

SPÔSOB HODNOTENIE RÝCHLOSTI ŠÍRENIA POŽIARU PO FASÁDACH NA BÁZE DREVA

Anton OSVALD

EVALUATION VELOCITY OF THE FACADE FIRE-BASED WOOD

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS '2017

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá metódou testovania malých vzoriek, ktorá umožňuje hodnotenia fasádnych materiálov na báze dreva z hľadiska rýchlosti šírenia požiaru po ich povrchu.

KLÚČOVÉ SLOVÁ: Rýchlosť šírenia požiaru, drevený obklad budov

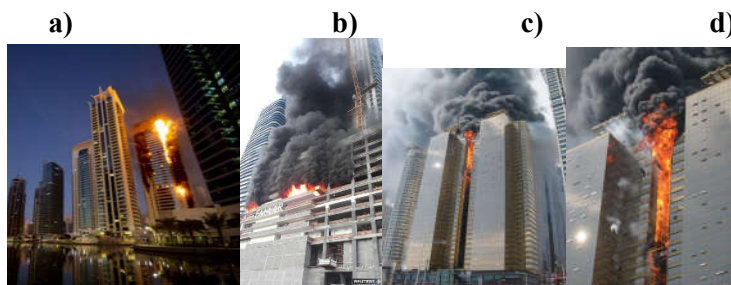
ABSTRACT

The paper deals with a small sample testing method that allows assessment of wood-based façade materials in terms of the rate of spread of fire on their surface.

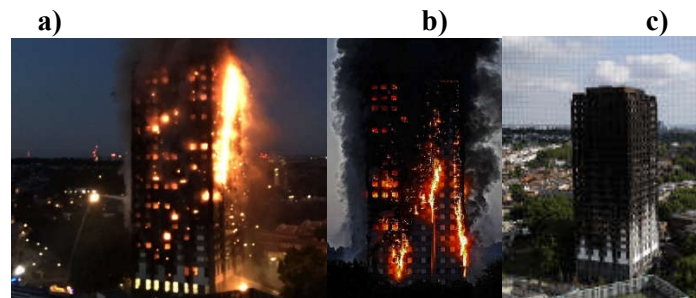
KEYWORDS: Fire propagation rate, wooden tiling of buildings

1. ÚVOD - ŠÍRENIE POŽIARU PO FASÁDACH

Podľa stavebných a bezpečnostných expertov požiarom býva často na vine opláštenie budov, ktoré je v mnohých prípadoch vyrobené z vysoko horľavých materiálov (LEŠKO, LOPUŠNIAK, 2013). Požiare na obr. 1. a), b) sú zo série podobných udalostí, ktoré sa v posledných rokoch odohrali vo výškových budovách. Jeden z najväčších z nich zachvátil na Nový rok luxusný hotel TheAddressDowntown v blízkosti najvyššieho mrakodrapu sveta - BurdžChalífa v Dubaji (<http://hnonline.sk/>, 2016). Pri tomto požiari bolo zranených 16 ľudí, väčšina z nich ľahko. Pritom opláštenie budov bolo z nehorľavých materiálov a budova bola vybavená kvalitnými technológiami protipožiarnej ochrany. Podobný požiar zachvátil výškovú budovu Busan City of Korea, (pozri obr. 1, c), d)) (KIM, 2013). Tragické následky mal požiar v Londýne, výškovej budovy GrenfellTower vo štvrti Kensington, pri požiari zahynulo 80 ľudí. Dňa 14. júna 2017 plamene zničili 150 bytov. Požiar sa šíril po horľavej fasáde a mal veľmi rýchly priebeh. Z obr. 2 vidieť (<http://www.topky.sk/>, 2017), že požiar sa šíril po fasáde (obr. 2a), postupne vnikal do vnútorných priestorov (obr. 2b), ktoré vyhořeli, (obr. 2c) pohľad na poškodenú fasádu z dvoch strán budovy.



Obr. 1 Požiare výškových budov v Dubaji, Spojené arabské emiráty (a,b) (<http://hnonline.sk/>, 2016), požiar výškovej budovy Busan City of Korea (c,d) (KIM, 2013)

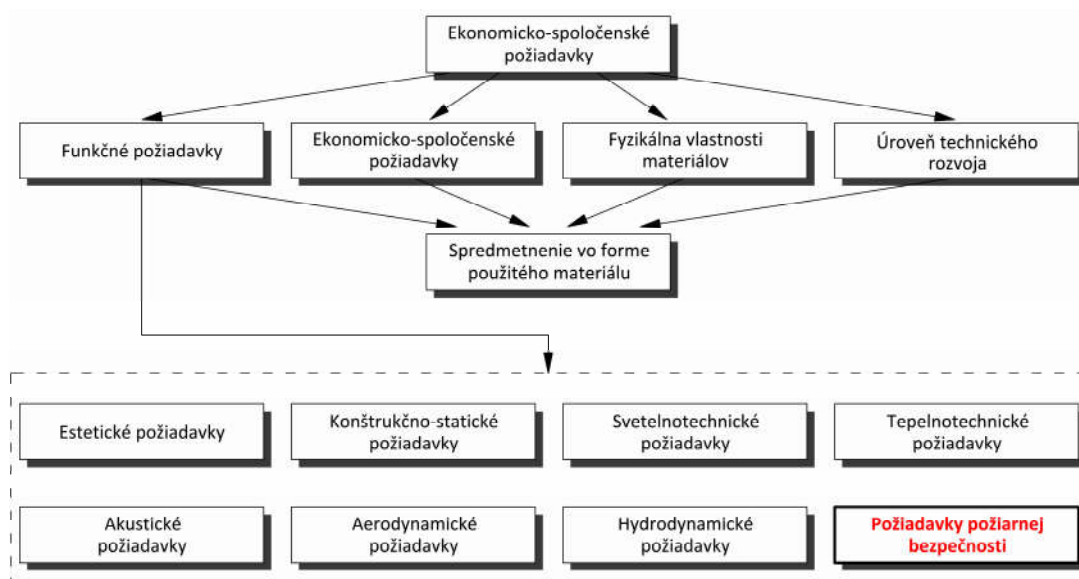


Obr. 2 Priebeh požiaru výškovej budovy v Londýne (<http://www.topky.sk/>, 2017)

Aplikácia horľavých materiálov (napr. drevo) na oplášťovanie budov je v poslednom čase preferovaná dizajnérami a architektami (KOTTHOFF, 2001). Ich návrhy a riešenia si vyžadujú ďalšie opatrenia na zabránenie vzniku požiaru. Cieľom týchto opatrení je zabrániť nekontrolovateľnému šíreniu požiaru po povrchu alebo v dutinách. Použitím týchto opatrení je možné aplikovať drevo bez zníženia požadovanej úrovne bezpečnosti nutnej v rámci ochrany pred požiarom. Tieto opatrenia môžeme rozdeliť na opatrenia z oblasti (OSVALD, 2017):

- materiálového riešenia;
- konštrukčného riešenia;
- certifikácie;
- právneho riešenia v oblasti ochrany pred požiarom.

Návrh obvodového plášťa je multidisciplinárnym procesom (obr. 3). Cieľom tejto multidisciplinarity je zabezpečiť optimalizáciu technického a technologického riešenia pre dosiahnutie čo najlepšieho návrhu obvodového plášťa. Leško (LEŠKO, 2017) na základe viacerých prác spracoval štúdiu základných kritérií optimalizácie obvodového plášťa. Samotná optimalizácia pritom spočíva na niekoľkých základných kritériách, ako sú napríklad udržateľnosť, pohoda vnímaná užívateľom budovy (tepelná, akustická, optická), architektonicko-konštrukčné riešenie, statická odolnosť, požiarne riešenie a pod.



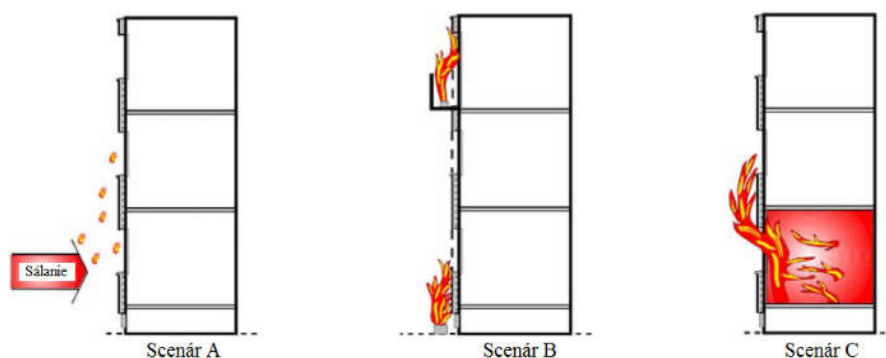
Obr. 3 Faktory podieľajúce sa na vzniku obvodového plášťa (Puškár 2002)

Problémom je aj dodatočné zatepl'ovanie fasád budov horľavými materiálmi ako aj zvýšená požiadavka aplikácie dreva z estetického a funkčného hľadiska. V mnohých národných predpisoch sa dreveným obkladom fasád venuje špeciálna pozornosť a sú stanové prísne kritériá a podmienky, v ktorých drevené obklady sú dovolené. Vo všeobecnosti sa vychádza z požiarneho scenára možného zapálenia a následného požiaru fasád, ktoré sú znázornené na obr. 4 (KOTTHOFF, 2001).

Scenár A: Požiar sa šíri zo susedných budov (alebo charakteristiky zdrojov požiaru definované v predpisoch) na budovu. Pre väčšinu aplikáciu je analýza rizika vzniku požiaru obmedzená na hodnotenie rizika vznietenia, keď je fasáda vystavená sálavému teplu. Ak sú budovy blízko pri sebe, analýza môže byť rozšírená, na kontakt s plameňom a sleduje sa aj vzplanutie materiálov. V rámci tohto scenára sa uvažuje aj so šírením požiaru zo susednej budovy na susedné budovy. Pre horľavé fasády je potrebné zvážiť príspevok tepla z horiacej fasády, ak dôjde k jej zapáleniu, ako aj sálavé teplo z otvorov a plameňov, ktoré prechádza od otvorov na fasáde susednej budovy. V rámci právnych predpisov ochrany pred požiarom sa pri tomto scenári uvažuje aj s odstupovými vzdialenosťami.

Scenár B: Požiar sa šíri z vonkajšieho zdroja požiaru, ktorý susedí s fasádou a je iný ako susedná budova, napr. požiar vozidla, požiar v odpadkovom koši, a pod. Rovnako týmto zdrojom môže byť zdroj požiaru na balkónovom priestore (pozri hornú časť obrázku 4 scenár B).

Scenár C: Vertikálne šírenie požiaru medzi otvormi z plne rozvinutého požiaru v rámci budovy. Najmenej jeden otvor na fasáde.

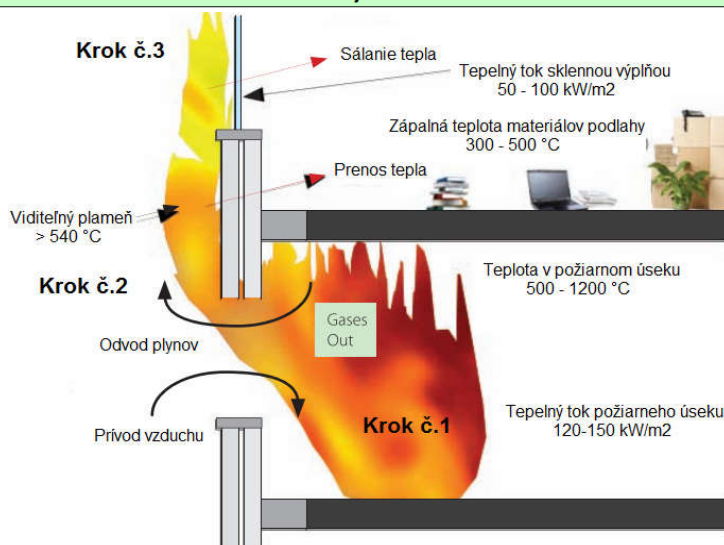


Obr. 4 Požiarne scenáre pre požiare fasád (KOTTHOFF 2001)

Niekoľko veľkorozmerových testov ukázalo, že scenár C, požiar v miestnosti má najhorší vplyv na fasády (tento prípad bol aj zdrojom veľkého požiaru v Londýne 14. 6. 2017). Detailnejšie rozpracovanie scenára C spracoval podľa viacerých autorov Leško (LEŠKO, 2017) vo svojej kandidátskej práci.

V rámci prvého kroku (pozri obr. 5) plamene a horúce plyny zasahujú vnútorné povrchy priestoru, ktoré sú vystavené účinkom požiaru. V prvotných štádiách rozvoja požiaru sa horenie vyskytuje výlučne vo vnútornom priestore požiarneho úseku. Požiar, je riadený vetraním (prebytok paliva, nedostatok kyslíka). V závislosti na veľkosti požiarneho úseku a úrovni požiarneho zaťaženia plamene vystupujú v dôsledku expanzie tlaku a turbulentného prúdenia plameňov na vonkajší povrch obvodového plášt'a (KAIHUA, ET AL., 2015). V tejto fáze je už požiar riadený povrchom paliva (prebytok kyslíka) a narastá riziko jeho rozvoja do vyšších podlaží (krok 2 obr. 1.8) (KAIHUA, ET AL., 2015).

Ak v tomto prípade obvodový plášť obsahuje horľavé komponenty, môže ich prítomnosť v konštrukcii spôsobiť prídavnú tepelnú zložku, ktorá okrem rýchlejšieho rozvoja požiaru, vplýva aj na zníženie výslednej hodnoty požiarnej odolnosti. V poslednom kroku sa plamene vystupujúce z požiarne otvorených plôch prostredníctvom sálavej zložky prenosu tepla snažia o zapálenie horľavých prvkov na ďalšom podlaží, so snahou zabezpečiť tak kontinuálne šírenie požiaru medzi podlažiami (krok 3 obr. 5).



Obr. 5 Fázy rozvoja požiaru iniciovaného vo vnútornom priestore na obvodový plášť (LEŠKO 2017)

2. DREVENÉ FASÁDY A ICH POVRCHOVÉ ZMENY VPLYVAJÚCE NA ŠÍRENIE POŽIARU

Využitie dreva v exteriéri, prírodného a obnoviteľného materiálu, sa neustále zvyšuje, narastá podiel drevostavieb na výstavbe, ktorá je úzko spätá s použitím drevených fasád, terás a ďalších exteriérových drevených prvkov. Prírodným charakterom dreva ale tiež vznikajú nevýhody tohoto materiálu. Pri návrhoch je nutné brať do úvahy jeho organický pôvod, kedy je drevo vystavené poveternosti, podlieha abiotickým (slnečné žiarenie, teplota, voda, vietor) i biotickým (hmyz, huby a plesne) činiteľom. Postupom času tak drevo degraduje a stráca tak svoje prirodzené vlastnosti. V prípade rešpektovania základných konštrukčných zásad je možné poveternostné starnutie považovať len za povrchový fenomén.

Degradácia dreva spôsobená poveternostným starnutím sa neprejavuje len zmenou pôvodnej farby, ale je sprevádzaná tiež stratou lesku, vznikom trhlin a zmenou zmäčkanosti a drsnosti povrchu. Je všeobecne známe, že povrch dreva je relatívne rýchlo poškodený, pokiaľ je bez akejkoľvek ochrany vystavený vonkajším podmienkam (EVANS ET AL., 1996). Pôsobenie slnečného žiarenia a vody spôsobuje zvýšenie drsnosti dreva (FEIST, 1982; OZGENC ET AL., 2012). Dažďová voda vyplavuje fotodegradované drevné časti (najmä z lignínu), čo spôsobuje zvýšenie drsnosti povrchu. Pre aplikáciu dreva v exteriéri je nutné poznať zásady správnej ochrany drevených prvkov odvíjajúcich sa od prirodzenej trvanlivosti drevín, rešpektovaním konštrukčných zásad, modifikácie dreva a vhodných náterových systémov.

Drevo bez povrchovej úpravy vystavené v exteriéri časom šedne a vytvorí sa tzv. prírodná ochranná vrstva s typickou plastickou štruktúrou. V prípade použitia menej trvanlivých drevín by mala byť vykonaná dodatočná ochrana vhodným náterovými systémami. Na drevené fasády sa z uvedených dôvodov používa mnoho druhov ihličnatých drevín, z hľadiska trvanlivosti, hustoty, dostupnosti a ceny potom menej často drevo listnatých stromov. Medzi vhodné dreviny patrí smrek, borovice, duglaska, smrekovec. Vhodnosť týchto drevín je definovaná z funkčného hľadiska nie z protipožiarneho.

Správne konštrukčné riešenie, využitie vhodných trvanlivejších druhov dreva a materiálov na báze dreva, aplikácia biocídnych látok, ochranných náterov a iných ochranných prostriedkov pre zvýšenie odolnosti drevených konštrukcií sa využívalo ako v minulosti, tak i v súčasnej dobe (ŠTEFKO, REINPRECHT, 2004; REINPRECHT, 2008). Všetky tieto metódy majú veľký význam pre predĺženie funkčnosti, životnosti a estetické hodnoty drevených konštrukcií a výrobkov vo vonkajších expozíciách.

Všetky uvedené faktory, zmeny kvality dreva, majú dopad aj na jeho zapálenie, šírenie plameňa a vlastné horenie. Stavebné materiály sú podľa noriem EÚ zatriedované do tried reakcie na oheň (pozri tabuľku 1).

Tabuľka 1 Triedy reakcie na oheň stavebných výrobkov okrem podlahových krytín (EN 13501-1)

Trieda	Skúšobná metóda	Klasifikačné kritériá	Doplnková klasifikácia
A1	STN EN ISO 1182 ⁽¹⁾	$\Delta T \leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$	-
		$\Delta m \leq 50 \text{ \%}$	
		$t_f = 0$	
	STN EN ISO 1716	$PSC \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{(1)}$	-
$PSC \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{(2)(2a)}$			
$PSC \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{(3)}$			
$PSC \leq 2,0 \text{ MJ/kg}^{(4)}$			
A2	STN EN ISO 1182 ⁽¹⁾	$\Delta T \leq 50 \text{ }^\circ\text{C}$	-
		$\Delta m \leq 50 \text{ \%}$	
		$t_f = 20$	
	STN EN ISO 1716	$PSC \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{(1)}$	-
		$PSC \leq 4,0 \text{ MJ/kg}^{(2)}$	
		$PSC \leq 4,0 \text{ MJ/kg}^{(3)}$	
		$PSC \leq 3,0 \text{ MJ/kg}^{(4)}$	
	STN EN 13823	$FIGRA \leq 120 \text{ W/s}$	tvorba dymu ⁽⁵⁾ horiace kvapky/častice ⁽⁶⁾
$LFS < \text{okraj vzorky}$			
$THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$			
B	STN EN 13823	$FIGRA \leq 120 \text{ W/s}$	tvorba dymu ⁽⁵⁾ horiace kvapky/častice ⁽⁶⁾
		$LFS < \text{okraj vzorky}$	
		$THR_{600s} \leq 7,5 \text{ MJ}$	
STN EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ expozícia = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm za } 60 \text{ s}$		
C	STN EN 13823	$FIGRA \leq 250 \text{ W/s}$	tvorba dymu ⁽⁵⁾ horiace kvapky/častice ⁽⁶⁾
		$LFS < \text{okraj vzorky}$	
		$THR_{600s} \leq 15 \text{ MJ}$	
STN EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ expozícia = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm za } 60 \text{ s}$		
D	STN EN 13823	$FIGRA \leq 750 \text{ W/s}$	tvorba dymu ⁽⁵⁾ horiace kvapky/častice ⁽⁶⁾
	STN EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ expozícia = 30 s	$F_s \leq 150 \text{ mm za } 60 \text{ s}$	
E	STN EN ISO 11925-2 ⁽⁸⁾ expozícia = 15 s	$F_s \leq 150 \text{ mm za } 20 \text{ s}$	horiace kvapky/častice ⁽⁶⁾
F	bez definície		

Vysvetlivky k tabuľke 1

⁽¹⁾ Pre homogénne výrobky a významné prvky nehomogénnych výrobkov.

⁽²⁾ Pre každý vonkajší nevýznamný prvok nehomogénnych výrobkov.

^(2a) Alternatívne, každý vonkajší nevýznamný prvok majúci PCS 2,0 MJ/m², za predpokladu, že výrobok spĺňa nasledujúce kritériá EN 13823: FIGRA 20W/s a LFS okraj skúšobnej vzorky a THR600s ≤ 4,0 MJ a s1 a d0.

⁽³⁾ Pre každý vnútorný nevýznamný prvok nehomogénnych výrobkov.

⁽⁴⁾ Pre výrobok ako celok.

⁽⁵⁾ V poslednej fáze vývoja skúšobnej metódy sa zaviedli zmeny systému merania dymu, ktorých účinok si vyžaduje ďalšie skúmanie. To môže viesť k zmenám hraničných hodnôt alebo parametrov na zisťovanie tvorby dymu. s1 = SMOGRA 30m²/s² a TSP600s ≤ 50 m²/s² = SMOGRA 180 m²/s² a TSP600s 200 m²/s³ = nespĺňa s1 alebo s2.

⁽⁶⁾ d0 = nijaké horiace kvapky/častice pri skúške podľa EN 13823 počas 600s, d1 = nijaké horiace kvapky/častice pretrvávajúce dlhšie ako 10 s pri EN 13823 počas 600 s, d2 = nespĺňa d0 alebo d1.

⁽⁷⁾ Vyhovuje = bez zapálenia papiera (bez klasifikácie). Nevyhovuje = zapálenie papiera (klasifikácia d2)

⁽⁸⁾ V podmienkach vystavenia povrchu vzorky plameňu, a ak je to vhodné, z hľadiska konečného používania aj vystavenia hrany vzorky plameňu.

Musíme konštatovať, že všetky hodnotenia materiálov sú stanovené veľmi detailne a konkrétne. Ich zatriedenie limitujú presné hodnoty fyzikálnych veličín pri danom teste. Problémom je, že sa určujú pri novom materiáli (s úpravou alebo bez úpravy), nie však po starnutí. Všetky vplyvy popísané v tejto podkapitole vyššie sa pri testovaní a certifikovaní materiálov nedajú zaznamenať.

2.1 Konštrukčné riešenie drevených fasád pre potreby protipožiarnej ochrany

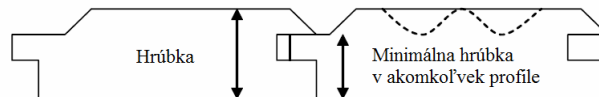
Aplikácia dreva na fasádu znamená aplikovať horľavý materiál, ktorý šíri požiar rýchlejšie vo zvislom, ale aj (síce pomalšie) vo vodorovnom smere. Toto konštatovanie je veľmi všeobecné. Ako bolo výskumom a praktickými experimentmi overené dôležité je, ako bude drevo aplikované. V akej forme, s akou hustotou, s akým opracovaním, povrchovou úpravou a ďalšími detailmi, ktoré môžu ovplyvniť samotné zapálenie a šírenie požiaru po fasáde a vlastné horenia fasády a prenos požiaru do priestorov v budove. Popri materiálovom riešení (výber a úprava materiálu) je dôležité aj konštrukčné riešenie. Základnou požiadavkou je certifikácia prvkov, stanovenie ich reakcie na oheň a zaradenie do príslušnej triedy reakcie na oheň (TROITZSCH, 1996). V tejto kapitole sa venujeme detailom a konštrukčným riešeniam, ktoré ovplyvňujú zapálenie a šírenie požiaru po fasáde. Základné informácie sú uvedené v tabuľke 2 na obr. 6 a 7, (ÖSTMAN, 2009) (a pre lepšiu názornosť aj na obr. 8. Ako z tabuľky vidieť 3 rozhodujúca je konštrukcia fasády, rovnako detailné riešenie spojov, vstupná hustota materiálu a hrúbka použitých prvkov. Tam kde je nevyhnutné zvýšenie protipožiarnej ochrany musia sa aplikovať hrubšie prvky, len pre potreby protipožiarnej ochrany. Zo statického, konštrukčného či estetického hľadiska by bolo možné aplikovať tenšie prvky, alebo inak riešené, (pozri obr. 8) z protipožiarneho hľadiska sú požadované v predpisoch iné. Konštrukčné riešenie fasády zohráva dôležitú úlohu pri vzniku a rozvoji požiaru.

Tabuľka 2 Triedy reakcie na oheň pre obklady z masívneho dreva (ÖSTMAN, 2009)

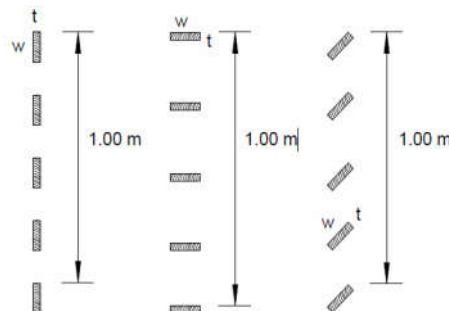
Výrobok ¹¹⁾	Detail ⁵⁾	Hustota (min.) ⁶⁾ (kg/m ³)	Hrúbka ⁷⁾ (celková/min.) (mm)	Podmienka konečného použitia ⁴⁾	Trieda ³⁾
Obloženie ¹⁾	Drevené prvky s perom a drážkou alebo bez nich, s profilovaným povrchom alebo bez neho	390	9 / 6	Bez vzduchovej medzery alebo so zatvorenou vzduchovou medzerou	D - s2, d2
Obloženie ¹⁾	Drevené prvky s perom a drážkou alebo bez nich, s profilovaným povrchom alebo bez neho	390	12 / 8	Bez vzduchovej medzery alebo so zatvorenou vzduchovou medzerou	D - s2, d0
Obloženie ²⁾	Drevené prvky s perom a drážkou alebo bez nich, s profilovaným povrchom alebo bez neho	390	9 / 6	S otvorenou vzduchovou medzerou ≤ 20 mm	D - s2, d0
Obloženie ²⁾	Drevené prvky s perom a drážkou alebo bez nich, s profilovaným povrchom alebo bez neho	390	18 / 12	Bez vzduchovej medzery alebo so zatvorenou vzduchovou medzerou	D - s2, d0
Prvky z drevenej pásky ⁸⁾	Drevené prvky namontované na nosnom ráme ⁹⁾	390	18	Otvoreným prístupom vzduchu zo všetkých strán ¹⁰⁾	D - s2, d0

Vysvetlivky k tabuľke 2

- ¹⁾ mechanicky upevnený na nosnom ráme drevenej dosky, pričom medzera je uzavretá alebo naplnená substrátom najmenej triedy A2 - s1, d0 s minimálnou hustotou 10 kg/m³ alebo plnené substrátom celulózovej izolácie materiál najmenej triedy E a s bariérou pre paru alebo bez nej. Výrobok z dreva musí byť navrhnutý na montáž bez otvorených spojov,
- ²⁾ mechanicky namontované na nosnom ráme drevenej dosky, s alebo bez otvorenej vzduchovej medzery. Výrobok musí byť navrhnutý tak, aby ho bolo možné namontovať bez otvorených spojov,
- ³⁾ trieda ustanovená v rozhodnutí Komisie 2000/147/ES v súvislosti s aplikáciami fasád,
- ⁴⁾ otvorená vzduchová medzera môže obsahovať možnosť ventilácie za výrobkom, zatiaľ čo uzavretá vzduchová medzera bude vylučuje takéto vetranie. Podklad za vzduchovou medzerou musí byť najmenej triedy A2 - s1, d0 s minimálna hustota 10 kg/m³. Za uzavretou vzduchovou medzerou maximálne 20 mm s vertikálnymi kusmi dreva. Substrát môže mať aspoň triedu D - s2, d0,
- ⁵⁾ kĺby zahŕňajú všetky typy kĺbov, napr. kĺbové spoje a spoje na jazyku a drážku,
- ⁶⁾ podmienka podľa EN 13238,
- ⁷⁾ ako je znázornené na obr.1.10 Profilovaná plocha otvorenej strany panelu nie viac ako 20 % roviny alebo 25 %, ak sa meria na exponovanej strane panelu. Pri tupých spojoch je väčšia hrúbka, platí pre rozhranie spoja,
- ⁸⁾ obdĺžnikové kusy dreva, so zaoblenými rohmi alebo bez nich, namontované horizontálne alebo vertikálne na podložke. Rám je obklopený vzduchom zo všetkých strán, používa sa hlavne v blízkosti iných stavebných prvkov, a to ako vo vnútri, tak aj pre vonkajšie aplikácie,
- ⁹⁾ maximálna exponovaná plocha (všetky strany obdĺžnikových kusov dreva a nosného rámu dreva) nie je väčšia ako 110 % celkovej rovinatej plochy, pozri obr.1.11,
- ¹⁰⁾ ostatné stavebné prvky, ktoré sú bližšie ako 100 mm od prvku z drevenej pásky (s výnimkou nosného rámu) musia byť najmenej triedy A2 - s1, d0 vo vzdialenostiach 100 - 300 mm najmenej triedy B - s1, d0 a vo vzdialenostiach viac ako 300 mm triedy D - s2, d0,
- ¹¹⁾ platí aj pre schody.



Obr. 6 Detail hrúbok fasádnych prvkov (položka 7 z tabuľky 2)



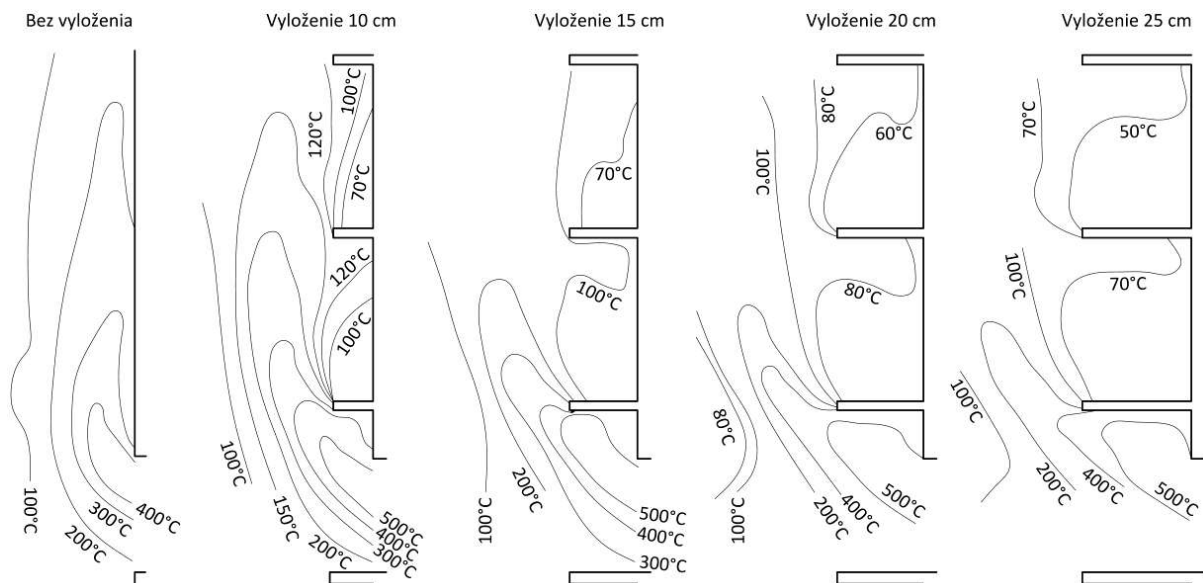
Obr. 7 Parametre drevených fasádnych prvkov (položka 9 z tabuľky 2)

Maximálna exponovaná plocha prvku z drevenej pásky: $2n(t + w) + a \leq 1,10$
 n - počet kusov dreva (ks/m), t - hrúbka každého kusa dreva (m) w - šírka každého kusa dreva (m)
 a - exponovaná plocha podpory dreva (ak existuje) (m²), na m² prvku z drevenej pásky

Parametre vplyvu	Vplyv na priebeh požiaru		
	výborný	dobry	kritický
Typ fasády			
Typ obloženia			

Obr. 8 Príklady parametrov ovplyvňujúcich požiarne správanie viacpodlažných fasád (SCHOBER, MATZINGER, 2006)

Ďalším konštrukčným prvkom je vyloženie konštrukcie, prvok, ktorý má zabrániť rýchlemu šíreniu požiaru vo vertikálnom smere. Ako z obr. 1.13 vyplýva čím je vyloženie vystupujúcej konštrukcie vyššie, priamo úmerne klesá aj možnosť rozvoja požiaru do vyšších podlaží. Týmto problémom sa zaoberá práca (SUZUKI ET AL., 2016), v ktorej sa zaoberal optimálnou dĺžkou vyloženia vystupujúcej konštrukcie pričom sa jednalo o experiment na zmenšenom modeli v mierke 1:7. Izotermické pole tohto experimentu zobrazuje obr. 9.



Obr. 9 Izotermické pole pri dĺžkovej variácii vystupujúcich konštrukcií v zmenšenej mierke v pomere 1:7 (SUZUKI ET AL., 2016)

Z dosiahnutých výsledkov (SUZUKI ET AL., 2016) uvádza nasledovné závery:

- teplota požiarom zasiahnutého priestoru je pri aplikácii vystupujúcich konštrukcií vyššia, ako v prípade bez vystupujúcich konštrukcií,
- teplota pozdĺž spodnej vrstvy vystupujúcej konštrukcie klesá s narastajúcim vyložením,
- veľkosť plameňov v horizontálnom smere nie je závislá na hĺbke vystupujúcej konštrukcie,
- výška plameňov klesá pri vyložení viac ako 100 mm (pri skutočnej mierke viac ako 700 mm).

Nasledujúce závery týkajúce sa konštrukcií dreva, alebo drevených materiálov sú čerpané z vykonaných skúšok požiaru (ÖSTMAN, 2009). Výsledky testov malého požiaru:

- vlastný ochranný účinok dreva pomocou karbonizácie povrchu bráni rýchlemu zvislému šíreniu požiaru. Významné bočné šírenie požiaru sa nezistilo;
- prostredníctvom jednoduchých štruktúrnych opatrení je šírenie ohňa v zadnom vetranom priestore kontrolovateľné, vhodnou konštrukciou obmedzované;
- v určitých prípadoch je horľavosť fasádnych systémov na báze dreva pre vonkajšie steny závislá od vplyvu rôznych parametrov, ktoré v prípade požiaru sa môžu navzájom rušiť;
- problémy pri požiari s vodou neboli zaznamenané v testoch v plnom rozsahu. Takisto nebolo zaznamenané rozsiahle uvoľnenie častí konštrukcie vonkajšej steny ohrozujúcej osoby.

V podstate závisí správanie sa fasád pri požiari od (OSVALD, 1997; PATZAK, 1972):

- typu a architektonických prvkov fasády (fasáda so zapusteným zasklením, perforovaná fasáda, uhlová fasáda);

- typ a usporiadanie obloženia;
- podkladu, vrátane zadného vetracieho otvoru.

Výsledky meraní austrálskych výskumníkov sú zobrazené v tabuľke 1.4 (Woodsolutions 2013). Z tabuľky je jasne vidieť, akú úlohu zohráva vzdialenosť nad otvorom, v ktorom vznikol požiar.

Tabuľka 3 Hodnoty tepelného toku a teplôt pri modelovom požiari fasád

Poloha	Skúška čas (min)	Režim horenia	Teplota (°C)	Tepelný tok 1,5 m nad otvorom (kW/m ²)	Tepelný tok 3 m nad otvorom (kW/m ²)	Teplota 1,5 m nad otvorom (°C)	Teplota 3 m nad otvorom (°C)
vertikálne	2	nárast (kontrola paliva)	50	2	1	46	39
horizontálne			67	1	1	53	24
vertikálne	20	prísne kontrolované prúdenie	813	104	43	1000	741
horizontálne			831	67	15	639	461
vertikálne	28	kontrolované prúdenie	1 018	65	29	777	433
horizontálne			1 029	41	11	467	386
vertikálne	35	stoichiometria (približne)	1 090	30	18	636	417
horizontálne			1 088	13	5	312	313
vertikálne	40	dohorievane (kontrola paliva)	785	20	12	467	303
horizontálne			763	17	5	420	262

2.2 Materiálové riešenie drevených fasád pre potreby protipožiarnej ochrany

V tabuľke 4 sú uvedené základné fyzikálne vlastnosti (hustota, hrúbka) veľkoplošných materiálov na báze dreva, ktoré pri danom spôsobe konštrukcie fasády spĺňajú triedu reakcie na oheň a je ich možné aplikovať na fasádne systémy.

Tabuľka 4 Triedy reakcie na oheň pre panely na báze dreva (ÖSTMAN 2009)

Výrobok	EN norma	Podmienky koncového použitia ⁶	Min. hustota (kg/m ³)	Min. hrúbka (mm)	Trieda (okrem podlah)
Cementotrieskové dosky ¹	EN 634-2	bez vzduchovej medzery za panelom	1000	10	B - s1, d0
DVD tvrdá ¹	EN 622-2	bez vzduchovej medzery za panelom na báze dreva	900	6	D - s2,d0
DVD tvrdá ³	EN 622-2	s uzavretou vzduchovou medzerou nie väčšou ako 22 mm za panelom na báze dreva	900	6	D - s2,d2
DTD ^{1,2,5}	EN 312	bez vzduchovej medzery za panelom na báze dreva	600	9	D - s2,d0
DVD tvrdá a stredná ^{1,2,5}	EN 622-2, EN 622-3,				
MDF ^{1,2,5}	EN 622-5				
OSB ^{1,2,5}	EN 300				
Preglejka ^{1,2,5}	EN 636				
Panel z masívneho dreva ^{1,2,5}	EN 13 353	- " -	400	9 12	D - s2,d0
Flaxboard ^{1,2,5}	EN 15 197	- " -	450	15	D - s2,d0
DTD ^{3,5}	EN 312	s uzavretou, alebo otvorenou vzduchovou medzerou nie väčšou ako 22 mm za panelom na báze dreva	600	9	D - s2,d2
DVD tvrdá a stredná ^{3,5}	EN 622-2, EN 622-3,				
MDF ^{3,5}	EN 622-5				
OSB ^{3,5}	EN 300				
Preglejka ^{3,5}	EN 636				
Panel z masívneho dreva ^{3,5}	EN 13 353	- " -	400	9 12	D - s2,d2
DTD ^{4,5}	EN 312	s uzavretou vzduchovou medzerou za panelom na báze dreva	600	15	D - s2,d0
DVD tvrdá a stredná ^{4,5}	EN 622-2, EN 622-3,				
MDF ^{4,5}	EN 622-5				
OSB ^{4,5}	EN 300				
Preglejka ^{4,5}	EN 636				
Panel z masívneho dreva ^{4,5}	EN 13 353	- " -	400	15	D - s2,d1 D - s2,d0
Flaxboard ^{4,5}	EN 15 197	- " -	450	15	D - s2,d0
DTD ^{4,5}	EN 312	s otvorenou vzduchovou medzerou za panelom na báze dreva	600	18	D - s2,d0
DVD tvrdá a stredná ^{4,5}	EN 622-2, EN 622-3,				
MDF ^{4,5}	EN 622-5				
OSB ^{4,5}	EN 300				
Preglejka ^{4,5}	EN 636				
Panel z masívneho dreva ^{4,5}	EN 13 353	- " -	400	18	D - s2,d0
Flaxboard ^{4,5}	EN 15 197	- " -	450	18	D - s2,d0
DTD ⁵	EN 312		600	3	E
MDF ⁵	EN 622-5		400	3	E
			250	9	E
OSB ⁵	EN 300		600	3	E
Preglejka ⁵	EN 636		400	3	E
DVD tvrdá ⁵	EN 622-2		900	3	E
DVD stredná ⁵	EN 622-3		400	9	E
DVD mäkká ⁵	EN 622-4		250	9	E

Vysvetlivky k tabuľke 1.3

¹⁾pripevnené bez vzduchovej medzery priamo proti triede A1 alebo A2-s1, d0 výrobky s minimálnou hustotou 10 kg/m³ alebo aspoň trieda D-s2, výrobky d2 s minimálnou hustotou 400 kg/m³,

- ²⁾ ak je namontovaný priamo na drevenú základňu, môže byť použitý substrát celulózového izolačného materiálu minimálnej triedy E,
³⁾ nasadené za vzduchovou medzerou. Zadná strana dutiny musí byť aspoň triedy A2-s1, d0 výrobky s minimálnou hustotou 10 kg/m³.
⁴⁾ nasadené za vzduchovou medzerou. Zadná strana dutiny musí byť najmenej trieda D-s2, výrobky d2 s minimálnou hustotou 400 kg/m³.
⁵⁾ dyhované, fenolové a melaminové panely sú zahrnuté pre triedu okrem podlahoviny,
⁶⁾ parotesná bariéra s hrúbkou do 0,4 mm a hmotnosťou do 200 g/m² môže byť namontovaná medzi drevom panel a podklad, ak medzi nimi nie sú medzery.

3. TESTOVANIE FASÁD PRE POTREBY PROTIPOŽIARNEJ OCHRANY

Aj keď základným hodnotením materiálov je ich reakcia na oheň (pozri tab. 1) vznikali ďalšie testovacie metódy, ktoré hodnotia skladbu a konštrukciu fasád. Existuje celý rad strednorozmerových a veľkorozmerových testov. V tejto podkapitole uvedieme stručne iba tie, ktoré vychádzajú zo scenárov požiarov uvedených na obr. 2.

Metóda zakotvená v ISO 13785-1 Reakcia na požiar test pre fasády Časť 1 : Strednorozmerový test určuje reakciu na oheň materiálov na fasády a obkladové konštrukcie. Simuluje vonkajší požiar s plameňmi dotýkajúcimi sa priamo fasády (pozri obr. 2 scenár A, B). Metóda nie je určená na samo stojace obklady a fasády ale iba na tie, ktoré sa používajú ako externá fasáda na steny.

Skúšobné zariadenie pozostáva zo vzorky podporného rámu a zdroja. Rám na ktorom sa drží vzorka pozostáva z troch stien, z troch častí zadnej steny a z dvoch častí bočných stien. Vzorka musí byť kompaktná s dr-žiakom a je v polohe 0,4 m od dna držiaku. Vzorka sa namontuje do rámu. Dve minúty pred začatím testu sa spustia všetky meracie zariadenia. Zapáli sa zdroj tepla. Zhotovuje sa fotograficky záznam alebo videozáznam.

Zdroj požiaru je propánový horák pravouhlého tvaru s rozmermi 1,2 x 0,1 x 0,15 m. Je to plošný horák špeciálnej konštrukcie naplnený kamennou drťou, ktorý zaručuje tepelný tok na testovanú vzorku. Ako palivo sa používa čistý propán o čistote 95 %. Vzorka reprezentuje systém, ktorý chceme testovať a musí byť upravená tak, ako sa používa v skutočnosti. Pozostáva z obkladu alebo fasádnych panelov, ktorá pokrýva šírku 1,2 m, výšku 2,4 m a šírku 0,6 m a výšku 2,4 m. Ako vidieť obr. 10(vzorka pred skúškou) a obr. 11(vzorka počas skúšky) pozostáva z dvoch častí, ktoré sú navzájom kolmé. Z uvedeného obrázku vidieť aj rozmiestnenie termočlánkov na vzorke. Termočlánok je chromel/alumel typu K o priemere 0,3 mm. Vyhodnocuje sa priebeh teplôt zaznamenaných termočlánkami a zároveň sa dáva slovný popis správania sa materiálov pri teste.



Obr. 10 Záber na test pred skúškou
(OSVALD ET AL. 2009)



Obr. 11 Záber na test počas skúšky
(OSVALD ET AL. 2009)

Metóda zakotvená v ISO 13785-2 špecifikuje metódu testu na určenie reakcie na oheň na materiály a konštrukciu fasádnych obkladov pri vystavení teplu a plameňom zo simulovaného požiaru vnútorného priestoru s plameňmi, ktoré vystupujú cez okenné otvory a zasahujú priamo na fasádu (pozri obr. 1.7 scenár C). Informácie získané z tejto skúšky môžu byť uplatniteľné aj pri scenári

vonkajšieho požiaru dopadajúceho na fasádu. Táto metóda platí len pre fasády a obklady, ktoré nie sú nosné. Nevyžaduje sa žiadny pokus o určenie konštrukčnej pevnosti fasády alebo obloženia.

Skúška nie je určená na stanovenie požiarneho správania danej fasády budovy. Podrobnosti o balkónoch, oknách, okenných oknách, záclonách atď. sa v tomto teste neberú do úvahy. Tento test nezahŕňa riziko šírenia požiaru, napr. cez okenné detaily fasádneho systému, pretože je postavený len ako fasádna stena. Existujú jasné dôkazy o tom, že vnútorný roh (nazývaný tiež opätovne vstupujúci roh) spôsobuje intenzívnejšie vystavenie požiaru ako plochá fasáda. Najčastejšie sa vyskytujúci vnútorný roh opätovného vstupu je s uhlom 90°. Skúšobná fasádna vzorka obsahuje vnútorný roh s uhlom návratu 90° (ISO 13785-2).

Skúšobné zariadenia pozostáva z vertikálnych držiakov fasády, ktoré zahŕňajú aj okno, resp. otvor. Zariadenie pozostáva z dvoch častí, ktoré vytvárajú roh s uhlom 90°. Výška zariadenia je 4 m od okna, ktoré je veľké 1,20 m a je umiestnené 0,5 m od zeme. Šírka fasády je 3 m. Okno je dlhé 2 m (pozri obr. 1.17). Test sa môže vykonávať v spaľovacom priestore v interiéri o rozmere minimálne 20 m³ a maximálne 100 m³. Vzorky musia byť koncipované tak ako sa používajú v praxi. V priebehu skúšky sa meria teplota termočlánkami a zároveň sa meria tepelný tok rádiometrami. Termočlánky chromel/alumel typu K o priemere 0,3 mm. Palivo môže byť v kvapalnej forme, ako napr. heptán, alebo acetón, ktorého sa použije cca 60 l v špeciálnych horákoch tak, ako to zobrazuje obr. 1.18. Alebo palivom môžu byť drevené kliečky, z dreva o hustote 450 až 500 kg/m³ a vlhkosti 10 až 12 %. Umiestnenie pevného paliva je zobrazené na obr. 1.19 ako aj detail kliečky (ISO 13785-2).

Komplexnosť protipožiarnych opatrení tvoria aj právne predpisy, popri materiálových, konštrukčných, certifikačných a iných predpisoch. Právne predpisy presne obmedzujú podmienky použitia fasád z dreva, alebo z materiálov na báze dreva. Do podmienok je zakomponovaná výška budovy, jej účel, obsadenie budovy osobami, odstupové vzdialenosti a iné podmienky, ktoré vyplývajú z podmienok riešenia proti-požiarnej bezpečnosti danej budovy. V tabuľke 5 sú vybrané právne predpisy pre európske krajiny (Östman 2009) a v tabuľke 6 pre Austráliu (Woodsolutions 2013).

Tabuľka 5 Právne predpisy v európskych krajinách (WOODSOLUTIONS 2013)

Krajina	Požiarne scenár	Testovacia metóda	Hodnoty expozície	Meranie	Fasádny test potrebný pre drevené fasády	Komentáre
Rakúsko	plameň von z okna	ÖNORM B 3800-5	40 kW/m ² 20 min	poškodenie, teplota	4-5 podlaží ÖNORM B 3806	drevené konštrukcie ÖNORM B
Francúzsko	plameň von z okna	Aréte 10/09/1970	15-75 kW/m ² 15-20 min	šírenie plameňa, poškodenie, teplota	závisí od typu budovy	musia sa rešpektovať odstupové vzdialenosti
Nemecko	plameň von z okna	DIN 4120-20	20-65 kW/m ² 20 min	plamene, sálenie poškodenie, teplota	≥ 4 podlažia	Kritériá podľa DIBT
Švédsko	plameň von z okna	SP Fire 105	15-75 kW/m ² 15-20 min	poškodenie, tepelný tok, teplota	> 2 podlažia	
Švajčiarsko	plameň von z okna	Large scale test	600-800 kW 15-20 min	poškodenie, teplota	4-8 podlaží	Literatúra (11 pôvodná)
Veľká Británia	plameň von z okna	BS 8414	15-75 kW/m ² 15-20 min	poškodenie, tepelný tok, teplota	> 2 podlažia	

Tabuľka 6 Predpisy aplikované v Austrálii (WOODSOLUTIONS 2013)

Budova klasifikácia	Podmienka	Nárast v podlažiach			
		1	2	3	4 a viac
Trieda 2		C	B	A	A
Rezidenčné apartmány					
Trieda 3		C	B	A	A
Krátkodobé ubytovanie					
Trieda 3	Minimálne dva výstupy, alebo priamy výjazd na cestu, alebo otvorený priestor ²	C	C	A	A
Krátkodobé ubytovanie					
Trieda 5		C	C	B	A
Kancelária					
Trieda 6		C	C	B	A
Maloobchod					
Trieda 7		C	C	B	A
Parkovisko					
Trieda 8		C	C	B	A
Továrňeň alebo laboratórium					
Trieda 9a		C	B	A	A
Zdravotná starostlivosť					
Trieda 9b		C	B	A	A
Školy alebo montované budovy					
Trieda 9c		C	B	A	A
Starostlivosť o starcov					
Trieda 9c	Minimálne dva výstupy, alebo priamy výjazd na cestu, alebo otvorený priestor ²	C	C	A	A
Starostlivosť o starcov					

Poznámka: Šedou farbou vyplnené polia dovoľujú v Austrálii na stavbu aplikovať fasádu z dreva, alebo materiálov na báze dreva.

4. SKÚŠKA TEPELNÉHO ZAŤAŽOVANIE

Ako je v kap. 3 uvedené, existujú normalizované testy na stanovenie potrebných údajov potrebných pre stanovenie protipožiarnych hodnôt fasádnych materiálov. Jedná sa o veľkorozmerové alebo strednorozmerové testy, ktoré sú ekonomicky náročné, ako aj náročné na vykonanie experimentu. To takmer znemožňuje ich opakovateľnosť a veľmi ťažko môžeme hovoriť je štatistickom vyhodnotení. Preto bola navrhnutá metóda, ktorá testuje viacero malých vzoriek. Experiment je možné štatistiky dobre vyhodnotiť. Zariadenie, postup, ako aj hodnotiace kritériá pre tento experiment boli modifikované z viacerých testov zakotvených v normách, alebo aplikovaných vo vedeckých prácach (CONEVA, 2014; KADLICOVÁ, P., CONEVA, I., MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L. 2016; CONEVA, 2017). Špeciálny laboratórny test (malorozmerový) na tento účel neexistoval. Podmienky pre test boli dané rozmermi vzoriek a účelom merania, získať poznatky o reakcii jednotlivých druhov drevín a vplyvu napr. poveternostného starnutia, účinku retardéru, starnutie retardéru, a iné.

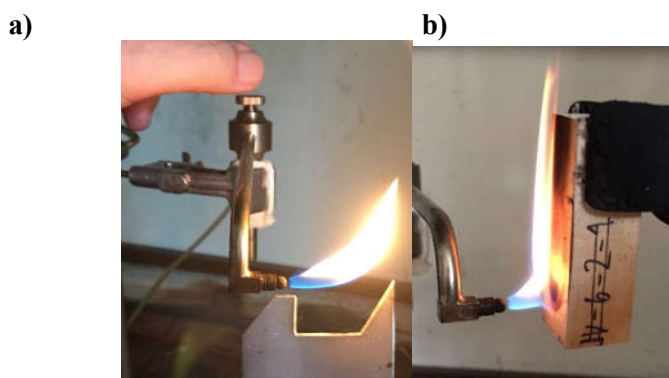
Ako zdroj tepla, plamenného zaťažovania bol vybraný plynový kahan na propán-bután z laboratórneho zariadenia STN EN ISO 2592, určovanie bodu vzplanutia a horenia. Clevelandova metóda v otvorenom téglíku (pozri obr. 12a). Jedná sa o hodnotu plamenného zdroja nízkeho výkonu, ktorý v podstate reprezentuje lietajúce iskry podľa scenára A obr. 4.

Z tohto zariadenia (Clevelandova metóda v otvorenom téglíku obr. 12a) bol použitý len plynový horák (pozri obr. 12b). Na obr. 13a je detail regulácie plameňa na predpísaný rozmer, na obr. 13b poloha horáku a vzorky. Presné parametre vzorky a polohy horáku sú na obr. 14. Červená šípka na obr. 14 reprezentuje polohu horáka, pričom veľkosť jeho plameňa pred priložením na vzorku bola nastavená na 20 mm. Na obr. 15 je celková schéma novo navrhnutého laboratórneho zariadenia.



Obr. 12 Laboratórne zariadenie STN EN ISO 2592 (Clevelandova metóda) (foto Kadlicová 2017)

a) celkový pohľad na zariadenie, b) detail na plynový horák

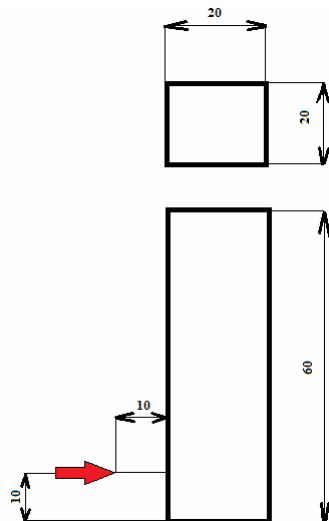


Obr. 13 Regulácia veľkosti plameňa a jeho pôsobenie na vzorku (foto Kadlicová 2017)

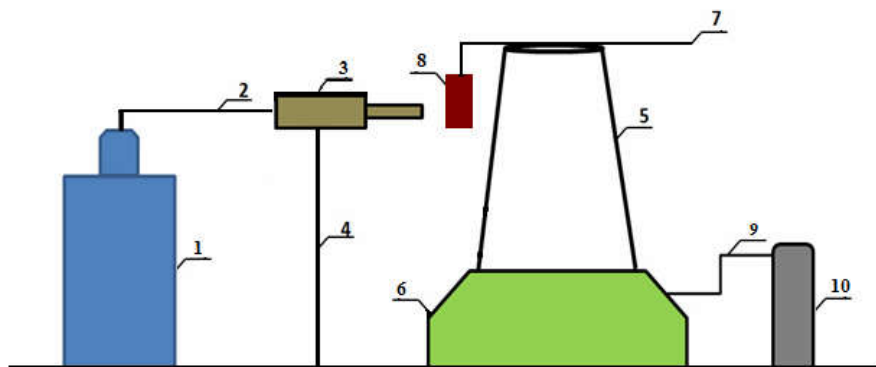
a) regulácia plameňa, b) detail pôsobenia plameňa na vzorku

Priebeh skúšky bol nasledovný. Vzorka sa upevnila do vopred odváženého držiaka. Po vážení držiaka sa váha vynulovala. Po upevnení vzorky do držiaka sa vzorka s držiakom umiestnila na váhu. Váha zaznamenala hmotnosť vzorky. Na počítači sa spustil program, ktorý zaznamenával v 10 sekundových intervaloch hmotnosť vzorky. Vopred nastavený horák sa v predpísanej polohe priložil k vzorke a nechal sa pôsobiť na vzorku 60 sekúnd. Po tomto intervale sa horák odsunul a úbytok na hmotnosti sa meral ešte ďalších 180 sekúnd (bez pôsobenia plameňa z horáku). Po tomto intervale sa meranie ukončilo. Celé meranie trvalo 240 sekúnd. Ako ukazujú výsledky v kap. 4 tejto monografie, metóda experimentu (veľkosť, zdroja, dĺžka jeho pôsobenia, poloha a iné), boli nastavené tak, že boli merateľné kritériá, ktoré sme od experimentu požadovali.

Ak niektoré vzorky (vzorky niektorých drevín) nehoreli skoro vôbec, a ich správanie dokumentujú hodnotiace kritériá, vzorky niektorých drevín i pri tomto nastavení aparatúry horeli veľmi intenzívne počas, aj po ukončení experimentu (pozri obr. 16).

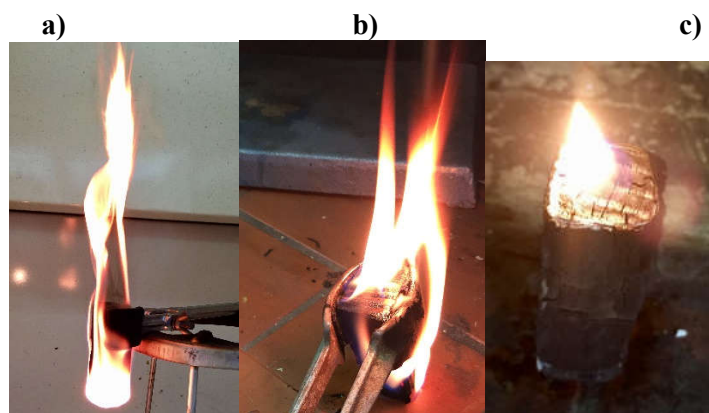


Obr. 14 Schéma rozmerov vzorky a polohy horáku pri experimente (schéma Osvald 2017)



Obr. 15 Celková schéma novo navrhnutého laboratórneho zariadenia (schéma Osvald 2017)

1 – plynová bomba propán-bután, 2 – tlaková hadiaca, 3 – plynový horák zo zariadenia podľa Clevelandova, 4 – držiak horáku, 5 – stojan na váhach, 6 – váhy, 7 – držiak vzorky, 8 – vzorka, 9 – kábel na prepojenie váh s počítačom, 10 – počítač



Obr. 16 Horenie vzorky pri experimente (fotoKadlicová 2017)
 a) po odstavení horáku v 60 tej sekunde, b) po odstavení z váh po 240 sekunde,
 c) tri minúty po ukončení experimentu

4.1 Úbytok na hmotnosti

Pri pôsobení tepelného zdroja sme sledovali a zaznamenávali úbytok na hmotnosti. Z neho podľa vzťahu sme vypočítali relatívny úbytok na hmotnosti (1)

$$\delta_m(\tau) = \frac{\Delta m}{m(\tau)} \cdot 100 = \frac{m(\tau) - m(\tau + \Delta\tau)}{m(\tau)} \cdot 100 \quad (\%) \quad (1)$$

kde:

- $\delta_m(\tau)$ – relatívny úbytok hmotnosti v čase (τ) (%),
- $m(\tau)$ – hmotnosť vzorky v čase (τ) (g),
- $m(\tau + \Delta\tau)$ – hmotnosť vzorky v čase ($\tau + \Delta\tau$) (g),
- Δm – rozdiel hmotností (g).

4.2. Relatívna rýchlosť odhorievania

Relatívnu rýchlosť odhorievania sme určili podľa vzťahov (2) (3):

$$v_r = \left| \frac{\partial \delta_m}{\partial \tau} \right| \quad (\%/s) \quad (2)$$

alebo numericky

$$v_r = \frac{|\delta_m(\tau) - \delta_m(\tau + \Delta\tau)|}{\Delta\tau} \quad (\%/s) \quad (3)$$

kde:

- v_r – relatívna rýchlosť odhorievania (%/s),
- $\delta_m(\tau)$ – relatívny úbytok na hmotnosti v čase (τ) (%),
- $\delta_m(\tau + \Delta\tau)$ – relatívny úbytok hmotnosti v čase ($\tau + \Delta\tau$) (%),
- $\Delta\tau$ – časový interval, v ktorom sa odčítavajú hmotnosti (s).

4.3 Čas dosiahnutia maximálnej rýchlosti odhorievania

Popri hodnote rýchlosti odhorievania, je dôležitý aj čas, kedy sa táto maximálna rýchlosť odhorievania dosiahne. Ak je to v prvých sekundách experimentu, je to z pohľadu protipožiarnej ochrany negatívnejší faktor, ako keď je to ku koncu experimentu. Preto sme túto fyzikálnu veličinu zaradili ako hodnotiace kritérium všetkých vykonaných experimentov.

4.4 Pomer (a)/(b)

Toto hodnotiace kritérium je matematickým pomerom dvoch predchádzajúcich hodnotiacich kritérií, čo znamená relatívnej rýchlosti odhorievania (a) a času, kedy sa dosiahne maximálna hodnota relatívnej rýchlosti odhorievania (b). Číselná hodnota tohto hodnotiaceho kritéria dáva relevantnú informáciu o chovaní sa materiálu v pod-mienkach experimentu. Ak sa maximálna hodnota relatívnej rýchlosti odhorievania dosiahne v krátkom čase, je to negatívny faktor. Ak sa maximálna hodnota dosiahne neskôr, môžeme to považovať za pozitívnejší ukazovateľ. Považovali sme však za potrebné, že tieto dva ukazovatele dať do pomeru a tak zdôrazniť synergický efekt týchto dvoch meraných veličín. Ako názorný príklad môžeme uviesť, ak sa maximálna rýchlosť odhorievania hodnotu 10, dosiahne v desiatej minúte, dosiahneme náš sledovaný pomer hodnotu 1. Ak sa dosiahne v piatej minúte, máme hodnotu 2, ak v prvej minúte, máme hodnotu 10.

4.5 Rozdiel v úbytku na hmotnosti 0 - 48

Pri pôsobení tepelného zdroja sme sledovali a zaznamenávali úbytok na hmotnosti v niekoľkých krokoch. Nakoľko sa navrhnutá aparatura ako aj celková metodika experimentu sa ukázala dostatočne citlivá pre zvolené hodnotenie, rozhodli sme sa merať hmotnosť vzoriek po 48 hodinách po ukončení experimentu. Hmotnosť bola meraná kontinuálne 240 sekúnd (pozri podkapitulu 3.1.1), následne sa vypočítal „konečný“ úbytok na hmotnosti pri tepelnom namáhaní (v 240 sekunde) a od neho sa odpočítal úbytok na hmotnosti po 48 hodinách.

Tento rozdiel pri niektorých drevinách tento bol záporný. To znamená, že aj keď pri vzorke v priebehu horenia sa zaznamenal vyšší úbytok na hmotnosti mohol byť spôsobený tepelnou degradáciou ako aj sušením drevenej vzorky. Ak k intenzívnemu horeniu vzorky nedošlo, po 48 hodinách sa „naklimatizovala“, prijala vlhkosť z prostredia, v ktorom bola umiestnená, čo sa odrazilo na zmene úbytku na hmotnosti jeho znížením.

Ak vzorka po dostavení od plameňa horela bezplameňovým horením prejavilo sa to na úbytku na hmotnosti, aj keď nejakú vlhkosť neskôr mohla prijať. Pomer hmotnosti vplyvom vlhkosti a tepelnej degradácie pri danom experimente nebolo možné sledovať, nakoľko vzorky boli umiestňované len v miestnosti laboratória. Toto hodnotiace kritérium, ako sa neskôr ukázalo, má svoju výpovednú hodnotu.

$$\delta_{m48} = \left(\frac{m(0) - m(240)}{m(0)} \right) - \left(\frac{m(0) - m(48)}{m(0)} \right) \cdot 100 \quad (\%) \quad (4)$$

kde:

δ_{m48} – rozdiel v relatívnom úbytku na hmotnosti (%),

$m(0)$ – hmotnosť vzorky v čase (τ_0) (g),

$m(240)$ – hmotnosť vzorky v čase (τ_{240}) (g),

$m(48)$ – hmotnosť vzorky v čase (τ_{48}) (g),

Uvedené hodnotiace kritériá zisťujú zmeny v hodnotenom materiáli a to statickým ako aj dynamickým spôsobom, dá sa povedať „komplexne“. Za novú informáciu považujeme zmenu úbytku na hmotnosti po 48 hod.

Pri požiaroch drevených materiálov sa často stáva, že požiar je lokalizovaný a považuje sa za likvidovaný, no po niekoľkých hodinách sa hasiči vracajú na miesto požiaru. Bezplamenné horenie – tlenie dreva, sa týmto hodno-tiacim kritériom dá spoľahlivo zaznamenať. Ostatné hodnotiace kritériá je možné považovať za klasické, ktoré dávajú základné informácie o priebehu zmeny vo vlastnostiach sledovaného materiálu.

ZÁVER

Technológie protipožiarnej ochrany aplikované v budove samozrejme upravujú limitné podmienky, ktoré sú uvedené v spomínaných právnych predpisoch. Aplikácia certifikovaných materiálov na reakciu na oheň, konštrukčných riešení, s technológiami protipožiarnej ochrany dokážu vytvoriť podmienky, v ktorých sa požiar po fasáde nešíri, resp. jeho šírenie je také, že zabezpečí evakuáciu osôb z budovy a umožní jeho efektívnejšiu likvidáciu. Nové informácie získané navrhovanou metódou ešte spoľahlivejšie ohodnotia testovaný materiál.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- CONEVA, I., (2014): Zápalnosť celulóзовých látok ovplyvnená druhom bieliaceho prostriedku In: Krízový manažment = Crisis Management, vedecko-odborný časopis FBI, ŽU v Žiline, roč.13, č.2/2014, Žilina: Žilinská univerzita, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, 2014, s.5 – 15, ISSN 1336-0019.

- CONEVA, I., (2017): *Horľavý materiál vyskytujúci sa v prevádzkarňach a v priestoroch určených pre verejné stravovanie a ubytovanie*. In: FIRECO 2017: Protipožiarna bezpečnosť hotelov a zariadení poskytujúcich ubytovanie vo vzťahu k cestovnému ruchu: XII. medzinárodná vedecká konferencia: 4.-5. máj 2017 Trenčín, Slovenská republika: Bratislava : Požiarnotechnický a expertízny ústav (PTEÚ) MV SR, Národné informarčné stredisko (NIS) HaZZ MV SR, Bratislava: zborník prednášok: [elektronický zdroj]: 2017, s.51 – 64, ISBN 978-80-89051-20-5.
- EVANS, P. D., THAY P. D., SCHMALZL, K. J. (1996): *Degradation of surfaces during natural weathering. Effects on lignin and cellulose and on the adhesion of acrylic latex primers*. Wood Science and Technology 30 (6), p. 411 – 422, ISSN 0043-7719.
- FEIST, W. C., (1982): *Weathering of wood in structural uses*. In Meyer, R.W., & Kellong, R. M., (Ed.), Structural use of wood in adverse environments, New York: Van Nostrand Reinhold, p. 156 – 178.
- KADLICOVÁ, P., CONEVA, I., MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, L. (2016): *Comparison of flammability between standard and premium fuels based on examining of measured fire resistance* In: ADVANCES IN FIRE & SAFETY ENGINEERING 2016: V. ročník medzinárodnej vedeckej konferencie, Žilina, ŽU v Žiline, FBI, KPI, 27.-28. októbra 2016, recenzovaný vedecký zborník príspevkov [elektronický zdroj-CD]: Žilina : ŽU v Žiline, EDIS, 2016, ISBN 978-80-554-1269-6.
- KAIHUA L., ET AL. (2015): *Merging behavior of facade flames ejected from two windows of an under-ventilated compartment fire*. In: Proceedings of the Combustion Institute. Roč. 35, 2015, č. 3. s. 2615 – 2622, ISSN: 1540-7489.
- KIM, Y.S. : (2013): „*Wooshin Goldensiuates*“ in Busan. *Forum on Fire Safety of Asia* [online]. Available from: <http://gcoe.tus-fire.com/eng/ffsa/?p=1761>.
- KOTTHOFF, I. (2001): *Brandschutz im Holzbau, 9. DGfH-Brandschutztagung, Würzburg Okt. 2001*, [online 15.4.2017] (<http://www.lignum.ch>).
- LEŠKO, R. (2017): „*Analýza požiarnej bezpečnosti obvodových stien*.“ Košice : Tech-nická univerzita Košice. 2017, 126s., (kandidátska dizertačná práca – nepublikované).
- OSVALD, A. (1997): *Požiarnotechnické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva*. Vedecké štúdie 8/97/A, Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1997, 52 s., ISBN 80-228-0656-0.
- OSVALD, A., KRAJČOVIČOVÁ, J., MITTEROVÁ, I., ORÉMUSOVÁ, E. (2009): *Hodnotenie materiálov a konštrukcii pre potreby protipožiarnej ochrany*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009, 335 s., ISBN 978-80-228-2039-4.
- OSVALD, A. (2017): *Wood Fire Protection*. In: Fire protection, safety and security 2017, International scientific conference, Conference Proceedings, Zvolen : Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2017, s. 193 – 200, ISBN 978-80-228-2957-1.
- ÖSTMAN, B. L. (2009): *Firesafety in timber buildings. First draft comments 2009*.
- OZGENC, O., HIZIROGLU, S., YILDIZ, U. C. (2012): *Weathering properties of wood species treated with different coating applications*. Bioresources, 7(4), p. 4875 – 4888, ISSN: 1930-2126.
- PATZAK, W. (1972): *Zur Theorie des Brangeschens von Holz*. VDI Forschungsheft 552, München 1972, 52 s.
- PUŠKÁR, A., ET. AL. (2002): *Obvodové plášte budov – fasády*. Bratislava: Jagagroup, 2002, 338 s., ISBN: 80-88905-72-9.
- REINPRECHT, L. (2008): *Ochrana dreva*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 453 s., ISBN 987-80-228-1863-6.
- SCHOBER, K. P., MATZINGER, I. (2006): *Brandschutztechnische Ausführung von Holz-fassaden*. pro Holz Rakúsko (Hrsg.) Arbeitsheft 8/06, [online 15.4.2017] (<http://www.lignum.ch>).
- SUZUKI, T., ET. AL. (2016): *An Experimental study of ejected flames of a Highrise buildings – effects of depth of balcony on ejected flame*. In: Proceedings of AOFST Symposiums. 2016. s. 363 – 373, ISBN 978-981-10-0376-9.

- ŠTEFKO, J., REINPRECHT, L. (2004): *Dřevěné stavby – konstrukce, ochrana a údržba*. Bratislava : Jagagroup Bratislava, 207 s., ISBN 80-889-0595-8.
- TROITZSCH, J. (1996): *Fireregulations and testing of buildingmaterials in Europe status and percpectives*. In: Zborník referátov z konferencie Wood&FireSafety. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 1996, s. 11 – 20. ISBN 80-228-0493-2.
- WOODSOLUTIONS (2013): *Woodsolutionsdesing and build*. Sydney : ExonvaWarringtonfireAusPtyLtd, 2013, 24 s. ISBN 978-1-921763-68-7.
- ZÁKON (2001): Zákon č. 314/2001 Z.z. O ochrane pred požiarimi. (časťka:132, str. 3418 – 3438).
- EN 300: 2006 Orientedstrandboards (OSB). Definitions, classification and specificca-tions.
- EN 312: 2010 Particleboards. Specifications.
- EN 622-2: 2004 Fibreboards. Specifications. Requirementsforhardboards.
- EN 622-3: 2004 Fibreboards. Specifications. Requirementsformediumboards.
- EN 622-4: 2009 Fibreboards. Specifications. Requirementsforsoftboards.
- EN 622-5: 2009 Fibreboards. Specifications. Requirementsfordryprocessboards.
- EN 634-2: 2007 Cement-bondedparticleboards - Specifications - Part 2: Requirementsfor OPC bondedparticleboardsforuse in dry, humid and externalconditions.
- EN 636: 2012+A1: 2015 Plywood. Specifications.
- EN 13353: 2008 + A1:2011 Solidwoodpanels (SWP).
- EN 15197: 2007 Wood-basedpanels. Flaxboards. Specifications.
- EN 13501-1: 2007+A1:2009 Fireclassification of constructionproducts and buildingelements. Classificationusing test datafromreaction to firetests.
- ISO 13785-1: 2002 Reaction-to-firetestsforfacades - Part 1: Intermediate-scale test.
- ISO 13785-2: 2002 Reaction-to-firetestsforfacades - Part 2: Large-scale test.
- STN EN ISO 2592:2000 Určovanie bodu vzplanutia a horenia. Clevelandova metóda v otvorenom tégliku (ISO 2592:2000)
- [on-line] Available on - URL: (<http://hnonline.sk/svet/875848-na-umelom-polostrove-v-dubaji-zachvatil-velky-poziar-obytny-komplex>) (1.6.2017).
- [on-line] Available on - URL: <http://www.topky.sk/cl/11/1638179/Prekvapive-odhalenie-v-pripade-londynskeho-pekla--Toto-je-dovod-poziaru--ktory-zabil-79-ludi> (12.7 2017).

ADRESA AUTORA

Prof. Ing. Anton OSVALD, CSc.

Bystrický rad 1973/5, 960 01 Zvolen

e-mail: anton.osvald@hotmail.com

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.