

Mladá veda

Young Science



Mladá veda

Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 1, ročník 12., vydané v marci 2024

ISSN 1339-3189, EV 167/23/EPP

Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk

Fotografia na obálke: Prichádza jar. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

prof. Ing. Peter Adamišín, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociálnej geografie a regionálneho rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)

Mgr. Jakub Köry, PhD. (School of Mathematics & Statistics, University of Glasgow, Glasgow)

prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)

Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)

doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)

Mgr. Monika Šavelová, PhD. (Katedra translitológie, Univerzita Konštantína Filozofa, Nitra)

prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)

prof. PhDr. Peter Švorc, CSc., predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)

doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra verejnej ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

Mgr. Michal Garaj, PhD. (Katedra politických vied, Univerzita sv. Cyrila a Metoda, Trnava)

REDAKCIA

Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)

Mgr. Martin Hajduk, PhD. (Banícke múzeum, Rožňava)

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredo európskych štúdií UKF, Nitra)

RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)

PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredo európskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)

Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.

www.universum-eu.sk

Javorinská 26, 080 01 Prešov

Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

ANALÝZA VYBRANÝCH PARAMETROV POŽIARU SEDACÍCH SÚPRAV

ANALYSIS OF SELECTED FIRE PARAMETERS OF SEATING SETS

Dorota Hodúlová, Stanislava Gašpercová¹

Dorota Hodúlová pôsobí ako interná doktorandka na Katedre požiarneho inžinierstva, Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. Vo svojej dizertačnej práci sa venuje implementácii požiarneho inžinierstva do riešenia protipožiarnej bezpečnosti stavieb. Stanislava Gašpercová pôsobí ako docentka na Katedre požiarneho inžinierstva, Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. Svoju výskumnú činnosť orientuje na problematiku materiálov a konštrukcií pri riešení protipožiarnej bezpečnosti stavieb.

Dorota Hodúlová works as an internal PhD student at the Department of Fire Engineering, Faculty of Safety Engineering, University of Žilina. In her dissertation, she is working on the implementation of fire engineering into fire safety solutions for buildings. Stanislava Gašpercová is an associate professor at the Department of Fire Engineering, Faculty of Safety Engineering, University of Žilina. She focuses her research activities on the issue of materials and structures in the solution of fire safety of buildings.

Abstract

The paper deals with the analysis of selected fire parameters, namely fire compartment temperature and heat release rate, in three simulations in which the type of seating is varied as a fire source. The first part of the paper discusses the different fire models that are used to design fire safety of buildings, assess the possibility of evacuation of people from buildings, to create designs for the location of fire protection equipment, or even to investigate and determine the causes of fire and its progression. The second and third part of the article is devoted to the description of individual simulations, in which selected fire parameters are investigated in three simulations of seating sets with different designs of the frame part.

Keywords: fire models, PyroSim, seating fire, education

Abstrakt

Článok sa zaoberá analýzou vybraného parametru požiaru, a to teplotou v priestore požiaru, kde v troch realizovaných simuláciách so zmenou typu zdroja požiaru je tento parameter vyhodnotený. V prvej časti článku sú charakterizované jednotlivé požiarne modely používané

¹ Adresa pracoviska: Ing. Dorota Hodúlová, doc. Bc. Ing. Stanislava Gašpercová, PhD., Katedra požiarneho inžinierstva, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, 1. Mája 32, 010 01 Žilina
E-mail: dorota.hodulova@uniza.sk, stanislava.gaspercova@uniza.sk

na navrhovanie podmienok požiarnej bezpečnosti stavieb, posudzovanie možnosti evakuácie osôb zo stavieb, vytváranie návrhov umiestnenia požiarnotechnických zariadení, alebo aj na skúmanie a zisťovanie príčin vzniku požiaru a jeho priebehu. Druhá a tretia časť článku sa venuje popisu jednotlivých simulácií, v rámci ktorých je pomocou modelovania posúdený vybraný parameter požiaru troch rôznych sedacích súprav, ktoré sa odlišujú vo vyhotovením rámovej časti.

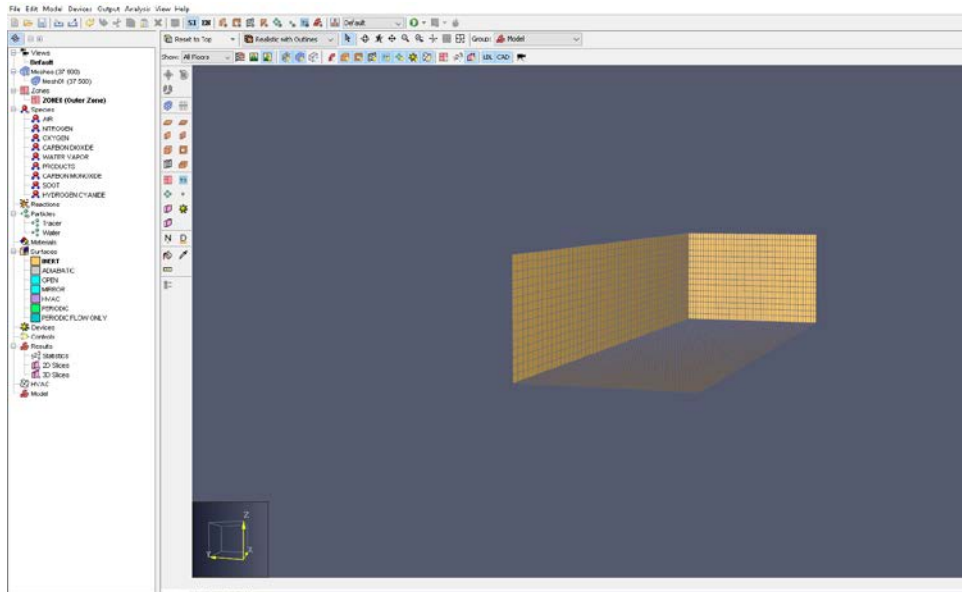
Kľúčové slová: požiarne modely, PyroSim, požiar sedacích súprav, vzdelávanie

Úvod

Požiarne modely sú navrhnuté požiare, ktoré sú založené na ohraničenej oblasti použitia špecifických fyzikálnych parametrov. Požiarne modely sa používajú na navrhovanie požiarnej bezpečnosti stavieb, posudzovanie možnosti evakuácie osôb zo stavieb, vytváranie návrhov umiestnenie požiarnotechnických zariadení, alebo aj na skúmanie a zisťovanie príčin vzniku požiaru a jeho priebehu (STN EN 1991-1-2 2007, Kačíková 2013). Medzi najviac používané požiarne modely sa zaraďujú *Modely poľa – CFD (Computational Fluid Dynamics)*, v ktorých je štruktúra požiarneho prostredia vyjadrená teplotou a koncentráciou plynov v trojrozsomernej výpočtovej sieti zloženej z buniek, pričom vlastnosti v rámci jednej bunky sú konštantné. Medzi CFD modely sa zaraďujú napríklad programy FDS a PyroSim (Cote 2008, Mózer 2019).

FDS (Fire Dynamics Simulator) je počítačový program zameraný na riešenie problémov v oblasti požiarnej ochrany a je tiež nástrojom štúdia základnej dynamiky požiaru a horenia. Program bol navrhnutý na štúdie zaoberajúce sa manipuláciou s dymom, aktiváciou požiarnych zariadení a rekonštrukciou bytových a priemyselných požiarov. FDS načíta vstupné parametre a údaje z textového súboru, pomocou ktorých rieši riadiace rovnice opisujúce vývoj požiaru a výstupné údaje zapisuje do súborov zadaných používateľom. Každá simulácia v systéme FDS má jeden vstupný textový súbor, ktorý možno zapísať pomocou textového editora alebo grafického používateľského rozhrania PyroSim. Program FDS obsahuje sprievodný program Smokeview, ktorý má jednoduché rozhranie ovládané pomocou menu a číta výstupné súbory programu FDS na vytvorenie animácií obrazovke (McGrattan 2021).

PyroSim je grafické používateľské rozhranie pre FDS, ktorého súčasťou je aj vizualizačný program Smokeview. Tento systém poskytuje okamžitú vstupnú spätnú väzbu a správny formát pre FDS. PyroSim ponúka funkcie generovania geometrie v 2D a 3D zobrazení. Je možné v ňom vytvárať objekty, zoskupovať ich, replikovať alebo flexibilne zobrazovať v rámci geometrie. PyroSim umožňuje importovať a exportovať súbory FDS, čím sa kontroluje presnosť údajov. PyroSim tiež umožňuje importovať niektoré formáty súborov AutoCAD, v rámci ktorých sú jednotlivé geometrie programu reprezentované ako smernice alebo prekážky. Na Obrázku 1 je znázornené grafické užívateľské rozhranie PyroSim (PyroSim 2014).



Obrázok 1 – Grafické užívateľské rozhranie PyroSim

Zdroj: autori

Základom modelovania v PyroSim je vytvorenie výpočtovej siete. Výpočtová sieť pozostáva z výpočtových buniek, v ktorých prebieha prenos tepla, výpočty parametrov požiaru a produktov horenia. Tieto výpočty prebiehajú jednotlivito v bunkách a súčasne v celej výpočtovej sieti, aby sa získali čo najpresnejšie výsledky a vizualizácie (PyroSim 2014).

Na vytvorenie priestoru simulácie je potrebné ako prvé definovať materiály, ktoré sa pri jeho tvorbe budú používať. PyroSim ponúka možnosť vytvorenia pevného materiálu alebo kvapalného paliva. Pri definovaní pevného materiálu je potrebné mať k dispozícii informácie o jeho hustote ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), mernom teple ($\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), vodivosti ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), emisivite (-) a koeficiente absorpcie (m^{-1}). Na základe definovania materiálov je možné následne vytvoriť povrchy, ktoré sú priradené jednotlivým konštrukciám, objektom alebo výpočtovej sieti. Povrchy určujú objektom vlastnosti, vďaka ktorým sú schopné napríklad absorbovať teplo. V prípade výpočtových sietí môže povrch zmeniť ich vlastnosti na jeden z objektov alebo na vonkajší priestor, kam môžu počas požiaru uniknúť splodiny horenia. Pomocou povrchov možno v programe PyroSim definovať aj požiare. Konkrétne pomocou *horáku* sa v programe definuje *Rýchlosť uvoľňovania tepla (Heat Release Rate - HRR)* na vybranom mieste, objekte. Jednotlivé konštrukcie priestoru, nábytok a predmety, sa definujú pomocou *prekážok*. V PyroSim je možné vytvárať len blokové objekty, preto je potrebné si každý predmet predstaviť ako spojenie niekoľkých blokov. V rámci programu je možné vytvárať aj otvory v konštrukciách, ktoré nahrádzajú okná či dvere. Taktiež je možné vytvárať zariadenia, ktoré sa používajú na meranie ľubovoľných parametrov požiaru, ako je teplota, čas, rýchlosť uvoľňovania tepla a ďalšie (PyroSim 2014).

Cieľom článku je analýza vybraného parametru požiaru, a to teploty v priestore požiaru. V rámci riešenej prípadovej štúdie boli realizované tri simulačné experimenty, v ktorých boli ako zdroj požiaru uvažované rôzne typy sedacej súpravy, odlišujúce sa materiálom rámovej časti.

Modelovanie priestoru požiarov








V rámci priestoru simulácie v PyroSim bola ako prvá vytvorená výpočtová sieť s rozmermi $x = 10$ m (dĺžka), $y = 4$ m (šírka), $z = 2,5$ m (výška). Bunky výpočtovej siete boli nastavené na rozmery $0,1$ m x $0,1$ m x $0,1$ m (spolu 100 000 výpočtových buniek) z dôvodu optimalizácie výpočtov. Ďalej boli vytvorené materiály, ktoré sa použili k definovaniu povrchov jednotlivých objektov v priestore simulácií. V Tabuľke 1 sú uvedené materiály, ktoré boli použité na vytvorenie objektov v priestore. Vlastnosti každého z použitých Materiálov boli vygenerované a priradené z dostupnej databázy programu Pyrosim. Materiál *Betón* bol použitý na definovanie povrchu steny, materiál *Drevo* bol použitý na definovanie povrchu nábytku, materiály *Čalúnenie* a *Výplň* boli použité na vytvorenie pohovky a materiál *Kov* bol použitý pre potrebu vytvorenia povrchu kovovej konštrukcie rámu pohovky v tretej simulácii.

Materiál	Hustota [kg.m ⁻³]	Špecifické teplo [kJ.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	Vodivosť [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]	Emisivita [-]	Koeficient absorpcie [m ⁻¹]
Betón	2 200	1	1,8	0,94	50 000
Drevo	400	1,3	0,2	0,9	50 000
Čalúnenie	100	1	0,1	0,9	50 000
Kov	7 850	0,46	45,8	0,95	50 000
Výplň	40	1	0,05	0,9	50 000

Tabuľka 1 – Tepelné vlastnosti materiálov

Zdroj: autori

Ďalším krokom pri tvorbe modelu bolo vytvorenie povrchov, ktoré boli priradené jednotlivým objektom definovaným v simuláciách. Pre povrchy sa vždy určuje ich hrúbka a podiel materiálov (v %), ktoré obsahujú. V Tabuľke 2 sú popísané jednotlivé povrchy použité v simuláciách.

Povrch	Hrúbka [m]	Zloženie	Vzor
Stena	0,2	Betón 100 %	
Podlaha	0,01	Drevo 100 %	
Drevo a drevený rám	0,1	Drevo 100 %	
Kovový rám	0,1	Kov 100 %	
Sedačka	0,1	Výplň 90 % Čalúnenie 10 %	  

Tabuľka 2 – Povrchy objektov

Zdroj: autori

Ďalej boli vytvorené jednotlivé objekty a otvory ako základ vymedzenia priestoru požiaru. Priestor bol vytvorený umiestnením dvoch stien do výpočtovej siete. Prvá stena bola vnútorná a obsahovala dvere na prepojenie priestoru požiaru s inou miestnosťou. Druhá stena tvorila spojenie medzi priestorom požiaru a vonkajším prostredím, v ktorej sa nachádzal okenný otvor, cez ktorý unikali splodiny horenia do vonkajšieho prostredia. Popísané konštrukčné prvky – steny, vytvorili tri časti výpočtovej siete. Prvou, hlavnou časťou je miestnosť požiaru, druhou časťou je priestor chodby a treťou časťou je vonkajšie prostredie, kam unikali splodiny horenia. Tretí priestor, vonkajšie prostredie, bol vytvorený priradením povrchu *Open* ku každej časti výpočtovej siete, ktorá ohraňovala daný priestor simulujúci vonkajšie prostredie. Nasledovalo vytvorenie sedacích súprav, ktorých konštrukcie a materiály boli navrhnuté na základe *Katalógu požiarov* (Wald 2017), v ktorom sa nachádzalo nie len zobrazenie a popis jednotlivých súprav, ale aj hodnoty HRR v čase pre presné zadefinovanie požiarov sedacích súprav. Druhy a rozmery sedacích súprav sú popísané v Tabuľke 3.

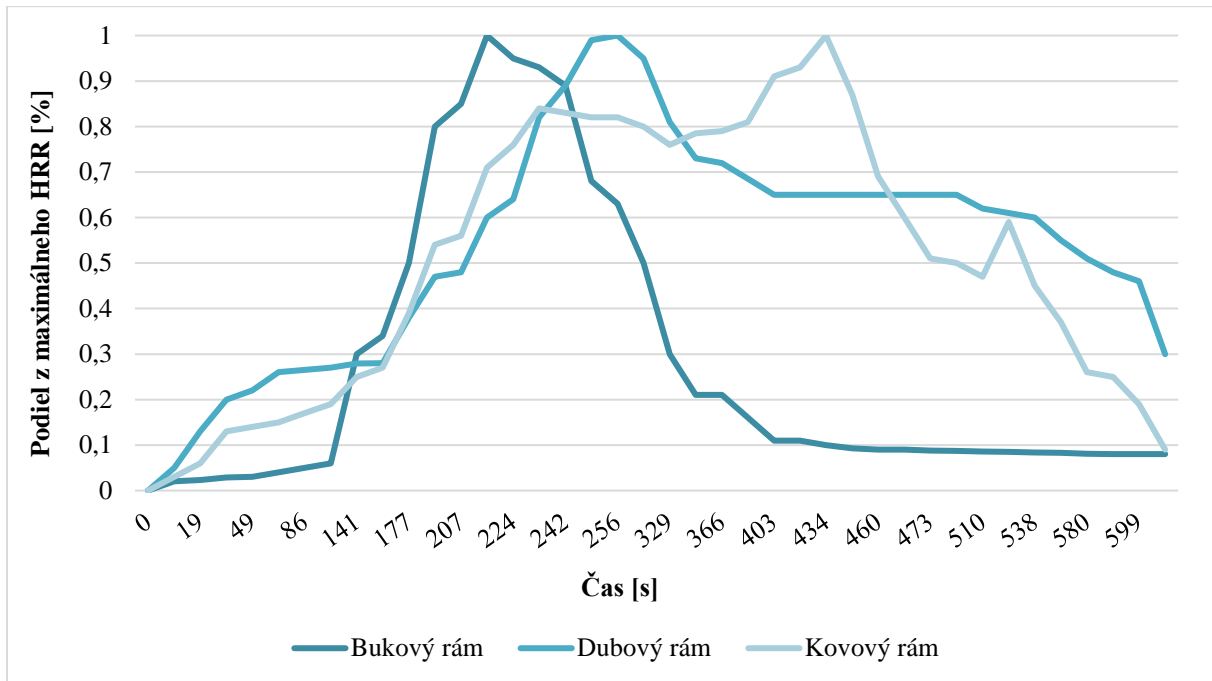
Sedacia súprava	Dĺžka [m]	Šírka [m]	Výška [m]
Bukový rám	2	0,8	0,8
Dubový rám	1,4	0,8	0,8
Kovový rám	1,3	0,8	0,7

Tabuľka 3 – Povrchy objektov

Zdroj: autori

Nasledovalo zadefinovanie požiarov, ktorých vývoj bol určený hodnotami HRR, získanými z *Katalógu požiarov* (Wald 2017). Samotný požiar sa v PyroSim dá zadefinovať rôznymi spôsobmi. V tomto prípade bol vytvorený pomocou položky *Povrch*, ktorý bol priradený sedacej súprave. Pri definovaní požiaru sa vždy udáva percentuálny podiel maximálnej hodnoty HRR z požiaru na 1 m² (Obrázok 2). Každý požiar má svoju špecifickú dĺžku trvania. V prípade dĺžky trvania požiaru sedacej súpravy s bukovým rámom to bolo 2 090 s, s dubovým rámom 2 766 s a s kovovým rámom 907 s. Z dôvodu záujmu o výsledky vývoja teploty v priestore požiaru počas fázy rozhorievania a fázy plne rozvinutého požiaru boli jednotlivé scenáre nastavené a sledované do času 685 sekúnd. Maximálne hodnoty HRR pre jednotlivé sedacie súpravy sú:

- Bukový rám: 3 078 kW
- Dubový rám: 1 029 kW
- Kovový rám: 349 kW

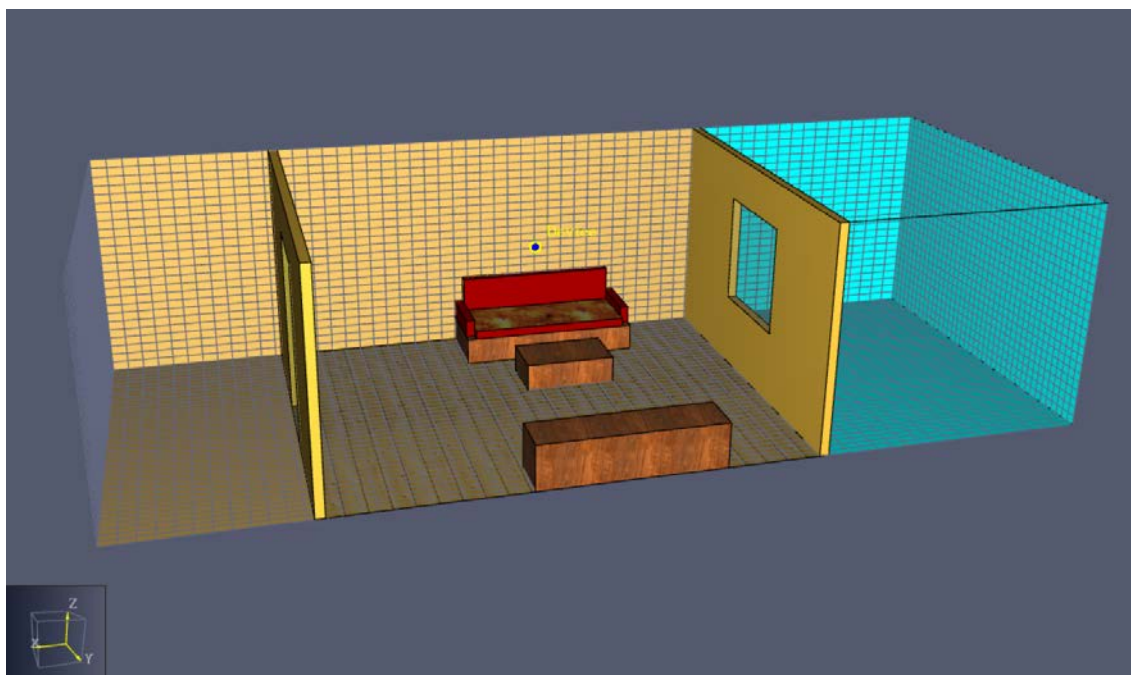


Obrázok 2 – Graf vývoja požiarov sedacích súprav

Zdroj: autori

K definovaniu požiaru bolo potrebné vytvoriť tiež *Reakciu*, ktorou sa určili prvky a ich množstvo (v atónoch), ktoré požiar produkoval. V prípade sedacích súprav, vzhľadom na ich zloženie sa vybrala jedna z preddefinovaných reakcií, a to horenie polyuretánu. K zaznamenaniu požadovaného parametru v priestore požiaru bolo vytvorené meracie zariadenie, ktorý sledoval teplotu v priestore počas požiaru. Meracie zariadenie bolo umiestnené vo všetkých troch simuláciách na rovnakom mieste a to vzhľadom na dĺžku a šírku miestnosti požiaru - v strede miestnosti a vo výške 1,8 m, s orientáciou nadol.

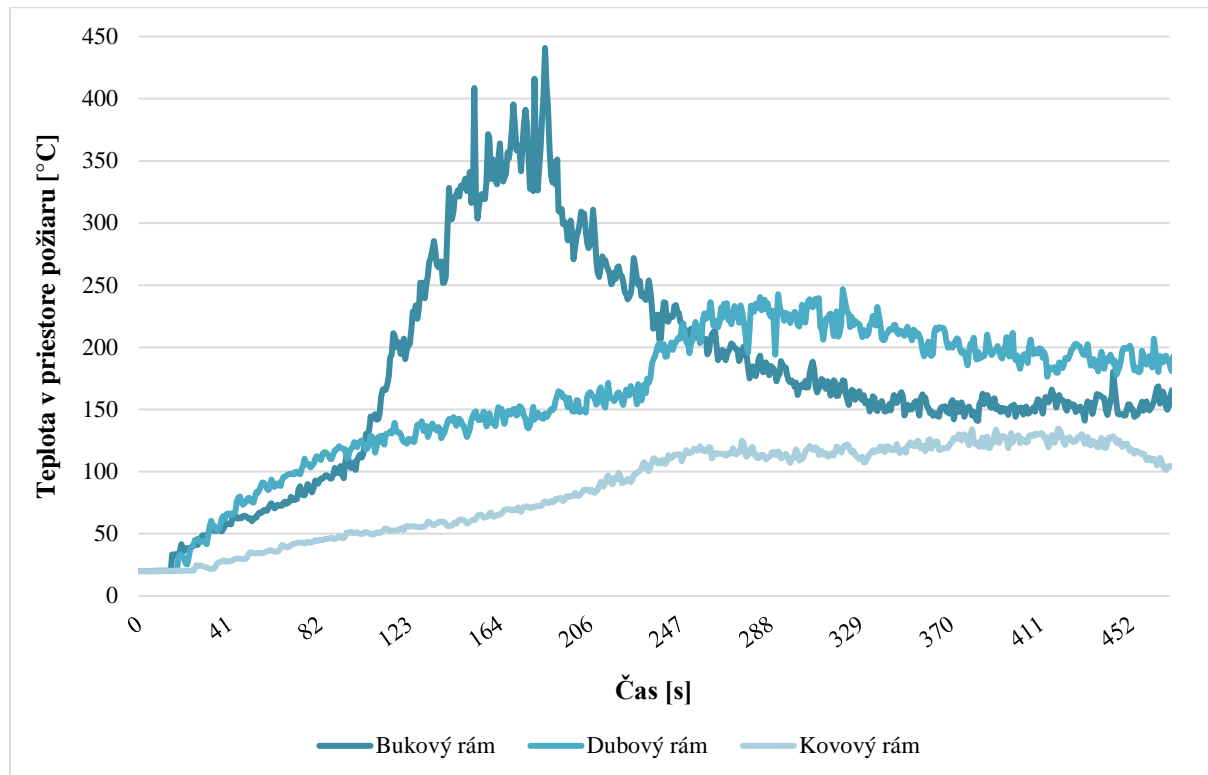
Posledným krokom pred samotným spustením simulácií bolo nastavenie vstupných parametrov prostredia a intervaly merania výstupov. Ako bolo spomenuté, simulácia bola nastavená na dĺžku trvania 685 s. Výstupy hodnôt teplôt boli nastavené na zaznamenávanie každých 5 s. Parametre prostredia boli ponechané na prednastavených hodnotách. Následne sa spustil proces simulácie, pričom približný čas trvania výpočtov parametrov jednotlivých požiarov bol 4,5 hodiny. Ukážka modelovaného priestoru požiaru s bukovým rámom pred spustením simulácie je zobrazený na Obrázku 3.



Obrázok 3 – Priestor požiaru s bukovým rámom
 Zdroj: autori

Výsledky a diskusia

Získané výstupy vývoja teplôt boli zaznamenané do tabuliek v Excel, ďalej boli jednotlivé hodnoty spracované a bol vytvorený graf vývoja teplôt priestoru požiaru v čase (Obrázok 4).



Obrázok 4 – Graf vývoja teplôt priestoru požiaru v čase
 Zdroj: autori

Ako vidieť na Obrázku 4 vo vývoji teplôt jednotlivých scenárov je pomerne značný rozdiel. Už po prvých sekundách požiaru sa teploty v priestore líšili. Teplota priestoru pri požiaru sedacej súpravy s bukovým rámom sa zo začiatku vyvíjala priamoúmerne, avšak približne v 100 sekunde začala veľmi prudko stúpať až do dosiahnutia maxima v 218 sekunde. Následne začala klesať a od 350 sekundy sa držala na približne rovnakej úrovni až do ukončenia simulácie. Teplota v priestore s požiarom dubového rámu sa vyvíjala trochu odlišne. Počiatkové teploty v priestore boli vyššie ako pri požiaru bukového rámu, ale približne v 100 sekunde teplota začala stúpať pomalšie, čo sa ale zmenilo v 200 sekunde požiaru. Následne v 256 sekunde dosiahol požiar svoje maximum, po ktorom začala teplota konštantne klesať. Teploty v priestore pri požiaru bukového aj dubového rámu na konci simulácií boli približne rovnaké. Vývoj teplôt v priestore požiaru s oceľovým rámom boli úplne odlišné. Nakoľko je oceľ nehorľavá, tak došlo k značnému úbytku horľavých látok pri požiaru č sa odrazilo aj na vývoji teplôt. Teplota v tomto priestore po celý čas pomaly stúpala, s menšími výkyvmi, až do 434 sekundy, kde teplota dosiahla svoje maximum a následne začala klesať.

Záver

Na základe získaných výsledkov je možné skonštatovať, že nie len zmena materiálu rámu sedacej súpravy (drevo a kov) má vplyv na teplotu v priestore požiaru, ale aj zmena druhu dreva (buk a dub) použitý pri výrobe. Ako vidieť na grafe Obrázku 4, tak ako sa predpokladalo, požiar sedacej súpravy s oceľovým rámom dosahuje najnižšie teploty, nakoľko dochádza k požiaru len časti na sedenie. Pri bukovom a dubovom dreve sa predpokladal podobný priebeh teplôt v priestore požiaru, avšak bolo preukázané, že požiar sedacej súpravy s bukovým rámom dosiahol fázu plne rozvinutého požiaru rýchlejšie, približne v 200. sekunde, ako požiar sedacej súpravy s dubovým rámom, približne v 260. sekunde. Na základe definovaných požiarov, ale aj grafu vývoja teplôt v priestore požiaru možno vidieť, že bukové drevo pri požiaru dosahuje vyššie teploty o viac ako 100 °C oproti drevu dubovému. Na základe týchto výsledkov možno konštatovať, že pri výbere nábytku je dôležité z hľadiska požiarnej bezpečnosti dbať nie len na vzhľad nábytku, ale aj na materiál, a v prípade dreva aj na jeho druh.

*Tento článok odporúča na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
doc. Ing. Bohuš Leitner, PhD.*

Príspevok vznikol za podpory projektu KEGA projekt č. 041ŽU-4/2023 „Vzdelávací a výcvikový modul rozširujúci znalosti, zručnosti a kompetencie študentov programu záchranné služby“.

Použitá literatúra

1. COTE, A., J. LINVILLE, 2008. *Fire protection handbook*. Quincy: : National Fire Protection Association. ISBN-10: 0-87765-758-0.
2. KAČÍKOVÁ, D., 2013. *Dynamika požiarov* [online]. [cit. 28. novembra 2023]. Dostupné z: www.gitech.sk/fire/images/dokumenty/Dynamika_poziaru.pdf.
3. MCGRATTAN, K. et al., 2021. *Fire Dynamics Simulator – User’s Guide*. [online]. NIST – National Institute of Standards and Technology. [cit. 28. novembra 2023]. Dostupné z: https://tsapps.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=913619.
4. MÓZER, V. *Charakteristiky požiarneho modelov*. Osobná komunikácia.
5. *PyroSim User Manual*, 2014. NIST – National Institute of Standards and Technology. [cit. 28. novembra 2023]. Dostupné z: <https://www.thunderheadeng.com/wp-content/uploads/downloads/2014/02/PyroSimManual.pdf>
6. STN EN 1991-1-2:2007, *Zaťaženia konštrukcií, Časť 1-2: Všeobecné zaťaženia – Zaťaženia konštrukcií namáhaných požiarom*.
7. WALD, F. et al., 2017. *Modelování dynamiky požáru v budovách*. Praha: ČVUT. ISBN 978-80-01-05633-2.

Mladá veda

Young Science

ISSN 1339-3189