 stairs	10
Horizontal bar pull-ups	10	2
Rowing machine 1km	1 km	5
Break		10
Stair climb while carrying an additional load of 1 hose (mass of CABA + 16.4 kg)	396 stairs	10
Press ups	32	2
Indoor cycling bike	3 km	10
Break		10
Stair climb while not carrying any load (mass of CABA of 10.3 kg)	396 stairs	10
Sit-ups	43	2
Rowing machine	1 km	10

Note: CABA – compressed-air breathing apparatus

Table No. 2: Material composition and surface density of tested underwear

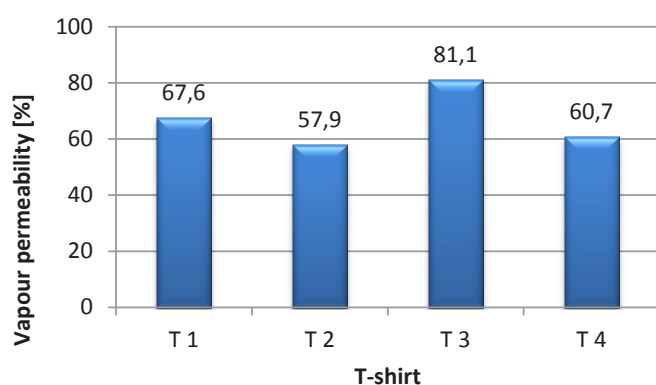
Underwear	Composition	Surface density / $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$
T 1	60 % cotton, 40 % viscose	180
T 2	55 % modacrylic, 45 % cotton	210
T 3	100 % polypropylene	100
T 4	50 % polypropylene, 50 % cotton	140

Cardiosport Heart Trainer, the mass of testers was determined using a balance Beuer BF 18 (measuring range: weigh ability = 150 kg, sensitivity = 100 g) and the mass of T-shirts by a balance Denver Instrument PK – 4801 (measuring range: weigh ability = 4 800 g, sensitivity = 0,1 g).

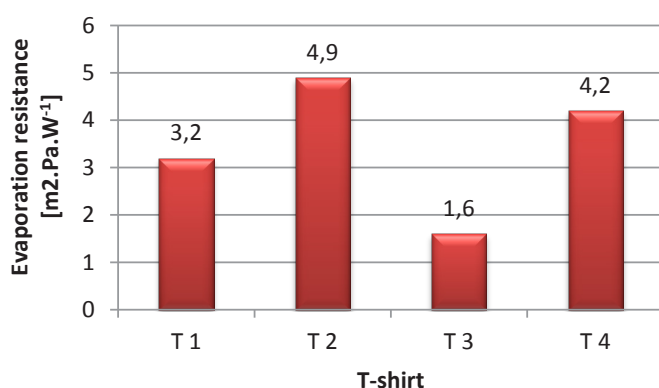
The results were processed using programs Microsoft® Office Excel 2010 and Statgraphics Plus 5.0.

## RESULTS

The testing of water vapour permeability and evaporation resistance was carried using a device Permeset at a laboratory of Technical University of Liberec. Climatic conditions:  $t_a = 22\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $\varphi = 35\%$ . Results of testing for individual T-shirts can be seen in Graphs No. 1 and No. 2 below.



Graph No. 1: Relative vapour permeability of T-shirts



Graph No. 2: Evaporation resistance of T-shirts

From the graphs it is clear that the best thermophysiological comfort, as far as water vapour permeability and evaporation resistance are concerned, the T-shirt T3 (100% polypropylene; 100 g.m<sup>-2</sup>) shows. On the contrary, the T-shirt T2 (55% modacrylic, 45% cotton; 210 g.m<sup>-2</sup>) has proved to have the worst properties.

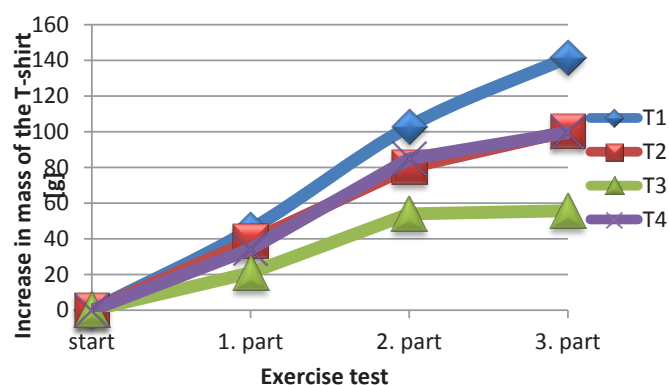
The subsequent practical testing by the probands in the course of exercise tests was performed in the fitness room of the FRS MSR. The testing took place in 4 days; because the physical demands of

the test were high, one day only T-shirts of one material composition were tested by 5 probands. Air temperature moved in the range of 19.5–20.5 °C and relative humidity in the range of 39–40%.

From the filled in questionnaires regarding the health status it follows that nobody had any health problems during testing.

The average mass of the probands before commencing the test was 77.0 kg and the BMI index ranged from 22.0 to 26.8 kg . m<sup>-2</sup>. The probands underwent the exercise test in the time interval of 25:57 min – 34:39 min and their water losses from sweating and breathing in the course of exercising moved in the range of 840 – 1 125 g.

In Graph No. 3 given below, an increase in mass of the T-shirt due to saturation with sweat was recorded.



Graph No. 3: Increase in amount of sweat in T-shirt

- T 1 Underwear (60% cotton, 40% viscose)
- T 2 Underwear (55% modacrylic, 45% cotton)
- T 3 Underwear (100% polypropylene)
- T 4 Underwear (50% polypropylene, 50% cotton)

The Graph No. 3 shows that the T-shirt T1 (60% cotton, 40% viscose) was most saturated with sweat and the T-shirt T3 (100% polypropylene) was saturated least. These results have confirmed our assumption, because cotton and viscose belong to the materials that enable increased sweat accumulation, whereas polypropylene fibres exhibit the low adhesion of moisture to the material and dry quickly.

## DISCUSSION

The goal of executed experiments was to find out how underwear available on the market to be worn under firefighting suits will behave in practical use during physical tests. The best measurement results were obtained for the T-shirt T3 (100% polypropylene), which showed, from the point of view of evaporation resistance characterizing thermal effects caused by sweat evaporation and perceived by the skin, the best properties. This result has confirmed, in principle, our expectations because the T-shirt T3 has the smallest surface density and simultaneously is made of 100 per cent polypropylene, which owing to almost zero accumulation of moisture achieves high thermophysiological comfort. The content of water accumulated in the T-shirt T3 was almost four times smaller than that in the T-shirt T1.

## CONCLUSION

It is clear from the results that T-shirts containing the materials that are highly absorptive will absorb sweat and will adhere more closely to the body, water vapour permeability is low and feeling of comfort disappears early owing to the increased removal of heat from the body. Tested T-shirts containing synthetic chemical fibres show lower water absorption capacity, are inherently hydrophobic and dry quickly. For this reason, these T-shirts were evaluated as more suitable in the case of long-term physical strain from the point of view of removal of moisture from the firefighter's body.

## Acknowledgements

The work represents the results of the project of Student Grant Competition No. SP2012/13.

## REFERENCES

- [1] **EN 469** (1995) *Protective clothing for firefighters*. European standard, Brussels: CEN.
- [2] **Havenith G, Heus R**. Ergonomics of protective clothing. In *Ergonomics of Protective Clothing Proceedings of nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm*. Stockholm: National Institute for Working Life, 2000. ISBN 91-7045-559-7. pp. 26–29.
- [3] **Hu J, Li Y**. Psycho-physiological mechanisms of thermal and moisture perceptions to the touch of knitted fabrics. In *Ergonomics of Protective Clothing Proceedings of nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm*. Stockholm: National Institute for Working Life, 2000. ISBN 91-7045-559-7. pp. 102–106.
- [4] **Lake B, Hughes JL**. Moisture studies in the domestic environment. 1. Dampness perception in laundered articles. *Journal of Consumer Studies and Home Economics*. 1980, vol. 4(1): p. 97–106. ISSN 0309-3891. DOI: 10.1111/j.1470-6431.1980.tb00363.x.
- [5] **Li Y, Newton E, Luo X, Luo Z**. Integrated CAD for functional textiles and apparel. In *Ergonomics of Protective Clothing Proceedings of nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm, Sweden, May 7–10, 2000*. ISBN 91-7045-559-7.
- [6] **Nielsen R, Endrusick TL**. Sensations of temperature and humidity during alternative. work/rest and the influence of underwear knit structure. *Ergonomics*, 1990, vol. 33(2): p. 221–234. ISSN: 0014-0139. DOI:10.1080/00140139008927112.
- [7] **Schneider AM, Holcome BV** (1991) Properties influencing coolness to the touch of fabrics. *Textile Research Journal*, vol. 61, no. 8: p. 488–494. ISSN: 0040-5175. doi: 10.1177/004051759106100810.
- [8] **Stirling M**. Aspects of firefighter protective clothing selection. In *Ergonomics of Protective Clothing Proceedings of nokobetef 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm, Sweden, May 7–10, 2000*. ISBN 91-7045-559-7.
- [9] **Ueda H, Inoue Y, Matsudaira M, Araki T, Havenith G**. Regional microclimate humidity of clothing during light work as a result of the interaction between local sweat production and ventilation. *International Journal of Clothing Science and Technology*. 2006, 18, 4, pp. 225–234. ISSN 0955-6222.
- [10] **Vejda, M**. *Testování funkčního prádla pod zásahový oblek*. Diplomová práce. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2011. 71 s.

### Adresa autorov:

VŠB-Technická univerzita Ostrava  
Fakulta bezpečnostného inžinierstva  
Lumírova 13  
700 30 Ostrava – Výškovice  
Česká republika  
e-mail: sarka.bernatikova@vsb.cz, ladislav.janosik@vsb.cz

Recenzent:  
doc. RNDr. Anna Danihelová, PhD.  
KPO, Drevárska fakulta  
TU vo Zvolene



**ŠVOČ**  
študentská vedecká a odborná činnosť



## Informácia o 50. ročníku medzinárodnej konferencie Študentskej vedeckej a odbornej činnosti zo sekcie Ochrana osôb a majetku pred požiarom

Dňa 10. mája 2012 sa konal 53. ročník medzinárodnej konferencie Študentskej vedeckej a odbornej činnosti, organizovanej Drevárskou fakultou, Technickej univerzity vo Zvolene. Všetkých 49 prihlásených prác bolo rozdelených do šiestich sekcií, tj., Technologicko-Technickej; Ekonomiky a manažmentu podnikov; Marketingu, obchodu a inovačného manažmentu; Ochrany osôb a majetku pred požiarom a Umelecko-dizajnerskej.

Rokovania v sekcii ochrany osôb a majetku pred požiarom sa zúčastnilo spolu dvanásť študentov s dvanástimi súťažnými prácami, z toho päť prác bolo autorstvom študentov štúdia Ochrany osôb a majetku na Drevárskej fakulte, Technickej univerzity vo Zvolene, päť prác zo Žilinskej univerzity v Žiline, jedna práca zo Slovenskej technickej univerzity v Bratislave a autorom jednej práce bol študent z National University of Public Service v Budapešti.

Práce študentov Technickej univerzity vo Zvolene boli zamerané hlavne na, šírenie tepla pri požiaroch tunelov a ich protipožiarneho zabezpečenia, zisťovanie príčin požiarov, pohybový program hasičov záchranárov a chemické zmeny dreva po termickom zaťažení.

Študentské práce zo Žilinskej univerzity boli zamerané na, sanáciu škôd po požiaroch, techniku, taktiku a sorbčné prostriedky používané pri

dopravných nehodách, odber vzoriek z požiariska a overenie vedomostí žiakov z oblastí BOZP a OPP. Práca študentky zo Slovenskej technickej univerzity v Bratislave, pojednávala o problematike retardácie smrekového dreva. Ďalšia práca bola z partnerskej univerzity, National University of Public Service v Budapešti, zameranie práce bolo na problematiku hasenia lesných požiarov pomocou špeciálneho hasiaceho zariadenia umiestneného na vrtuľníku Mi-2.

Všetky prezentované študentské práce riešili problematiku spadajúcu do oblasti Ochrany osôb a majetku pred požiarom. Rokovacím jazykom v sekcii bol slovenský a anglický jazyk. Po jednotlivých vystúpeniach prebiehala rozsiahlejšia diskusia, do ktorej sa zapájali aj zúčastnení hostia.

Komisia pozitívne zhodnotila pripravenosť študentov a odbornú úroveň prezentovaných prác. Zároveň vyjadřila názor, že možnosť porovnania sa študentov navzájom je prínosnejšia, ak sa na rokovaní v sekcii zúčastňujú aj študenti iných slovenských a zahraničných univerzít, čiže tak, ako tomu bolo aj v 53. ročníku ŠVOČ na DF, TU vo Zvolene.

Ing. Martin Zachar, PhD., gestor sekcie OOMP

## PROF. ING. ANTONOVI OSVALDOVI, CSc. k jeho životnému jubileu



Prof. Ing. Anton Oswald, CSc. sa narodil 29. augusta 1952 vo Zvolene.

Základnú deväťročnú školu navštevoval vo svojom rodnom meste, ktorú ukončil v roku 1967. V štúdiu ďalej pokračoval na Strednej všeobecno-vzdelávacej škole, kde maturitou v roku 1970 úspešne ukončil stredoškolské vzdelanie.

Snaha o rozširovanie vzdelania a nadobúdanie nových vedomostí a poznatkov boli podnetom pre podanie prihlášky a nakoniec aj nástup na vysokú školu, konkrétne na Vysokú školu lesnícku a drevársku vo Zvolene, kde bol po piatich rokoch úspešného štúdia – v roku 1975, slávnostne promován na „drevárskeho inžiniera“.

Už počas vysokoškolského štúdia sa podieľal na riešení rôznych výskumných úloh, aktívne sa zapájal do ŠVOČ. Svojimi výsledkami zaujal natoľko, že mu ako študentovi bol ponúknutý 1/2 úväzok na Katedre mechanickej technológie dreva. Ponuku prijal a na uvedenej katedre pracoval ako pomocný asistent až do skončenia štúdia na vysokej škole.

Ani potom však dvere VŠLD (dnešnej Technickej univerzity) za sebou nezatvoril a neverný nezostal ani Katedre mechanickej technológie dreva, nakoľko tu začal pracovať ako odborný asistent pre výskum. Popri pedagogickej a vedeckovýskumnej činnosti, zameranej predovšetkým na hodnotenie vlastností a ochranu dreva a materiálov na báze dreva – prioritne z ich protipožiarneho hľadiska, sa aj naďalej snažil o svoj profesionálny rast. Dôkazom toho bolo obhájenie titulu „CSc.“ (v r. 1982) a priznanie stupňa II. A – Samostatný vedecký pracovník, ako aj habilitácia na docenta (v r. 1991), v odbore „Ochrana dreva“. Svoj odborný rast završil v roku 1997, kedy mu po inauguračnom konaní bol udelený titul „profesor“.

Od 1. júna 1992 bol menovaný do funkcie vedúceho Katedry mechanickej technológie dreva a prebral tak žezlo po vtedajšom vedúcom prof. Horskom, s ktorého osobou sa okrem problematiky ochrany dreva proti hubám a hmyzu spájala aj problematika ochrany dreva proti ohňu. Funkciu na tejto katedre vykonával do júla roku 1997.

Nakoľko výskum v oblasti hodnotenia požiarotechnických vlastností materiálov a ich ochrany proti ohňu bol vždy jeho „srdcovou záležitosťou“, požiadal vedenie fakulty o povolenie na vytvorenie nového študijného odboru „Požiarna ochrana“. Jeho žiadosti bolo vyhovené, keď Akademický senát DF, s účinnosťou od 1. januára 1998, schválil vznik nového pracoviska – Katedru požiarnej ochrany a zároveň ho poveril jej vedením a gestorstvom študijného odboru.

Funkciu vedúceho na uvedenej katedre na určitý čas prerušil a to v súvislosti s menovaním na post dekana Drevárskej fakulty – TU vo Zvolene, kde pôsobil jedno funkčné obdobie. Od mája 2002 však bol opätovne poverený riadením Katedry protipožiarnej ochrany a na tomto mieste zotrval až do konca októbra 2010.

S uvedeným dátumom sa skončilo pôsobenie prof. Osvalda nielen na Katedre protipožiarnej ochrany, ale aj na Technickej univerzite vo Zvolene. Jeho novým pôsobiskom sa od 1. novembra 2010 stala Žilinská univerzita, Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva.

Prof. Anton Oswald, CSc. počas svojho pôsobenia na Technickej univerzite vo Zvolene žil prácou. Ako pedagóg bol pre študentov autoritou, vzorom, na strane druhej svojim ľudským prístupom si získal ich úctu, priazeň a obľubu. Čo sa týka výskumnej práce, podieľal sa na riešení mnohých výskumných a grantových úloh v oblasti protipožiarnej ochrany materiálov. Z uvedenej problematiky vypracoval buď samostatne alebo v spoluautorstve učebné texty, monografie, stovky odborných, vedeckých a vedeckopopulárnych článkov, na ktoré zaznamenal veľa ohlasov, bolo mu udelených niekoľko autorských osvedčení. Za záslužnú prácu bol ocenený „Cenou ministerstva školstva SR“. Pracoval vo vedeckých radách doma a v zahraničí. Od roku 1988 bol organizátorom a odborným garantom medzinárodnej vedeckej konferencie z problematiky ochrany dreva proti ohňu «Wood & Fire Safety», konanej v pravidelných štvorročných intervaloch, takže v tomto roku sa konal jej siedmy ročník.

Svoje aktivity vyvíjal aj mimo pracoviska. V tejto súvislosti je na mieste spomenúť aktívnu prácu v Dobrovoľnej požiarnej ochrane, najprv ako predseda Krajského výboru DPO, potom ako viceprezident DPO. Bol členom Subcommittee on Fire Modeling pri North American WoodProducts Fire Research Consortium, ďalej bol členom Zboru externých poradcov ministra vnútra SR, členom normalizačnej technickej komisie TNK 17 – Požiarna ochrana a bol predsedom pracovnej skupiny 5.03.04 Fire protection – medzinárodnej organizácie IUFRO.

O živote a práci prof. Antona Osvalda, CSc. by sa dalo písať ešte oveľa viac, myslím si však, že aj z uvedeného stručného prehľadu sa dá usúdiť, že sa jedná o človeka aktívneho, všestranného, tvorivého.

Záverom by som použila slová pána Ivana Gašparoviča, prezidenta Slovenskej republiky, ktorý raz povedal: „Osobnosti sú ľudia, ktorí dokážu robiť nielen pre seba, ale aj pre okolie a navyše z ich práce čerpá celá spoločnosť.“

Osobne si myslím a verím, že aj všetci čitatelia tohto článku

budú so mnou súhlasiť, že profesor Anton Osvald, CSc. výsledkami svojej práce dokázal, že miesto medzi takýmito „osobnosťami“ mu právom patrí.

Vážený pán profesor, za celý kolektív pracovníkov Katedry

protipožiarnej ochrany, Ti pri príležitosti Tvojho životného jubilea – 60 narodenín, chcem želať ešte veľa zdravia, spokojnosti v osobnom a pracovnom živote a do ďalších rokov ešte veľa tvorivých síl.

Ing. Iveta Mitterová, PhD.

### Fotodokumentácia z pracovného života prof. Osvalda



Pri odovzdávaní ocenenia za prácu v DPO od JUDr. Jozefa Minárika, prezidenta DPO SR.



Pri odovzdávaní vysokoškolských diplomov na poste dekana Drevárskej fakulty, TU vo Zvolene.



Pri príležitosti slávnostného prijímania študentov do „Študentského cechu hasičského“.



Pri príležitosti osláv „Svätého Floriána“, patróna hasičov.



Počas konania konferencie „Wood & Fire Safety“.



## MATEMATIKA A GEOMETRIA OKOLO NÁS ŠÍRENIE OHŇA

Katedra protipožiarnej ochrany a Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie na DF odštartovala dňa 26. apríla 2012 cyklus seminárov s názvom **MATEMATIKA A GEOMETRIA OKOLO NÁS**. Pilotný seminár sa venoval téme **ŠÍRENIE OHŇA**. Program obsahoval 4 prednášky.

Do problematiky lesných požiarov v podmienkach Slovenska nás uviedol Ing. Mgr. **Ivan Chromek**, PhD. Poslucháčov oboznámil s funkciami lesa a definoval základné pojmy, typy a parametre lesného požiaru. V prednáške vyzdvihol význam štatistiky pri hľadaní príčin požiaru, jeho šírenia i hasenia. Ivan Chromek z KPO sa v svojej pedagogickej činnosti venuje technickému zabezpečeniu hasenia, riadeniu a výcviku hasičských jednotiek. Svoju výskumnú prácu orientuje predovšetkým na predchádzanie lesných požiarov a ich hasenie s využitím leteckej techniky.

Prof. RNDr. **Karol Mikula**, DrSc. prezentoval pohľad matematika na uvedenú tému a venoval sa numerickému modelovaniu lesných požiarov pomocou evolúcie rovinných kriviek. Tento model vychádza z vývoja rovinatej krivky, ktorá predstavuje čelo požiaru a je založený na využití známych matematických pojmov a vzťahov – sústava lineárnych rovníc, derivácie, integrály, parciálne diferenciálne rovnice, vektorové funkcie, sprievodný trojhran, Frenetove vzorce, krivosť krivky. Tvar modelovaného čela požiaru je závislý na smere a rýchlosti vetra, pričom zohľadňuje druh spaľovaného materiálu a topologické zmeny. Prezentovaný model je výsledkom dlhodobého úsilia najsť rýchly a spoľahlivý softvér pre praktické využitie pri likvidácii lesného požiaru. Karol Mikula je zástupcom vedúceho Katedry matematiky a deskriptívnej geometrie na Stavebnej fakulte STU a je garantom všetkých troch stupňov študijného programu *Matematicko – počítačové modelovanie*, ktoré je zamerané na využitie matematiky pri riešení inžinierskych, prírodovedných a ekonomických problémov. Je medzinárodne uznávaným odborníkom v oblasti numerických metód riešenia nelineárnych parciálnych diferenciálnych rovníc a ich aplikácií. Za úspešné riešenie európskych projektov, ktorých výsledkom sú svetovo unikátne matematické a počítačové postupy aplikované vo vývojovej biológii a medicíne, získal ocenenie v súťaži **Vedec roka SR** za rok 2011.

Ing. **Pavol Saksun** nadviazal na predchádzajúce prednášky a prezentoval praktické využitie matematických modelov. V úvode hovoril o programoch vyvinutých v USA a NATO, ktoré používajú aj naše ozbrojené sily a Ministerstvo vnútra SR. Využívanie matematického aparátu konkretizoval na názorných animovaných ukážkach modelovania šírenia požiaru v Tichej a Kôprovej doline a samotného zásahu hasičských jednotiek. Vyzdvihol význam matematických modelov pri výcviku riadiacich štábov ozbrojených síl i štátnej správy. Pavol Saksun pracuje vo firme LYNX, s.r.o v Košiciach, ktorá podniká na trhu informačných technológií už od roku 1991. Poskytuje

služby pre klientov v oblasti projektovania, výstavby, prevádzkovania a bezpečnosti informačných systémov, simulačných a výcvikových technológií. Firma dlhodobo spolupracuje aj s KPO pri objasňovaní procesov horenia a modelovania ohňa v závislosti od rôznych vstupných parametrov.

Posledná prednáška RNDr. **Tatiany Hýrošovej**, PhD. bola venovaná dynamickému matematickému programu GEOGEBRA. Svojou vtipnou prezentáciou nás presvedčila, že matematika je nielen zaujímavá a užitočná, ale i zábavná a kto chce, má možnosť sa ju naučiť. GEOGEBRA je interaktívny softvér, ktorý je určený na demonštráciu geometrických a algebraických pojmov a je bezplatne dostupný na stránke [www.geogebra.org](http://www.geogebra.org). Používa sa na výpočty a ich grafické znázornenie, je vhodný na vyučovanie i samostatné štúdium matematiky. Tatiana Hýrošová z KMDG sa venuje v svojej vedeckej činnosti počítačovej grafike a modelovaniu aproximačných a interpolačných kriviek.

Sprievodné slovo patrilo doc. RNDr. **Ivete Markovej**, PhD. z Katedry protipožiarnej ochrany. Oficiálny program aj so záverečným resumé od Mgr. **Boženy Koreňovej**, ArtD. trval dve a pol hodiny. Poobede v zasadačke DF pokračoval seminár neformálnou besedou, ktorej sa mohol zúčastniť každý, koho zaujala téma a chcel vyjadriť svoje postrehy, pocity, skúsenosti alebo nadviazať spoluprácu. Po prvých rozpačitých slovách sa rozprúdila živá diskusia medzi prednášajúcimi, organizátormi seminára i poslucháčmi. Pracovníci Ministerstva vnútra, Ministerstva obrany, Hasičského záchranného zboru i pedagógovia zo stredných i vysokých škôl privítali takúto možnosť stretávania, odovzdávania si nielen skúseností ale i podnetov na ďalší výskum a výučbu. Seminár prebiehal podľa stanoveného programu s minimálnym časovým sklzom a v príjemnej pohodovej atmosfére, o ktorú sa postarali zanietení členovia oboch katedier.

Seminár bol určený širokej verejnosti, boli pozvaní odborníci z praxe, pedagógovia i študenti nielen z technických univerzít, ale i zo stredných škôl. Cieľom seminára bolo vzbudiť záujem o matematiku, hľadať nové témy na výučbu aplikovanej matematiky, upozorniť na jej nezastupiteľné miesto v rôznych oblastiach výskumu, prehlbovať spoluprácu a v neposlednom rade vytvárať mosty medzi vedou a praxou. Tento cieľ chceme naplniť aj v budúcich seminároch zameraných na rôzne oblasti použitia matematiky a geometrie.

Matematika a geometria je naozaj všade a my ju dokážeme okolo seba vnímať len vtedy, keď o nej niečo vieme. Ak sa na ňu pozeráme iba z diaľky, stáva sa našim nepriateľom, pretože jej nerozumieme. Ak sa vyberieme spolu s ňou na cestu vlastných hľadání a objavov, stane sa našim najspoľahlivejším priateľom a spoločníkom na celý život.

## TERMICKÁ ANALÝZA A PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ

Katedra protipožiarnej ochrany a firma TA Instruments usporiadala 8. novembra 2012 na pôde Technickej univerzity vo Zvolene seminár pod názvom Termická analýza a protipožiarne bezpečnosť.

Seminár otvorila doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD., odborný garant podujatia, ktorá na úvod srdečne privítala účastníkov, ktorí predstavovali zastúpenie praxe z firiem, pedagógov a výskumníkov dvoch univerzít, externých a denných študentov Drevárskej fakulty. Potrebu organizovania stretnutí, kde sa spoločne prezentujú výsledky vedy a praxe, v spojení so štúdiom na úvod predniesol vedúci katedry paedDr. Peter Polakovič, PhD. Za vedenie Drevárskej fakulty privítal účastníkov a zaželel zdarný priebeh seminára, prodekan pre vedu a výskum doc. Ing. Ján Sedláčik, PhD., ktorý vyzdvihol potrebu oboznamovania sa s najnovšími výsledkami vedy a techniky. Okrem iného tiež ocenil aktivity Katedry protipožiarnej ochrany.

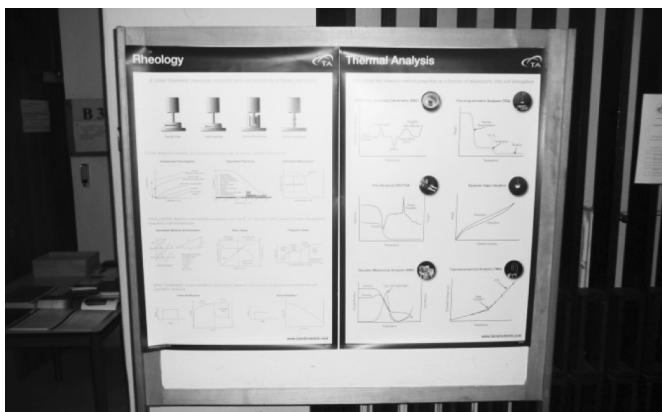
Cieľom seminára bolo oboznámiť účastníkov s problematikou termickej analýzy potrebnej pri štúdiu materiálov z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti, prepojenie teórie s praxou, aplikácia najnovších poznatkov retardérov horenia a termickej analýzy ako nástroja k ich hodnoteniu a uplatnenie najnovších prístrojov v tejto oblasti a v oblasti výbušnín. Priebeh seminára bol rozčlenený do štyroch tematických okruhov:

1. Prehľad jednotlivých techník termickej analýzy pre potreby štúdia materiálov z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti
2. Retardéry horenia a termická analýza ako nástroj k ich hodnoteniu
3. Mechanické vlastnosti materiálov za vysokých teplôt (drevo, plasty, keramika, kovy)
4. Tepelná stabilita výbušnín pomocou vysoko citlivej kalorimetrie.

Všetky témy predniesol zástupca firmy TA Instruments Ing. Jaroslav Kolečka, obchodný manažér Českej a Slovenskej republiky, ktorý zaujal účastníkov pútavým prednesom na vysokej odbornej úrovni. Dôkazom záujmu o erudovane prednesené témy a predstavené prístroje bola diskusia prednášajúceho a zástupcov zúčastnených firiem ako aj členov akademickej obce nielen cez prestávky ale aj po skončení seminára.

Organizátori podujatia sa touto cestou chcú poďakovať všetkým zúčastneným za priebeh seminára.

Ing. Emília Orémusová, PhD.  
organizačný garant seminára







## Advances in Fire & Safety Engineering 2012

15. – 16. November 2012, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, SR



### INFORMÁCIE O MEDZINÁRODNEJ VEDECKEJ KONFERENCII „AFSE 2012“

V termíne 15.–16. novembra 2012 sa na Technickej univerzite vo Zvolene konal I. ročník medzinárodnej vedeckej konferencie s názvom „Advances in Fire & Safety Engineering 2012“ (Pokrok v požiarnom a bezpečnostnom inžinierstve 2012). Organizátormi menovaného podujatia boli Technická univerzita vo Zvolene, Dreárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany a Požiarnotechnický a expertízny ústav Ministerstva vnútra Slovenskej republiky. Záštitu nad konferenciou prevzali prezident Hasičského a záchranného zboru SR, plk. JUDr. Alexander Nejedlý, riaditeľ Požiarnotechnického a expertízneho ústavu MV SR, mjr. Ing. Štefan Galla, PhD. a tajomník Katedry protipožiarnej ochrany Ing. Martin Zachar, PhD.

Cieľom podujatia bolo sprostredkovanie a výmena informácií v oblasti protipožiarnej ochrany a bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci, nadviazanie nových kontaktov s ostatnými domácimi, ale aj zahraničnými univerzitami ako aj prezentovanie výsledkov vedeckovo-výskumných úloh a činností realizovaných účastníkmi podujatia.

Konferencie sa zúčastnili zástupcovia akademickej pôdy, zo slovenských partnerských univerzít, konkrétne zo Žilinskej univerzity v Žiline, Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (Stavebnej fakulty a Materiálovo technologickej fakulty so sídlom Trnave), Technickej univerzity v Košiciach, ale aj zástupcovia zahraničných partnerských univerzít z Českej republiky (Vysoké školy báňskej – Technickej univerzity v Ostrave), Poľska (University of Zielona Góra – v Zielonej Góre) a Maďarska (National University of Public Service – v Budapešti). Pozvanie ďalej prijali zástupcovia štátnej

správy, príslušníci Hasičského a záchranného zboru, Národného inšpektorátu práce v Košiciach, Ministerstva obrany SR ako aj zástupcovia odbornej praxe, konkrétne zo spoločností Stöbich Brandschutz s.r.o. a Belfor Slovakia, spol. s r. o., bez ktorých podpory by sa takéto stretnutie organizovalo len veľmi ťažko. Okrem uvedených účastníkov prítomní boli aj študenti denného a externého štúdia všetkých troch stupňov vzdelávania študijného odboru Ochrana osôb a majetku na Technickej univerzite vo Zvolene.

Medzinárodný vedecký výbor, zložený z domácich a zahraničných odborníkov v jednotlivých vedeckých oblastiach, po posúdení prijal na uverejnenie v zborníku 33 príspevkov. Počas dvoch rokovacích dní bolo odprezentovaných 17 príspevkov, ktoré medzinárodný vedecký výbor posúdil ako najvhodnejšie, a najviac korešpondujúce s témou konferencie.

Bezprostredné ohlasy z radov prednášajúcich, ale aj poslucháčov boli veľmi pozitívne, čo viedlo k jednoznačnému názoru medzi národného vedeckého výboru konferencie, na odporúčanie v danom podujatí pokračovať do budúcnosti ďalšími ročníkmi konferencie „Advances in Fire & Safety Engineering“. Abstrakty z I. ročníka medzinárodnej vedeckej konferencie sú uverejnené v tomto čísle časopisu. Na záver sa chcem poďakovať garantom konferencie, členom medzinárodného vedeckého výboru, sponzorom, celému organizačnému výboru a v neposlednom rade všetkým zúčastneným.

Ing. Martin Zachar, PhD.  
garant AFSE 2012



## ZVYŠOVANIE ÚČINNOSTI VODY AKO HASIACEJ LÁTKY POMOCOU HASIACEHO GÉLU HYDREX® INCREASING THE EFFICIENCY OF WATER AS EXTINGUISHING AGENT THROUGH THE EXTINGUISHING GEL HYDREX®

Barbora Balcová – Pavol Rubis

**Abstract:** Extinguishing effect of water can be increased by using different ingredients. One such ingredient is Hydrex ®. This type of additives is based on polymers. After the reaction with water is changed in a matter of few seconds to gel with high adhesion and limits the spread of the fire to unaffected combustible materials. Using the Hydrex ® to reduce the water consumption for fire-fighting and to an enormous increase of its fire-extinguishing efficiency.

**Keywords:** *fire fighting, burn, Hydrex ®, fire extinguishing medium*

## STANOVENIE VPLYVU HUSTOTY TEPELNÉHO TOKU NA FUNKČNOSŤ PVC KÁBLOV DETERMINATION OF HEAT FLUX INFLUENCE ON FUNCTION TIME OF PVC CABLES

Karol Balog – Jozef Martinka – Marek Horucka

**Abstract:** Presented contribution deals with appreciate of heat flux influence on function time of unprotected and by chosen intumescent fire coat protected PVC cables. The influence of heat flux on function time of protected and unprotected time was carried out by infrared emitter at (12, 17, 20, 28, 42, 50 and 63) kW/m<sup>2</sup> heat flux. Obtained results indicate that both protected and unprotected PVC cables are resistant against heat flux up to 12 kW/m<sup>2</sup>. At higher heat flux the chosen intumescent fire coat has extended function time of protected PVC cable, but this extend of functional time have been no significant. Examined fire coat has increased critical heat flux causing ignition of PVC cable.

**Keywords:** *Heat flux, intumescent fire coat, thermal resistance of PVC cables, fire investigation*

## VYUŽITIE VYSOKOŠKROBOVEJ ŽABURINKY AKO ALTERNATÍVNEJ SUROVINY PRE VÝROBU BIOETANOLU UTILIZATION OF HIGHT-STARCH DUCKWEED AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL FOR BIOETHANOL PRODUCTION

Alica Bartošová – Maroš Soldán

**Abstract:** The Greenhouse effect as well the cost of fuel and food constantly forcing us to pay attention to investigate alternative options for biofuel production. This article focuses on the production of ethanol from water plant named Duckweed. It is perennial plant with a high starch content which can be further adapted to growth conditions in considerably increased. Starch content can range up to about 65%. Bioethanol from Duckweed is made by similar process as bioethanol made from corn or potatoes. Many analyses show that this method is comparable with the procedure of production from corn. The first step is the cultivation and harvesting of biomass, followed by accumulation of starch, enzymatic hydrolysis, fermentation and the final step is distillation which gives the final bioethanol.

**Keywords:** *duckweed, bioethanol, starch, fermentation*

## FYZIKÁLNE METÓDY A DETEKCIA NEBEZPEČNÝCH LÁTKO PHYSICAL METHODS AND DETECTION OF HAZARDOUS SUBSTANCES

Anna Danihelová

**Abstract:** The industrial production as well as its products to ensure the needs of the people, however, they are a possible source of hazardous substances. The quick identification of these substances in the case of exceptional events (technological and technical failure, natural calamity) is of great importance. The technical devices serving to their detection are based on physical principles. Their use requires knowledge of physics.

**Keywords:** *Physical methods, hazardous substances, safety*

## IN SITU BIOREMEDIÁCIE VODY IN SITU BIOREMEDIATION OF WATER

Blanka Galbičková – Maroš Soldán

**Abstract:** Nowadays the major problem in water treatment technology is the presence of persistent and toxic substances. These substances can't be reduced in a traditional chemical way, so bioremediation technologies as progressive methods are used. Bioremediation technologies use biological agent, such as bacteria, fungi or plants. Phytoremediation is a special kind of bioremediation techniques in which plants are used. The main goal of bioremediation is to remove, neutralize or binding of contaminant to prevent its migration in polluted soil or water. Bioremediations are used for treatment of contaminated soil, water (surface water and ground water), mine water, landfill of various types etc. It can be used for organic and inorganic compounds also. Bioremediation is used as a treatment in area with contaminants like heavy metals, oil substances, PAU, PCB and other various.

**Key words:** *Bioremediation, Phytoremediation, persistent, pollutant*

## EVAKUÁCIA V STAVBÁCH S VNÚTORNÝMI ZHROMAŽŤOVACÍMI PRIESTORMI EVACUATION INSIDE THE BUILDINGS WITH ASSEMBLY AREA

Michal Gál

**Abstract:** This thesis focuses on solution of the evacuation problem inside of buildings with open space and its effectiveness. The first chapter describes definition and the basic terms related to the topic. The following chapter deals with the statistic and the analysis of fire inside the building with open space according to number of injured people, the type of open space, year of occurrence, direct fire damages. The next chapter describes the scenario of occurrence, a chain of events which could lead to the occurrence of fire.

**Keywords:** *evacuation, assembly areas, fire*

## SKÚMANIE FYZIKÁLNO-CHEMICKÝCH VLASTNOSTI SORBENTU UNI-SAFE EXAMINATION PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF THE SORBENT UNI-SAFE

Michal Gál – Pavol Rubis – Barbora Balcová

**Abstract:** The sorbent UNI-SAFE capable of preventing a hazardous reaction in contact with such aggressive chemicals such as nitric acid, hydrofluoric acid or hydrogen peroxide. It's another great advantage is that immediately prevent evaporation of substances into the atmosphere, and even in contact with sulfuric acid and hydrochloric acid. UNI-SAFE can be used as an indicator of the dangerous substance. This feature facilitates it's own course and improved action in disposing of spilled substances.

**Keywords:** *Sorbent, UNI-SAFE, hazardous substances, chemicals*

## ANALÝZA KINETICKÝCH PARAMETROV PROCESU SAMOZHRIEVANIA TUHÝCH LÁTOK POMOCOUBEZPEČNOSTNÉHO KALORIMETRA SEDEX ASSESSMENT OF KINETIC PARAMETERS OF SELFHEATING OF SOLID MATERIALS USING SAFETY CALORIMETER SEDEX

Ivan Hrušovský – Tomáš Chrebet – Jozef Martinka – Karol Balog

**Abstract:** The SEDEX Safety calorimeter was developed for determination of the risk parameters of materials stressed under lower temperatures (from room temperature to up to 400 °C). The device is capable of operating under different thermal conditions for tests such as scanning calorimetry, isothermal testing, adiabatic conditions and Accelerating Rate calorimetry.

**Keywords:** *SEDEX, exothermic reaction, Accelerating Rate Calorimetry*

## AKTÍVNA PARTICIPÁCIA SLOVENSKA NA PODPORE ČINNOSTI EURÓPSKEJ AGENTÚRY PRE BEZPEČNOSŤ A OCHRANU ZDRAVIA PRI PRÁCI THE ACTIVE PARTICIPATION OF SLOVAKIA FOR SUPPORTING THE ACTIVITIES FOR EUROPEAN AGENCY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK

Laurencia Jančurová

**Abstract:** The contribution promotes the coordination activities of labour inspection authority in the field of international cooperation of health and safety. It is focusing on the activities of the Slovak Focal point and EU campaign "Working together for risk prevention". The Campaign is co-ordinated by the European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA) and its partners in the 27 EU Member States and beyond. It supports a wide range of activities at both the European and national level. The Slovak Focal Point is an active part of the European campaign and the contribution informs about the concrete Slovak activities to support it at the national level.

**Keywords:** *International cooperation, campaign, European Agency for Safety and Health at Work.*

## AKTÍVNA PROTIPOŽIARNA OCHRANA BUDOV — STABILNÉ HASIACE ZARIADENIA ACTIVE FIRE PROTECTION BUILDING — FIXED FIRE FLAMMABILITY OF

Michaela Juričková

**Abstract:** At the time of construction demanding building complexes, which are complicated not only their disposition but also their technology and the height is the protection of the population in these areas an integral part of the building. Fire technical devices which are currently available and provide both fire detection itself, or its location, but also the possibility of the active principle and the direct protection of the population, are the main help in active fire protection of buildings.

**Keywords:** *Fire safety, active control, passive control, paint system, spray – on system, safe protection ratio distance, electric fire alarm, fire distance, open fire area and space without the risk of fire*

## HASENIE POŽIAROV V STREDNE VYSOKÝCH BUDOVÁCH FIRES IN MID-RISE

László Komjáthy

**Abstract:** The article deals with fires in medium-high buildings and putting out fires in them. Of course, each time a fire is called in firefighters to fight fire in the middle of high buildings. More rapid spread of fire in homes also contributes to the amount of combustible materials. Therefore, access is often difficult and interference detection focus for intervention difficult, as dense smoke. Several times there also the rescue and escape routes are mutually coincide. In many cases, the intervention could make a people freed only by stairs. Quick action is extremely important, it is necessary to have a good understanding of space and excellent condition from intervening.

**Keywords:** *firefighters, fire, confined space, mid-rise, hurt, fire action*

## VLASTNOSTI A PARAMETRY BALÓNKŮ ŠTĚSTÍ PROPERTIES AND CHARACTERISTICS OF SKY LANTERNS

Miloš Kvarčák – Jan Ondruch

**Abstract:** The work deals with the determination of the parameters and characteristics of the sky lanterns. Brings insights from the realized experiments and tests that were carried out in the Interior and outdoor area. Experiments and tests shall as far as possible seek to comply with the terms and conditions that occur in actual use of sky lanterns. Lessons learned subsequently were used to refine instructions and procedures for the safe use of sky lanterns.

**Keywords:** *sky lantern, burning, fire, launching, product*

**ZADÁVÁNÍ TECHNICKÝCH PODMÍNEK PRO NÁKUP  
POŽÁRNÍ TECHNIKY  
THE AWARD OF THE TECHNICAL CONDITIONS FOR THE PURCHASE  
OF FIRE-FIGHTING TECHNOLOGY**

**Miloš Kvarčák – Martin Trčka – Adam Thomitzek**

**Abstract:** On the basis of the description of the activities of the units of fire protection, statistical data from the intervention activities and practical experience are formulated requirements for the implementation of the intervention. These requirements form the file of the selected technical parameters, which must meet the vehicle, to which the intervention was used for several decades.

**Keywords:** *fire technology, technical conditions, vehicle.*

**UPLATNENIE GEOINFORMATIKY V OBLASTI MANAŽMENTU MIMORIADNYCH  
UDALOSTÍ V PODMIENKACH SLOVENSKA  
APPLICATION OF GEOINFORMATICS IN MANAGEMENT OF EMERGENCIES  
IN SLOVAKIA**

**Andrea Majlingová – Danka Boguská – Mikuláš Monoši**

**Abstract:** In the paper, there are introduced the examples of application of geographical information systems (GIS) and systems for modelling and simulation of emergencies such as floods (HEC-RAS) and modelling of a hazardous atmospheres areal locations (ALOHA), on an example of leakage of the ammonia (used in technology of the Bardejov ice hockey stadium) to the atmosphere. Both analyses, which were performed for Bardejov town, were based on real data coming from Emergency Plans and technical documentation. For visualuzation of results there were used environments such as ArcGIS and Google Earth.

**Keywords:** *ALOHA, Geoinformatics, HEC-RAS, flood, dangerous substance leakage*

**PROTIPOŽIARNA BEZPEČNOSŤ STAVIEB – ZLOŽITÉ BUDOVY  
(ALEBO MESTO V MESTE?)  
FIRE PROTECTION OF BUILDINGS – COMPLICATED BUILDINGS  
(OR CITY IN THE CITY)**

**Imrich Mikolai**

**Abstract:** Complicated buildings, with very large area, with many levels, or poly-functional complex built for building, offices, and culture or rental shops, have very high people density and are full of cars and another traffic facility situated on relatively very small area. Some people are in those building for the first time, and not knowing the environment. And this is the main problem in auxiliary situation (i.e. fire). Nowadays can be auxiliary situation caused not only by the fire, but for example by terroristic aggression or standard energy fail. Humat (health) safety must be concentrated in protection of all the persons, the primary protection against the flames and heat, but also against smoke and combustion gases, that are invisible or undiscoverable by nose. Some of them can be narcotic or even toxic and can directly endanger the human life.

**Keywords:** *building fire safety, fire safety solution, city, evacuation*

**REAKCIA NA OHEŇ SADROVLÁKNITEJ A CEMENTOVLÁKNITEJ DOSKY FERMACELL  
REACTION TO FIRE GYPSUM AND CEMENT BOARDS FERMACELL**

**Iveta Mitterová – Mário Sitár**

**Abstract:** Building materials and products are the cornerstone of building structures, strongly influencing both its fire resistance, flame spread rate, smoke production, etc. In this context, it is necessary to devote a considerable attention to the materials and products in terms of fire, as one of the factors necessary for the safe design of building structures.

The paper deals with the assessment and classification of two types of dry construction materials – Fermacell gypsum board and cement board Powerpanel H<sub>2</sub>O, from the reaction to fire. As the test method there was applied the non-combustible test according to the standard EN 1182, the evaluation criteria were: an overall increase in temperature in the furnace, the total weight loss of the test material and the formation of flame burning. The results were compared with the assessment (classification) specified by the manufacturer of the materials.

**Keywords:** *reaction to fire, temperature increase, weight loss, flame burning, gypsum board, cement board*

## IMPLEMENTÁCIA PROGRAMU BBS AKO NÁSTROJA NA ZVÝŠENIE ÚROVNE BEZPEČNOSTI A OCHRANY ZDRAVIA PRI PRÁCI IMPLEMENTATION OF THE BBS AS A TOOL TO IMPROVE THE SAFETY AND OCCUPATIONAL HEALTH

Anna Nagyova – Zuzana Kotianová

**Abstract:** This article represents a reflection and comparison of the efficiency and functionality of standard OSHA systems and it describes the approach commonly applied in this area. The increase of the safety level depends on multiple factors. The legislative support, management awareness, staff's knowledge levels, and not least, the willingness and competencies of the organization's employees represent indicators significantly affecting the successful implementation of new approaches.

The creation of the environment where the occupational health and safety becomes matter-of-course is emphasized by mutual relationships between management and employees. Therefore, stress should be laid not only on proper motivation but mainly on mutual communication. The functionality of numerous implemented management systems fails due to the underestimation of the quality and quantity of information crucial for the identification of dangers and threats. The BBS program provides for the efficient monitoring of dangerous activities for each profession. However, like other approaches, if misinterpreted, this approach shall become a burden without any effects increasing the level of safety at work. This article represents a reflection and comparison of the efficiency and functionality of standard OSHA systems and it describes the approach commonly applied in this area.

**Keywords:** *program, safe behavior, implementation*

## RÝCHLOSŤ ODHORIEVANIA ALKOHOLOV A PRETEPLENIE KVAPALINY V NÁDOBE THE BURNING RATE OF ALCOHOLS AND OVERHEATING OF THE LIQUID

Miroslav Novotný – Jozef Martinka

**Abstract:** The article deals with the influence of changes in the diameter of the vessel, the physico-chemical properties of the combustion velocity and temperature of the liquid. Combustion was carried out in containers with a diameter of 18–94 mm with selected alcohols: ethanol, methanol, denatured ethanol and isopropanol. The temperature was recorded four thermocouples. Readings are confronted with the results of international studies.

**Keywords:** *burning rate of liquid, ethanol, methanol, denatured ethanol and isopropanol*

## ÚČINNOSŤ SORPČNÝCH MATERIÁLOV PRI DEKONTAMINÁCII Kyselín a zásad EFFECTIVENESS OF SORPTION MATERIALS BY DECONTAMINATION OF ACIDS AND HYDROXIDES

Michal Orinčák – Dušan Ganzarčík

**Abstract:** This paper deals with effectiveness of sorption materials by decontamination of acids and hydroxides in FRB. Prelusion of this paper characterizes basic partition of sorption materials and their properties. In the next part of this paper is present description of experiment and finding of sorption materials used by decontamination of acids and hydroxides.

**Keywords:** *sorption material, sorbent, adsorbent, decontamination, chemical agents*

## RETARDÉRY HORENIA FIRE RETARDANTS

Anton Osvald – Adelaida Fanfarová

**Abstract:** The conference paper deals with fire retardants, their facts and theoretical characteristics. In the analysis of the current state the principle of the fire retardants is specified in relation to the process of burning and fire, chemical viewpoint, the basic division of fire retardants, examples, properties, MSDS, advantages and disadvantages, practical usage and techniques of application. The next section presents related test methods and methodology, extension and importance of fire retardants in practise.

**Keywords:** *fire retardant, burning, application of fire retardants, methodology*

## POŽIARNE INŽINIERSTVO AKO METÓDA NAVRHOVANIA POŽIARNEJ BEZPEČNOSTI FIRE ENGINEERING – A METHOD FOR DESIGNING FIRE SAFETY

Anton Osvald – Vladimír Mózer

**Abstract:** This paper provides an overview of fire engineering as a method of designing the fire safety of buildings. It deals with its general definition, history, development and the tools it utilizes, together with a description of individual steps involved in the fire safety design process. As fire engineering is used in Slovakia to a very limited extent, examples of fire engineering systems used abroad are provided. And although fire engineering is generally considered a useful method, allowing for innovative building design, some of the risks associated are evaluated. The final part of the paper deals with what should be done, in the authors' opinion, in order to allow for safe use of fire engineering in Slovakia.

**Keywords:** *fire engineering, development, application, risks, futur*

## SAFETY OF TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS BY RAIL AND THE RULES FOR FIRE AND RESCUE EMERGENCY ACTIONS

Marek Rybakowski – Jozef Martinka

**Abstract:** The paper discusses the issue of rail transport of dangerous substances and the conduct of the National Fire Service in the event of a failure. The notion of hazardous materials is defined and the designations and safety rules associated with their transport are presented – The Rules for International Transport of Dangerous Goods. Disasters and accidents in the rail transport do not happen as often as on the roads, but their occurrence is always implicating a larger scale of the event and more adverse effects. Special groups of chemical and ecological rescuers are necessary in accidents involving hazardous substances. The principles of the rescue operations – fighting in crisis situations and disasters in rail transport are the main part of the paper. A particular focus is given in the article to the management and action procedures at the events involving hazardous materials carried out by the National Fire Service, using different types of equipment in the rescue operations.

**Keywords:** *Safety, hazardous materials, rail transport, disasters rescue and firefighting action*

## INSULATION OF WALLS (ETICS) OF POLYSTYRENE VS. FIRE PROTECTION IZOLÁCIA FASÁDY (ETICS) Z POLYSTYRÉNU VS POŽIARNEJ OCHRANY

Frank D. Stolt – Joachim Kowalke

**Summary:** The issue of energy conservation / climate change is now a determining factor in building construction, particularly in housing with low energy and passive houses. So far, so good – but takes the view of the fire service Thermal insulation with combustible materials on the facade – particularly with plates of polystyrene – a very high and unnecessary fire risk with it. Improper connections ETICS can fire an additional a potential source. For large building construction regulations require that the outer walls, whether pregnant or not, consist of non-combustible materials. These consist of “foamed oil,” and are therefore highly flammable burn at a rapid and high energy output. So even a relatively small and limited fires, e.g. a room fire, quickly trigger a disaster, should the fire on the facade extended to other projectiles, until finally in the whole house fire rises.

In this presentation, the demand for “realistic fire tests for facades” is raised. The previous attempts for the approval of ETICS polystyrene appear to be insufficient. In this paper, supported by documentation that the insulation will be checked immediately. The further obstruct must be stopped. Building regulations apply to the plates to a thickness of 100 millimeters to as “inflammable”. Which does not mean, that they do not burn. The Fire safety of external thermal insulation composite systems (ETICS) with polystyrene is in the approval process with the fire tests (Full-scale Tests) tested.

Compensation measures such as sprinklers etc. can indeed be planned but must meticulously before approval to their effectiveness can be checked. Therefore, such measures are still not in the Building codes provided. The legislature assumes that this problem can be decided only by Case on a case.

The author has in many expert witness testimonys documented with impressive photos the relentless dynamic of a fire of house facade with EIFS from polystyrene.

It is obvious that the firefighters will be hampered by the facade WDVB with serious consequences from polystyrene or even prevented. It stands firmly that prevent combustible insulating materials by a total loss of the building in case of fire in all probability little more. And depending on the type of facade, the fire fighting for the fire fighting themselves are very dangerous. Performance based on real cases of fire, however, do not bode well and justify worst fears:

- Flame and smoke spread largely unchecked in front of the space;
- in the worst case, the fire kindled by the chimney effect of the facade the space very quickly and just as quickly takes over on other floors;
- especially important in the development stage of a fire the fire department comes to the little Source of fire approached. The attempt to provide for avenues of attack in the front area, brings the fire fighters in most danger;
- also, the escape of ladders is hindered significantly if, for example, escape routes should be created by instructors at windows.

**Key words:** *Fire hazards, structural fire protection, ETICS, EIFS, combustible insulation, fire wall, monitoring of construction, insulation, polystyrene*

## INŠPEKCIA PRÁCE – JEJ CIELE, ÚLOHY A PRIORITY V OBLASTI BOZP LABOUR INSPECTION – ITS GOALS, OBJECTIVES AND PRIORITIES IN OSH

Jana Srňanská

**Abstract:** The main mission of labor inspection is to promote the protection of employees at work and the comprehensive performance of the state administration in the field of labor inspection.

Following legal provisions regulate basic requirements concerning occupational safety and health and labour relations in Slovak republic. They are: Act No.311/2001 – Labour Code, Act No. 124/2006 on occupational safety and health (OSH) and Act No. 125/2006 on labour inspection. Labour inspection is performed by the control authorities and may be called as one of the main forms of active participation of the state in public policy. Labour inspection its regulatory, supervisory, advisory and repressive action advocated by the current need to protect employees at work.

**Keywords:** *labour inspection, occupational safety and health*

## FÁZY POŽIARU OSOBNÉHO MOTOROVÉHO VOZIDLA PHASES OF FIRE PERSONAL VEHICLE

Jozef Svetlík

**Abstract:** Fires of cars are daily present. In the theory of combustion, for solids in fire protection determine the different phases of combustion. In the article are based on experiments identified above and described the different phases and the possibility of extinction.

**Keywords:** *car, fire, experiment, phases of combustion*

## VPLYV POŽIARU NA FYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY EFFECTS OF FIRE ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL

Mária Šimonová – Matúš Turičik

**Abstract:** The paper deals with the influence of fire on soil physical properties. Basic theoretical knowledge is followed with a proposal of methodology to test the selected features of soil. This methodology is then verified in the experiment.

**Keywords:** *soil, experiment, effects of fire, damage*



## HODNOTENIE KORKOVÝCH IZOLAČNÝCH MATERIÁLOV Z HĽADISKA REAKCIE NA OHEŇ THE CORK INSULATION MATERIALS ASSESSMENT IN TERMS OF REACTION TO FIRE

Ludmila Tereňová

**Abstract:** This paper deals with the results of reaction to fire testing of two cork insulation materials, one used for thermal insulation of facades and the second one as an insulation material for floor constructions. Tests were executed according to testing standard STN EN 11925-2 [1]. Test results have met classification criteria for the categorisation into class of reaction to fire E, in terms of STN EN 13 501-1 + A1 [2]. Concerning that both materials acted very favourably and none of the samples haven't reached boundary criteria for classification, we do recommend to put them through another testing.

**Keywords:** *reaction to fire, cork, single-flame source of heat*

## SMERNICA SEVESO III O KONTROLE NEBEZPEČENSTIEV ZÁVAŽNÝCH HAVÁRIÍ S PRÍTOMNOSŤOU NEBEZPEČNÝCH LÁTOK SEVESO III ON THE CONTROL OF MAJOR-ACCIDENT HAZARDS INVOLVING DANGEROUS SUBSTANCES

Boris Toman – Jana Krajčovičová

**Abstract:** In July this year, the Directive 2012/18/EC of the European Parliament and of the Council on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC was published. This Directive stipulates stronger measures concerning public access to information on establishment safety and public participation in decision-making, improved way for collecting, managing, accessibility and sharing of information as well as stricter rules for carrying out installation inspection. This article analyses the Directive contents and its influence on generally binding legal acts of the Slovak Republic.

**Keywords:** *SEVESO, smernice, legislatíva*

## VYBRANÉ RIZIKOVÉ FAKTORY OVPLYVŇUJÚCE HASIČA POČAS ZÁSAHOVEJ ČINNOSTI SELECTED RISK FACTORS INFLUENCING FIREMAN DURING INTERVENTION ACTIVITY

Marianna Tomašková – Michaela Balážiková – Jiří Pokorný

**Abstract:** Firemen's labour activities are demanding and high-risk. There are posed requirements concerning firemen with regard to their physical and psychical abilities and skills. During the almost every fire fighter intervention is endangered his health and also life. That is why it is necessary to analyse all possible risk situations that can occur during firemen activities in order to protect their health and life.

**Keywords:** *fireman, risk, risk factors*

## STÁLE AKTUÁLNE NEBEZPEČENSTVO VÝBUCHU PRIEMYSELNÝCH PRACHOV STILL PRESENT DANGER OF INDUSTRIAL DUST EXPLOSION

Miroslava Vandlíčková

**Abstract:** Many current industrial technologies is accompanied by the presence of hazardous combustible dust. Every year an estimated 2000 such an explosions occur in factories and refineries in Europe. [1]. Every dust explosion is preventable but it is necessary to know how it can occur. The article deals with the current combustible dust explosion hazard, which is very often underestimated even in this day after many industrial unfortunate events caused by just such an explosion. The paper presents the theoretical principles of combustible dust explosion, their general fire - technical characteristics, physico-chemical properties and basic protective measures. By their implementation it is possible to prevent of the combustible dust explosion or at least reduce their impact on the security level.

**Keywords:** *Kľúčové slová v anglickom jazyku. Uveďte 3 až 5 slov alebo slovných spojení*

## NELINEÁRNE FORMY ŠÍRENIE POŽIARU, SIMULÁTOR BACDRAFTU NONLINEAR FORMS OF FIRE SPREAD, FIRE SIMULATOR OF BACDRAFT

Lubica Vráblová – Jana Müllerová – Jaroslav Flachbart

**Abstract:** The conference paper deals nonlinear forms of fire spread, their individual formamy and their characteristics. It refers to the possibility of a backdraft simulation using the mini-simulator, which is made up of wooden box.

**Keywords:** *Backdraft, flashover, mini-simulator backdraft*

## HORĽAVOSŤ JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ SMREKA FLAMMABILITY OF PARTS SPRUCE TREES

Martin Zachar – Qiang Xu

**Abstract:** Due to the increase in the number of forest fires, not only at home but also abroad, as shown by statistics of fires, it is necessary to address this issue. The growth of large fires in predominantly summer months when rainfall occurs minimum is necessary to address basic fire-fighting properties prevailing tree species in these areas, as in this case, the predominant representation of conifers, particularly spruce stand. One of the basic flammability characteristics of the ignition temperature. The article deals with determination of ignition temperature of selected parts of spruce. It describes the general characteristics, microscopic and macroscopic characteristics of spruce wood.

**Keywords:** *selected parts of spruce, ignition temperature, ISO 871*

## REŤAZCE UDALOSTÍ, MODELY A ICH TVORBA CHAIN OF EVENTS, MODELS AND THEIR DEVELOPMENT

Ján Zelený

**Abstract:** Any negative impact that whether human, environmental, or property is actually only the tragic culmination of a wide range of events making up the two primary groups. This is the group of events that occurred before the accident, but should not to be occurred or not to occur as they have actually occurred, and a group of events that did not occur, but they rather should occur. The paper deals with the principles and ways of knowing the chain of events, their typology and their production processes respectively, modelling in inductive or deductive manner.

**Keywords:** *chains of events, risks, risk analysis, probability, security*

## TÍMOVÝ ZÁCHRANÁR 2012

Tímový záchranár je športovo-vedomostná súťaž, ktorá sa uskutočnila dňa 19. apríla 2012 v Považskom Chlmcí. Súťaž zorganizovala Žilinská univerzita v Žiline v spolupráci so Strednou školou požiarnej ochrany MV SR v Žiline.

Súťaže sa zúčastnilo 18 mužských družstiev a 7 družstiev žien. Táto súťaž je určená pre študentov škôl so študijnými odbormi zameranými na ochranu pred požiarmi. Cieľom súťaže je skúbenie teoretických vedomostí nadobudnutých počas štúdia s praktickým overením svojich zručností pri hasičských disciplínach a fyzickej zdatnosti, nadobudnutie nových znalostí a porovnanie zručností a znalostí medzi jednotlivými družstvami. Súťažilo sa vo dvojiciach, čo kladlo veľký dôraz na tímovú prácu.

Ako už bolo spomenuté, nešlo iba o šport, ale aj o vedomosti. Súťažiaci museli ešte pred začatím športovej časti vypracovať test s desiatimi otázkami, zameranými na požiarnu taktiku. Táto časť súťaže neprebíhala vo dvojici, ale každý súťažiaci musel vypracovať test samostatne. Za každú nesprávnu odpoveď bola penalizácia 10 sekúnd pre tím. Väčšina súťažiacich si s testom hravo poradila. Po tomto teste nasledovalo predstavenie trate a samotné vykonanie hlavnej športovej časti. Súťažiaci boli pri výkone disciplín zaťažení dýchacím prístrojom a z dôvodu bezpečnosti museli použiť prilbu.

### Súťažné disciplíny:

- rozťahnutie a prevlečenie „B“ prúdov cez okno vraku vozidla,
- vyťahnutie figuríny z auta a prenesenie na nosidlách,
- prenos pneumatík,
- zapojenie prúdnice a potiahnutie „C“ prúdu,
- prečerpanie vody pomocou vedra do 1. poschodia,
- vyťahnutie „B“ hadice do 2. poschodia,
- prechod cez zúžený priestor,

- stočenie „C“ hadice,
- 30 úderov ťažkým kladivom v hammerboxe,
- odstránenie piesku do pripravenej nádoby,
- hod granátom na cieľ,
- potiahnutie vraku auta.

### Kategória muži:

1. miesto: Ján Ondruško a Michal Libiček s časom 12:15,92 (TU vo Zvolene)
2. miesto: Daniel Chaluš a Tomáš Urban s časom 12:18,19 (VŠB TU v Ostrave)
3. miesto: Josef Hrbáček a Juraj Hrčka s časom 12:28,27 (VŠB TU v Ostrave)

### Kategória ženy:

1. miesto: Martina Pittnerová a Katarína Pecháčková s časom 14:48,98 (TU vo Zvolene)
2. miesto: Anna Bombová a Nika Juhaščíková s časom: 15:31,84 (TU vo Zvolene)
3. miesto: Mária Kiabová a Martina Marušinová s časom: 16:05,00 (TU vo Zvolene)

Po skončení súťaže dostal každý zúčastnený diplom s uvedením svojho umiestnenia. Súťažiaci, ktorí sa umiestnili na prvých troch miestach získali medaily a vecné ceny od sponzorov súťaže. Absolútni víťazi, Ján Ondruško a Michal Libiček, získali putovný pohár súťaže, ktorý je vystavený na TU vo Zvolene.

Bc. Petra Cagalová  
TU vo Zvolene



Foto: Milan Dermek



## ZHODNOTENIE A. R. 2011/2012 V ODBORE 8.3.1 OCHRANA OSÔB A MAJETKU NA DREVÁRSKEJ FAKULTE TECHNICKEJ UNIVERZITY VO ZVOLENE

Prvým septembrom 2012 sa na Technickej univerzite vo Zvolene začal nový akademický rok. Pozrime sa ale na to, čo priniesol pre našich študentov ten predchádzajúci, teda akademický rok 2011/2012.

V uvedenom roku bolo na Drevárskej fakulte TUZVO poskytované vzdelávanie v študijnom odbore 8.3.1 *Ochrana osôb a majetku* vo všetkých stupňoch (I. – bakalársky, II. – inžiniersky, III. – doktorandský) a formách (denná a externá) štúdia. V I. stupni to bolo v trojročnom študijnom programe *Ochrana osôb a majetku pred požiarom* (OOMP), v II. stupni v dvojročných študijných programoch *Hasičské a záchranné služby* (HZZ) a *Technická bezpečnosť osôb a majetku* (TBOM), a v III. stupni v študijnom programe *Protipožiarna ochrana a bezpečnosť* (POB). Údaje o počtoch zapísaných študentov v I. stupni štúdia sú v tab. 1, v II. stupni štúdia v tab. 2 a v III. stupni štúdia v tab. 3.

**Tab. 1** Zapísaní študenti v I. stupni štúdia v odbore 8.3.1 ochrana osôb a majetku na DF TUZVO v a. r. 2011/2012 (OOMP – Ochrana osôb a majetku pred požiarom, D – denná forma, E – externá forma)

Program a stupeň	1. ročník		2. ročník		3. ročník		Ročníky spolu		Spolu
	D	E	D	E	D	E	D	E	
OOMP – I. stupeň	98	64	59	27	36	25	193	116	<b>309</b>

V predchádzajúcom a. r. (2010/2011) sa v I. stupni štúdia zapísalo 276 študentov, z toho do 1. ročníka 98 v dennej forme a 65 v externej forme, z čoho vyplýva, že záujem študovať v odbore Ochrana osôb a majetku na DF TUZVO neklesá. Ešte lepšie to dokumentuje aj počet prihlásených študentov do 1. ročníka, ktorý bol pre a.r. 2011/2012 v dennej forme 465 študentov (prijímacieho konania sa zúčastnilo 465) a v externej forme 97 študentov (zúčastnilo sa 97).

V období 18. 6. 2012–22. 6. 2012 prebehli na Drevárskej fakulte TUZVO štátne záverečné skúšky a obhajoby záverečných prác v I. stupni štúdia. V študijnom programe Ochrana osôb a majetku pred požiarom sa ich zúčastnilo 34 študentov v dennej forme a 27 v externej forme. V termíne 20. 8. 2012 to bolo 12 študentov v dennej a 2 študenti v externej forme. Štúdium úspešne ukončilo 50 študentov.

Zoznam úspešných absolventov a tém bakalárskych prác: Bc. M. Ambroz – Protipožiarna bezpečnosť železničných tunelov, Bc. A. Baranyai – Protipožiarna bezpečnosť výrobných stavieb, Bc. J. Bartoš – Lesné požiare a opatrenia proti nim, Bc. L. Beňová – Hodnotenie smrekového dreva z protipožiarného hľadiska, Bc. P. Čagalová – Hodnotenie polystyrénu metódou kyslíkového čísla, Bc. N. Čapák – Hodnotenie kvality materiálov pre zabezpečenie lezeckej činnosti a činnosti nad voľnou hĺbkou, Bc. L. Cerva – Krbové sústavy, kozuby a vykurovacie telesá, Bc. J. Debnár – Využitie VVP Leš k výcviku hasičských jednotiek, Bc. V. Drinková – Štatistické

zhodnotenie príčin vzniku požiaru v obytných budovách, Bc. M. Drobčo – Technické prostriedky na Záchranných brigádach HaZZ, Bc. J. Dubovický – Typové scénare požiarov triedy B, Bc. T. Felbaba – Požiarna deliace konštrukcie v riešení PBS, Bc. S. Gelhošová – Dýchacie prístroje používané v HaZZ, Bc. L. Haluz – Požiarna odolnosť stavebných konštrukcií, Bc. A. Homolová – Hasičská technika v SR a ČR, Bc. P. Horanská - Sklo v procese vnútorného požiaru, Bc. V. Kamenská – Vplyv tepla na horenie a rozkladné produkty polystyrénu, Bc. P. Kavalíková – Hodnotenie protipožiarnnej bezpečnosti tepelných spotrebičov, Bc. M. Kováčová – Zásobovanie stavieb vodou na hasenie požiarov, Bc. K. Krkošová – Stabilné hasiace zariadenia a možnosti použitia, Bc. E. Kucbelová – Súlad legislatívy a vybavenia hasičských jednotiek obce vo vybranom regióne, Bc. J. Kulháný – Zabezpečenie protipožiarnnej ochrany verejnej mestskej plavárne, Bc. J. Lauko – Hodnotenie v súčasnosti používaných

plynných palív podľa stupňa výhrevnosti, Bc. B. Leščák – Hodnotenie príčin biologického samovznietenia, Bc. E. Malatincová – Možnosti využitia špeciálneho cisternového vozidla pre potreby HaZZ, Bc.

Š. Malatinec – Zmeny dreva pri vnútornom požiari, Bc. M. Malina – Podhľadové konštrukcie z hľadiska protipožiarnnej bezpečnosti, Bc. M. Melega – Riziká vzniku požiaru paliva a palivovej sústavy na palube lietadla, Bc. J. Melichová – Zisťovanie príčin požiarov v Zvolenskom regióne, Bc. L. Nádaský – Využitie TC k nácviku eliminácie mimoriadnych udalostí ZHÚ EBO, Bc. M. Nagy – Hydraulické vyslobodzovacie náradie používané v HaZZ SR, Bc. B. Nagypál – Charakteristika produktov horenia pri vnútornom požiari, Bc. R. Nemčok – Porovnanie zabezpečenia ochrany pred povodňami na Slovensku a vo vybranej krajine EÚ, Bc. J. Ondruško – Využitie síl a prostriedkov OHZ pri mimoriadnych udalostiach, Bc. T. Pavelka – Automobily HaZZ používané pri odstraňovaní následkov dopravných nehôd hybridných automobilov, Bc. A. Pavlendová – Zateplovacie materiály a ich hodnotenie z protipožiarnneho hľadiska, Bc. K. Pecháčková – Návrh vzdelávacieho programu pre zimné výcvikové sústredenie študentov 1. ročníka študijného programu «Ochrana osôb a majetku pred požiarom», Bc. J. Petro – Riešenie protipožiarnnej ochrany obce, Bc. M. Pittnerová – Dopady havárie vodného diela Turček na región, Bc. R. Ratulovský – Výšková technika používaná v HaZZ SR, Bc. T. Rišiaň – Hasičské automobily používané pri likvidácii lesných požiarov v zásahovom obvode OR HaZZ Martin, Bc. S. Rušinová – Riešenie požiarnebezpečnostnej charakteristiky užívanej stavby, Bc. J. Ružička – Protipožiarna bezpečnosť panelových drevo-stavieb, Bc. D. Schallerová – Civilná ochrana a humanitárna pomoc v podmienkach EÚ, Bc. L. Soska – Automobily HaZZ používané

pri hasení lesných požiarov, Bc. J. Tóthová – Význam retardérov horenia z protipožiarného hľadiska, Bc. J. Varačka – Zabezpečenie chladenia turbogenerátora v atómovej elektrárni, Bc. J. Varholák – Aplikácia vybraného softvéru na modelovanie dynamiky vnútorného požiaru, Bc. A. Vyletelová – Možnosti aplikácie pien v dôsledku eliminácie technických a ekologických zásahov a dopravných nehôd v Banskobystrickom kraji, Bc. J. Zemanová – Protipožiarna bezpečnosť stavieb zariadení sociálnych služieb.

**Tab. 2** Zapisaní študenti v II. stupni štúdia v odbore 8.3.1 ochrana osôb a majetku na DF TUZVO v a. r. 2011/2012 (D – denná forma, E – externá forma)

Program a stupeň	1. ročník		2. ročník		Ročníky spolu		Spolu
	D	E	D	E	D	E	
HZS	0	0	25	53	25	53	78
POB	32	27	14	20	46	47	93
Spolu II. stupeň	32	27	39	73	71	100	171

V predchádzajúcom a. r. (2010/2011) sa v II. stupni štúdia zapísalo 207 študentov, z toho do 1. ročníka 41 v dennej forme a 85 v externej forme. Počet prihlásených študentov do 1. ročníka bol pre a. r. 2011/2012 v dennej forme 38 študentov (prijímacieho konania sa zúčastnilo 38) a v externej forme 27 študentov (zúčastnilo sa 27).

V období 28. 5. 201 – 1. 6. 2012 prebehli na Drevárskej fakulte TUZVO štátne záverečné skúšky a obhajoby záverečných prác v II. stupni štúdia. V študijnom programe Technická bezpečnosť osôb a majetku sa ich zúčastnilo 14 študentov v dennej forme a 20 v externej forme, v študijnom programe Hasičské a záchranárske služby 23 študentov v dennej forme a 55 v externej forme. V termíne 20. 8. 2012 to boli 4 študenti v dennej a 1 študent v externej forme programu Technická bezpečnosť osôb a majetku. Štúdium úspešne ukončilo 107 študentov.

Zoznam úspešných absolventov a tém diplomových prác: Ing. V. Andrišov – Záchrana osôb z jaskýň, Ing. A. Antalová – Zisťovanie prítomnosti urýchlovača horenia vo vzorkách pôdy, Ing. A. Babiš – Návrh pohybového programu pre zdravotníckych záchranárov a hasičov v súvislosti s obťažnosťou v zásahovom prostredí, Ing. R. Baran – Návrh elektrickej požiarnej signalizácie a evakuačného požiarneho rozhlasu pre vybraný objekt, Ing. H. Bartovič – Aktívne a pasívne bezpečnostné systémy pri vyslobodzovaní osôb pri dopravných nehodách, Ing. P. Birka – Hodnotenie parametrov účinného zásahu hasičov záchranárov pri úniku vybranej nebezpečnej látky-ortuti, Ing. D. Boguská – Posúdenie zraniteľnosti a pripravenosti mesta Bardejov na zdoľovanie mimoriadnych udalostí, Ing. M. Bračok – Využitie ručných motorových reťazových píl v HaZZ, Ing. M. Brezinová – Dostupnosť hyperbarických komôr pri záchrane potápačov, Ing. M. Bystrianska – Technická bezpečnosť prevádzky briketovania, Ing. J. Bystriansky – Systémy vetrania chránených únikových ciest, Ing. M. Čuj – Využívanie rôznych foriem vody v prípade hasenia požiarov triedy A, Ing. J. Čurha – Návrh, realizácia a vyhodnotenie taktického cvičenia, Ing. V. Čurhová – Skúšky osobnej výstroje a výzbroje príslušníkov HaZZ, Ing. K. Dubská – Porovnanie vlastností TETRA dosiek a OSB dosiek z hľadiska protipožiarnej ochrany, Ing. Š. Duraj – Reakcia na oheň materiálov na báze korku,

Ing. L. Ďuriš – Výpočtové charakteristiky výbuchov, Ing. M. Fabini – Návrh optimalizačných postupov pre zdoľovanie lesných požiarov, Ing. P. Faix – Posúdenie sprístupnenia územia zásahového obvodu OR HaZZ v Poprade pre účely likvidácie lesných požiarov, Ing. S. Fekiačová – Zmeny vybraných chemických charakteristík dreva a drevných kompozitov pri rozvíjajúcom sa požiari, Ing. F. Glončák – Návrh metodiky riešenia nehôd s hromadným postihnutím osôb z pohľadu ZZS, Ing. M. Golian – Analýza rizík pracovných činností

v závodnom hasičskom útvere pri ochrane chemickej prevádzky, Ing. R. Golianová – Prioritné úlohy ambulancie hasičského a záchranného zboru v kontexte s úlohami záchrannej zdravotnej služby, Ing. A. Gonda – Návrh taktického cvičenia pre zásah zložiek IZS v automobilovom tuneli, Ing. J. Gordanová

– Vybrané faktory ovplyvňujúce výkon záchranárskeho psa, Ing. M. Gregaň – Hodnotenie zapáliteľnosti dýh rôznych druhov drevín, Ing. D. Haspra – Problematika horľavých kvapalín v chemickej legislatíve, Ing. S. Hašková – Porovnanie práce HaZZ a Policajného zboru ako zložiek IZS pri vyhlásení mimoriadnej udalosti, Ing. I. Havetková – Vzájomné porovnanie vybranej hasičskej stanice v SR a Maďarsku, Ing. D. Hockicko – Skúšky osobnej výstroje a výzbroje príslušníkov HaZZ – zásahový kabát, Ing. V. Hosa – Činnosť a spolupráca záchraných zložiek pri zásahoch v tuneli Branisko, Ing. J. Horváth – Požiar ropy vo veľkokapacitnej nádrži, Ing. J. Hotová – Hodnotenie vybraných druhov tepelnoizolačných materiálov z hľadiska reakcie na oheň, Ing. T. Hruška – Návrh koncepcie spolupráce zložiek IZS v okrese Malacky, Ing. M. Hurajt – Dvere a okná ako protipožiarné uzávery, Ing. J. Iglarčík – Účinnosť prenosných hasiacich prístrojov pre typ požiaru F vo vybranej prevádzke, Ing. P. Ivanová – Návrh softvéru na výpočet odľahčovacích plôch poistných membrán, Ing. I. Jenisová – Operačné stredisko záchrannej zdravotnej služby, súčinnosť pri riešení leteckej nehody, Ing. R. Kacian – Efektívne využitie plyných hasiacich látok v stabilných hasiacich zariadeniach, Ing. S. Keľov – Hraničné možnosti využitia vozidla AHZS 1D, Ing. M. Kmeťová – Poskytnutie odbornej zdravotníckej pomoci hasičskými jednotkami pri záchrane topiaceho, Ing. L. Knappek – Možnosti využitia AR METZ L 39 TWS MB ATEGO 1529 F 4X2 v zásahovom obvode OR HAZZ Prievidza, Ing. J. Kohút – Laická resuscitácia a AED z pohľadu hasiča, Ing. J. Koňaková – Porovnanie metodiky zisťovania príčin požiarov v SR a ČR, Ing. R. Koprivňanský – Vplyv geometrického tvaru materiálu na jeho úbytok hmotnosti, Ing. J. Kozová - Riešenie evakuácie z výškovej budovy, Ing. J. Križan - Stanovenie požiarotechnických vlastností duba, Ing. J. Krupár – Určovanie požiarnej odolnosti konštrukcií pasívnych domov podľa Eurokódu 5, Ing. M. Kružliak – Inertizácia hybridnej zmesi inertným plynom dusíkom, Ing. T. Kučera – Hodnotenie podlahových krytín z hľadiska ich zapáliteľnosti, Ing. M. Kučma – Aplikácia metód stanovenie bodu vzplanutia podľa jeho hodnoty a druhu horľavej kvapaliny, Ing. J. Kulich – Stanovenie dolnej medze výbušnosti vybraných pár horľavých kvapalín, Ing. L. Loderer – Pracovné riziká a ich eliminácia

na ŽSR, Ing. D. Macásek – Zatepľovacie systémy novostavieb z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti, Ing. M. Malatinka – Prejazdnosť a využiteľnosť CAS 30 IVECO TRAKKER v intraviláne mesta Trnava, Ing. L. Marcinek – Hodnotenie spalného tepla polystyrénu, Ing. D. Matava – Výpočet lavínovej ohrozenosti pre lavínové dráhy Doliny siedmich prameňov, Ing. J. Melich – Záchraná zdravotná služba & Hasičský záchraný zbor – ich vzájomná pomoc a podpora, Ing. M. Mikuláši – Využitie výpočtových metód na popis plameňa pri vnútorných požiaroch, Ing. R. Mojžiš – Hodnotenie zraniteľnosti a odolnosti obce Lubietová, Ing. A. Mifkovič – OS HaZZ v systéme IZS, Ing. G. Némethi 0150 Posúdenie dopadov havárií spojených s požiarom a únikom nebezpečnej látky vo Východoslovenských prekladiskách – ZSSK Cargo na prevádzku a okolie, Ing. J. Očenášová – Numerické metódy odhadu produktov explozívneho horenia, Ing. J. Ondris – Vyhodnotenie komplexných nácvikov pohotovostných situácií na letiskách, Ing. J. Oremová – Protipožiarna bezpečnosť skladu v jednopodlažnej stavbe, Ing. M. Paulduro – Výpočet charakteristík plameňa pri vnútornom požiari, Ing. M. Pekár – Návrh a overenie optimalizačných prístupov k spracovaniu povodňového plánu vybranej obce, Ing. T. Pešta – Návrh vodného stabilného hasiaceho zariadenia pre vybraný objekt, Ing. M. Piffko – Využiteľnosť LPZS OS SR pre potreby IZS, Ing. P. Pichanič – Hasenie lesných požiarov – návrh optimalizačných postupov s využitím GIS, Ing. J. Pintér – Analýza časových snímok činnosti lezeckej skupiny OR HaZZ v Banskej Bystrici, Ing. E. Piovarčiová – Monitorovanie intenzity záťaž zdravotníckych záchranárov pri záchrane osôb v súčinnosti s hasičmi záchranármi, Ing. M. Plavčko – Zhodnotenie metodického postupu pri zásahu unikajúcich nebezpečných látok, Ing. Ž. Püšpökyová – Hodnotenie kvality penotvorných vodných roztokov a z nich pripravenej peny, Ing. B. Ragan – Návrh lanového dopravného zariadenia na odstrel lavín, Ing. J. Rakita – Technická bezpečnosť zamestnancov v prevádzke Sekundárny okruh strojovne Jadrovej elektrárne Mochovce, Ing. J. Ružbacká – Hodnotenie prestupu tepla a termickej analýzy materiálov pre zásahový odev hasičov, Ing. J. Sedliak – Využiteľnosť prenosných čerpadiel k diaľkovej doprave vody pre jazierkový systém, Ing. M. Sitár – Fermacell – protipožiarna ochrana stavebných konštrukcií, Ing. M. Sitárová – Logistické zabezpečenie záchraných činností pri banských požiaroch, Ing. D. Sľúka – Tvorba GIS na území OR HaZZ vo Veľkom Krtíši, Ing. L. Sulková – Návrh vzdelávacieho programu zdravotníckej prípravy v systéme odbornej prípravy hasičov, Ing. E. Šagát - Hodnotenie vybraných poťahových čalúnkových materiálov metódou kónického kalorimetra, Ing. M. Šafranko – Manažment práce a spolupráca zložiek IZS pri zdoľávaní nehody s hromadným postihnutím osôb, Ing. P. Šatara – Sledovanie absorpčných schopností a teplotných vlastností Firesorbu, Ing. D. Šarišský – Bezpečnosť prevádzky rozvodného elektrického zariadenia, Ing. S. Škop – Technická bezpečnosť osôb pri preprave nebezpečných látok, Ing. K. Ševčíková – Vypracovanie návrhu znižovania vybraného rizika pri zásahovej činnosti hasičov, Ing. L. Štanda – Návrh opatrení pri poskytovaní pomoci príslušníkmi HaZZ a zdravotníkmi záchranármi pri úraze elektrickým prúdom, Ing. M. Šubín – Optimalizácia rozhodovacieho procesu veliteľa pri zásahu vo výškových budovách, Ing. S. Šuhajová – Štátny požiarový dozor ako jeden z nástrojov sledovania bezpečnosti organizácií, Ing. M.

Šuleková – Hodnotenie polyuretánových pien z hľadiska protipožiarnej ochrany, Ing. I. Vančo – Reakcia na oheň rôznych druhov sadrokartónu, Ing. M. Vantroba – Protipožiarna zabezpečenie výrobných stavby, Ing. K. Várady – Likvidácia požiaru a evakuácia osôb v poschodovej budove, Ing. B. Varga – Využitie sanitného automobilu HaZZ v systéme ZZS, Ing. V. Veliká – Využitie ručných termovíznych kamier pri pátraní po osobách v špecifickom prostredí, Ing. F. Vida – TP a kynológia PZ pri záchrane osôb, Ing. M. Vidhold – Možnosti výcvikového polygónu JAKUB VILLAGE pri výcviku hasičských jednotiek, Ing. J. Vinarčíková – Posúdenie protipovodňovej ochrany mesta Levice, Ing. M. Weinciller – Medicínske aspekty vyslobodzovania osôb z havarovaných vozidiel pri zásahu hasičov a zdravotníckych záchranárov, Ing. P. Zapletal – IVECO DAILY v podmienkach OHZ, Ing. P. Zeman – Využitie možností ZHÚ pri riešení prevádzkových mimoriadnych udalostí EMO, Ing. J. Zoller – Návrh vodného stabilného hasiaceho zariadenia pre administratívnu budovu, Ing. M. Železník – Návrh a overenie optimalizačných prístupov k spracovaniu povodňového plánu obce Krnča, Ing. T. Ženiš – Vyhľadávanie akceleračtorov horenia pomocou špeciálne cvičeného psa, Ing. S. Žofaj – Technická bezpečnosť osôb pracujúcich pri vybraných stavebných činnostiach.

**Tab. 3** Zapísaní študenti v III. stupni štúdia v odbore 8.3.1 ochrana osôb a majetku na DF TUZVO v a. r. 2011/2012 (POB – Protipožiarna ochrana a bezpečnosť, D – denná forma, E – externá forma)

Program a stupeň	Spolu		Z toho novoprijatí		Spolu
	D	E	D	E	
POB – III. stupeň	8	21	3	–	<b>29</b>

Záujem o absolvovanie III. stupňa štúdia v programe Protipožiarna ochrana a bezpečnosť majú nielen absolventi našich študijných programov II. stupňa, ale aj absolventi príbuzných programov iných vysokých škôl. Na štúdium v a. r. 2012/2013 sa zapísali 14 študenti v dennej forme, z toho novoprijatí 4, 11 študenti v dennej forme, z toho novoprijatí 2, jedna študentka je zo zahraničia.

V období 15. 8. 2012–17. 8. 2012 prebehli na Drevárskej fakulte TUZVO obhajoby dizertačných prác v študijnom programe Protipožiarna ochrana a bezpečnosť. Zúčastnili sa ich 3 študenti v dennej forme a 6 v externej forme. Všetci 9 štúdiom úspešne ukončili.

Zoznam úspešných absolventov a tém dizertačných prác: Ing. D. Dvorščáková, PhD. – Protipožiarna ochrana – prevencia sociálnopatologických javov, Ing. V. Knápek, PhD. – Výpočet síl a prostriedkov pri analýze nebezpečenstva vzniku požiarov v textilnom priemysle, Ing. P. Košík, PhD. – Možnosti identifikácie vybraných látok prostredníctvom laserovej techniky, Ing. Š. Krupárová, PhD. – Podmienky dlhodobého skladovania leteckého paliva a ich vplyv na zmenu vlastností, Ing. J. Lauko, PhD. – Hodnotenie hasiacej účinnosti ťažkej peny pri jej aplikácii na veľkorozmerové požiare triedy B nepolárnych horľavých kvapalín, Ing. M. Marcinek, PhD. – Korelácia testovaných parametrov hydraulických nožníc pri strihaní stĺpkov vybraných osobných automobilov v rámci technických zásahov, Ing. P. Rantuch, PhD. – Protipožiarna charakteristika zatepľovacích systémov,

Ing. D. Salenka, PhD. – Riadenie ľudských zdrojov pri riešení krízových situácií, Ing. M. Šmigura, PhD. – Vplyv vodných aditív v prípade hasenia požiarov triedy A a požiarov v prírodnom prostredí.

Nielen štúdiom žili študenti odboru 8.3.1 Ochrana osôb a majetku na Drevárskej fakulte TUZVO v a. r. 2011/2012. Aktívne pracovali v univerzitnej organizácii DPO, zúčastnili sa medzinárodnej súťaže Železný hasič, pracovali s deťmi a mládežou, organizovali a zabávali sa na Plese hasičov. O všetkých týchto aktivitách sme priniesli informácie a fotodokumentáciu v predchádzajúcich dvoch číslach nášho časopisu.

Čo nám prinesie súčasný akademický rok? Podľa počtu zapísaných študentov pre nás učiteľov bude náročný, keďže vzhľadom na poslanie našich absolventov naše pôsobenie na fakulte nekončí

prednáškami a vedením seminárov a cvičení. Aj keď je záujem o štúdium v odbore 8.3.1 Ochrana osôb a majetku na Drevárskej fakulte TUZVO vysoký, aj naďalej propagujeme toto štúdium medzi stredoškólkami posledných ročníkov. Pripravujeme sa na Deň otvorených dverí Drevárskej fakulty TUZVO, ktorý bude v 16. januára 2013. Veľmi radi Vás privítame, aby ste videli, v akých podmienkach vzdelávanie našich študentov prebieha. Okrem informácií o profile štúdia a absolventa budú pre Vás pripravené aj neformálne stretnutia a diskusie s učiteľmi a našimi absolventmi. Tešíme sa na stretnutie a na to, že a. r. 2013/2014 začneme spoločne.

doc. RNDr. Danica Kačíková, PhD.

## Lešť 2012

V dňoch 29.–31. marca 2012 sa v priestore obce Dobrá Niva a ÚŠZV MO SR Lešť konala medzinárodná odborná konferencia a súťaž záchranných posádok na tému:

### Organizácia zdravotníckeho zásahu pri nešťastiach s hromadným postihnutím osôb, chemický a biologický terorizmus.

Konferenciu otvorila bc. Dagmar Tončányová, hlavná organizátorka tejto akcie. Nasledoval prvý blok prednášok. Z nich nás najviac zaujal príspevok Ing. Juraja Slováka z Operačného strediska záchrannej zdravotnej služby SR na tému: Systém vzájomnej komunikácie v rezorte zdravotníctva pri NHPO. Predstavil nám nový dokument prijatý MZ SR: Metodický pokyn, ktorým sa ustanovuje systém vzájomnej komunikácie pri riešení následkov udalosti s hromadným postihnutím osôb v rezorte zdravotníctva, číslo Z08299-2012-OKM.

V druhom bloku prednášok pplk. Ing. Oliver Toderiška z Útvaru PRRCHBO Rožňava nám priblížil poslanie a úlohy Práporu radiačnej, chemickej a biologickej ochrany – jeho spôsobilosti podporiť integrovaný záchranný systém.

Svoj príspevok odprezentovala i bc. Michaela Gehrová z FN Oloouc. Témou bol Systém psychosociálnych intervenčných služieb a jeho aplikácie v ČR. Autorka vyzdvihla nevyhnutnosť ďalšieho rozvíjania siete peer záchrannárov, ako najdôležitejšieho článku psychosociálnej pomoci.

Po štvrtom bloku nasledovala diskusia a ukončenie medzinárodnej odbornej konferencie.

Súťažné posádky sa presunuli do VVP Lešť, kde sa v zrubovom tábore Slávia ubytovali a spoločne sa stretli na úvodnom brífingu. Tam sme dostali súťažné čísla a časový rozpis úloh, boli nám vysvetlené pravidlá súťaže a zložili sme sľub súťažiacich.

Na štarte večernej etapy o 20.45 sme dostali mapu, buzolu a pochodovú os, podľa ktorej sme postupovali. Jednému z posádok bol pridelený systém MILLES 2000, ktorý nepretržite vysiela informácie o našom pohybe vo VVP Lešť.

Prvá úloha s názvom OdST nás zaviedla priamo na Oddelenie simulačných technológií, kde sme na operačnom stredisku záchrannej zdravotnej služby ako veliteľ zdravotníckeho zásahu riešili únik čpavku zo zimného štadiónu.

Ďalšia úloha začínala prechodom zavaleným územím pod dozrom príslušníkov HaZZ. Po výjdení z miesta ohrozenia závalom bolo nutné zaradiť ranených a zriadiť hniezdo ranených. Posádka sa teda stala veliteľom hniezda ranených. Ako pozitívum sa pokladalo rozhodnutie poslať príslušníkov hazz späť do ohrozeného územia po zranení osoby, ktoré záchrannári nemohli vyprostiť a evakuovať sami.

Neďaleko od miesta závalu mal rozvinuté svoje postavenie Prápor radiačnej, chemickej a biologickej ochrany Rožňava. Úloha spočívala vo vyvedení osôb z kontaminovaného priestoru a následná dekontaminácia zranenej osoby i súťažnej posádky.

Začínala sa dekontamináciu prostriedkov individuálnej ochrany,

do ktorých sme boli oblečení a pokračovala mokrou dekontamináciou celého povrchu tela v dekontaminačnom stane.

Touto úlohou sme ukončili nočnú etapu. Dennú etapu naša posádka začínala o 6.40 ráno.

Hneď prvá úloha preverila našu fyzickú pripravenosť. Absolvovali sme certifikovanú výcvikovú dráhu pre vojakov. Pozostávala napríklad z plazenia, šplhu, výstupu po rebríku, preliezání betónových zábran a prechodu cez kladinu. Akoby jej pokračovaním bola úloha Mogadiš-nesenie zraneného kolegu na nosítkach po stanovenej trase a následná resuscitácia. O 10.00 sme už stáli na opačnom konci mapy. Cieľom úlohy Družba bolo vykonať prieskum, nájsť ranených a na hárkú zaznačiť ich polohu v dvoch vchodoch panelového domu. Keďže sa jednalo o únik nebezpečnej látky, boli sme príslušníkmi hazz vybavenými autonómnym dýchacím prístrojom.

O vchod vedľa nás čakala štvrtá súťažná úloha s názvom Joker. V nej sme prideliť farby pacientom (údaje o poraneniach a fyziologických hodnotách sme mali na kartičkách) podľa triediaceho systému START a JUMP START.

Ďalšou zážitkovou úlohou bola Utoya. Pred nástupom sme si obliekli nepriestrelné vesty a prilby. Naša posádka bola za asistencie vojenskej polície z Topolčian zavedená do priestoru ohrozovaného strelcom. Až po jeho zneškodnení sme sa mohli venovať raneným a v spolupráci s operačným strediskom zzs organizovať ich najefektívnejší odsun z miesta.

Na úlohe Val SBV sa naši študenti vžili do úlohy fanúšikov futbalu Slovana a Spartaku. Úlohou zdravotníckych posádok bolo nielen triediť, ale za asistencie polície i rozdeliť fanúšikov podľa klubov.

Preposledná úloha nás prekvapila. Išlo o hromadnú autonehodu spojenú s únikom nebezpečnej látky – acetónu. Auto predstavujúce cisternu s acetónom bola stará avia s naloženým stavebným odpadom a nedostatočným ADR označením. Cieľ tejto úlohy bol ihneď rozpoznať toto nebezpečenstvo a nevstúpiť do ohrozeného priestoru, hoci v ostatných súťažných úlohách sme to mali povolené.

Nakoniec sa naša posádka venovala záchrane zranenej osoby v úlohe Koloseum. Cieľom bolo túto osobu nájsť, poskytnúť jej prvú pomoc (zástava krvácania, imobilizácia, terapia) a vyniesť ju z ohrozeného priestoru von.

Podvečer sa súťažné posádky a organizátori presunuli do kultúrneho domu v Senohrade, kde bol pripravený spoločenský večer spojený s vyhlásením výsledkov súťaže. Hlavný rozhodca MUDr. Peter Kyseľ poukázal na chyby súťažiacich pri postupoch, čo pre posádky slúžilo ako spätná väzba. Spoločenským večerom sa súťaž záchranných posádok ukončila.

Chceli by sme poďakovať bc. Dagmar Tončányovej za odborné usmernenie pred súťažou a DHZ Technickej univerzity vo Zvolene za sponzorský dar.

Za posádku KPO ZV: Ing. Júlia Remeňová, Ing. Štefan Lupták

Katedra protipožiarnej ochrany  
Drevárska fakulta  
Technická univerzita vo Zvolene  
T. G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen  
Slovenská republika  
Tel.: +421 45 5206 828  
e-mail: ludmila.terenova@tuzvo.sk

#### Vec: Objednávky a predplatné časopisu DELTA

Závážne si u Vás objednávame časopis Delta.

Firma: .....

Adresa: .....

Máme záujem o nasledujúce čísla časopisu a počet výtlačkov:

Počet výtlačkov	Číslo	Cena
	Číslo 12 / 2012	5 EUR
	Číslo 13 / 2013	5 EUR
	Ročník 2013 (číslo 13 a 14)	8 EUR

Dátum: .....

Podpis: .....

Katedra protipožiarnej ochrany  
Drevárska fakulta  
Technická univerzita vo Zvolene  
T. G. Masaryka 24  
960 01 Zvolen  
Slovenská republika  
Tel.: +421 45 5206 828  
e-mail: ludmila.terenova@tuzvo.sk

#### Vec: Objednávka reklamy v časopise DELTA

Závážne si u Vás objednávame reklamu v časopise Delta.

Firma: .....

Adresa: .....

Máme záujem o nasledujúcu veľkosť inzerátu:

Objednávame <sup>1</sup>	Veľkosť	Cena (EUR s DPH)	
		Plnofarebná tlač	Čiernobiela tlač
	1/1 celá strana 210x297 mm	500	400
	1/2 vodorovne 210x148 mm	250	200
	1/2 zvisle 105x297 mm	250	200
	1/3 vodorovne 210x99 mm	200	150
	1/4 105x148 mm	100	70

<sup>1</sup>Vyznačte krížikom

Příplatok:

4. strana obálky (len plnofarebne veľkosť 1/1 alebo 1/2) + 20 % Áno<sup>1</sup>

Dátum: .....

Podpis: .....

#### Pokyny pre autorov príspevkov do vedecko-odborného časopisu DELTA Writer's Guidelines of DELTA Scientific and Expert Journal

1. Pôvodný doteraz neuverejnený príspevok nemá prekročiť 6 strán (formát A4, písmo Times Roman 12 bodov). Rukopis v jazyku slovenskom musí obsahovať resumé v rozsahu 1 strany v jazyku anglickom a obrátene. The unpublished submission should not exceed 6 pages (format A4, Times Roman, size 12). Manuscript written in Slovak language must include 1 page Resume in English language and English manuscript must include 1 page Resume in Slovak language.
2. Príspevok pošlite e-mailom na adresu redakcie ako prílohu spracovanú v aplikácii Microsoft WORD. Grafy, tabuľky, obrázky, schémy, ktoré nie sú spracované v Microsoft Word, priložte v digitálnej forme (gif, jpg, tiff alebo BMP súbory) samostatne. Submission should be sent by e-mail to the redaction address as attachment in system Microsoft WORD. Graphs, tables, pictures and schemes if not processed by Microsoft Word, sent in digital form (as gif, jpg, tiff and BMP files) independently.
3. Odvolania na literatúru označujte systémom prvý údaj, rok, v okrúhlej zátvorke v texte. Zoznam použitej literatúry uveďte na konci príspevku podľa STN 01 0197 (ISO 690). References in text should be marked by first information and year in brackets. The list of references should follow the paper according to ISO 690.
4. K rukopisu pripojte plné meno a priezvisko autora (autorov), adresu inštitúcie, v ktorej pracuje a e-mail. The author's full name, institution address and e-mail must be enclosed.
5. Príspevok posúdi redakčná rada a pošle recenzentom. Pred tlačou bude poslaný autorovi na korektúru. Poplatok za uverejnenie článku – 30 €. Č. ú. 0071643070/0900. The editorial board will assess and send the manuscript to reviewers. The final draft before printing will be sent to author for final adjustment. Fees for paper publishing – 30 €. IBAN SK36 0900 0000 0000 7164 3070.
6. Termíny na zaradenie príspevkov: 31. október pre prvé číslo v nasledujúcom roku, 31. máj pre druhé číslo v aktuálnom roku. The deadlines for submissions are: 31 October for first issue in the next year, 31 May for the second issue in the actual year.