

## POŽIARNA ODOLNOSŤ DREVENÝCH PRVKOV A KONŠTRUKCIÍ VIACPODLAŽNEJ BUDOVY STANOVENÁ PODĽA EUROKÓDU 5

### FIRE RESISTANCE OF TIMBER ELEMENTS AND STRUCTURES IN MULTI-STOREY BUILDING DETERMINED BY EUROCODE 5

Róbert Leško – Martin Lopušniak

#### ABSTRACT

Determination of fire resistance of elements and structures on the effects of fire is mainly based on values obtained from large-scale fire tests. A computational method could be used as an effective tool for determination of fire resistance in extreme design situation – fire. The main purpose of this article is to determine fire resistance of load-bearing and fire separating structures of modelled residential house, but also to point to the fact, that fire resistance of structures on timber base could be achieved without fire protective materials. For timber structures it is possible to define scopes of their applicability by determination of their fire resistance. The result of this article is to design a modelled residential house with a timber structural system, which meets requirements resulting from the current text of standards and regulations of fire safety in Slovakia. Material properties of building materials contained in load-bearing and fire separating structures are the only parameters, which will not meet the requirements.

**Keywords:** fire safety, fire resistance, charring depth, timber elements, timber structures.

#### ÚVOD

Drevo je základným stavebným materiálom využívaný ľudstvom od počiatkov rozvoja stavebníctva, až po súčasnosť. Vlastnosti ako ľahká dostupnosť, opracovateľnosť a prírodný vzhľad sa stali rozhodujúcimi pri jeho výbere v minulosti. V súčasnosti je podľa SMERNICE 89/106/EHS O STAVEBNÝCH VÝROBKOV (1989) na stavby a stavebné konštrukcie kladených sedem základných požiadaviek, ktoré sú od roku 2013 doplnené o siedmu požiadavku - trvalú udržateľnosť. S touto požiadavkou je úzko prepojená aj SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU (2010), známa aj ako smernica 20-20-20, ktorá nabáda k využívaniu obnoviteľných zdrojov na zníženie celkovej spotreby energie. Drevo ako ekologický, obnoviteľný a trvalo udržateľný materiál spĺňa všetky uvedené požiadavky. Tieto požiadavky sú zohľadňované metódami pre certifikáciu udržateľných budov ako sú napr. BREEAM, LEED a pod. V rámci týchto metód je drevo a výrobky na jeho báze v porovnaní s inými stavebnými materiálmi ako sú oceľ, betón a pod., z hľadiska trvalej udržateľnosti hodnotené kladne. Fenoménom dnešnej doby je realizácia stavieb (prevažne v oblasti individuálnej výstavby) v nízkoenergetickom, pasívnom, či dokonca nulovom štandarde. Mnoho stavieb tohto

charakteru je na Slovensku realizovaných práve s konštrukčným systémom na báze dreva. Podľa záverečnej správy SEKCIE DREVOSTAVIEB ZVÄZU SPRACOVATEĽOV DREVA SR (2014) za posledných 5 rokov došlo k zvýšeniu podielu počtu drevostavieb v rámci individuálnej výstavby z 2 na 10%. Tento nárast je jasným signálom narastajúceho záujmu o ich aplikáciu. Cieľom tejto organizácie je v priebehu nasledujúcich rokov zvýšiť súčasný podiel z 10% na 30% ročne. V správe sa taktiež uvádza podiel drevostavieb v niektorých európskych krajinách, ktorý je v porovnaní so Slovenskom niekoľkonásobne vyšší napr. Česká republika 20%, Rakúsko 45%, Nemecko 50%, alebo Škandinávске krajiny až 70%. Drevené prvky boli v minulosti aplikované prevažne ako nosné prvky stropných a strešných konštrukcií. V súčasnosti však tieto prvky nedisponujú takými konštrukčnými, či statickými obmedzeniami a preto nachádzajú uplatnenie aj vo viacpodlažných stavbách GUY (2005). Výraznejšie uplatnenie týchto stavieb s konštrukčným systémom na báze dreva na Slovensku limitujú ustanovenia požiarnej bezpečnosti (VYHLÁŠKA MINISTERSTVA VNÚTRA SR č. 94/2004 v znení neskorších predpisov).

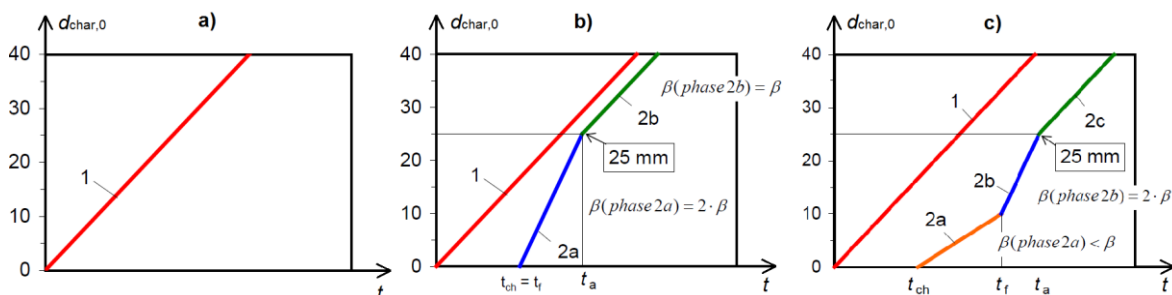
Drevo je podľa STN EN 13 501-1 (2007) kategorizované ako horľavý materiál, nakoľko väčšina drevených prvkov má podľa ÖSTMAN (2006) triedu reakcie na oheň D-s2,d0. Pri návrhu stavieb s konštrukčným systémom na báze dreva je vo väčšine prípadov snaha o priznanie drevených konštrukcií v rámci interiéru. Samotné drevo je stavebným materiálom schopným odolávať účinkom požiaru. V prípadoch keď nechránené drevené prvky nedosahujú požadovanú úroveň požiarnej odolnosti, je ochranu voči účinkom požiaru možné dosiahnuť rôznymi formami obkladov, či náterov, napr. prostredníctvom gélových prípravkov CHROMEK *et al.* (2010). Tieto tvrdenia potvrdzujú viaceré veľkorozmerové skúšky požiarnej odolnosti drevených konštrukcií OSVALD *et al.* (2012), KUČERA *et al.* (2012), či overenia požiarnej odolnosti drevených konštrukcií podľa európskych noriem KÖNIG (2005). Napriek tomu súčasná legislatíva neumožňuje realizáciu stavieb s konštrukčným systémom na báze dreva s viac ako dvoma obytnými podlažiami STN 92 0201-2 (2007). V niektorých krajinách Európy a sveta sa pri riešení požiarnej bezpečnosti stavieb ako primárny faktor okrem charakteru konštrukcie (trieda reakcie na oheň, prípadne národná klasifikácia) zohľadňuje aj požiarne odolnosť stavebných konštrukcií. Táto skutočnosť je dôvodom, ktorá umožňuje výstavbu viacpodlažných (Česká republika, Rakúsko – 4 podlažia, Nemecko – 5 podlaží, Veľká Británia a Škandinávске krajiny – bez obmedzenia podlažnosti) stavieb na báze dreva s plným uplatnením požiadaviek požiarnej bezpečnosti danej krajiny. Filozofia moderných protipožiarnych noriem vrátane Eurokódov je v súčasnosti postavená na komplexe požiarne-bezpečnostných opatrení so systémovým prístupom. To umožňuje bezpečnú výstavbu aj z konštrukčných systémov, ktorých nosné jadro je z dreva a drevených materiálov OSVALD *et al.* (2012).

Cieľom príspevku je preto posúdenie požiarnej odolnosti nosných a požiarne deliacich prvkov modelovej stavby na báze dreva overovacími metódami uvedenými v Eurokóde 5 (STN EN 1995-1-2: 2008) a poukázať na skutočnosť, že aj viacpodlažné stavby na báze dreva dokážu v požadovanom čase požiarnej odolnosti odolať účinkom plne rozvinutého požiaru.

## EXPERIMENTÁLNA ČASŤ – TEORETICKÁ ANALÝZA

Požiarne odolnosť stavebných konštrukcií vystavením účinkom nominálneho požiaru sa vyjadruje časom v minútach (30 – 180) a troma základnými kritériami (*R* – kritérium nosnosti a stability, *E* – kritérium celistvosti, *I* – kritérium izolácie). Konštrukcia musí spĺňať: kritérium *R* ak sa jedná o nosnú konštrukciu, kritériá *E* a *I* pre nenosnú požiarne deliacu konštrukciu a kritériá *R*, *E* a *I* pre nosnú požiarne deliacu konštrukciu. Odolnosť

materiálov voči účinkom zaťaženia pri požiari je vyjadrená ich pevnosťou a hĺbkou uhoľnatenia závislou na rýchlosti uhoľnatenia KUČERA *et al.* (2012).



**Obr. 1** Zmena hĺbky uhoľnatenia dreveného prvku v závislosti od času (STN EN 1995-1-2: 2008).  
**Fig. 1** Variation of charring depth with time (STN EN 1995-1-2: 2008).

Za charakteristickú pevnosť dreva počas vystavenia účinkom požiaru sa podľa Eurokódu 5 považuje 20% kvantyl pevnosti (pri bežnej teplote sa jedná o 5% kvantyl). Charakteristická pevnosť dreva je v tomto prípade vyjadrená nasledovne:

$$f_{20} = k_{fi} \times f_k \quad (1)$$

kde  $f_{20}$  je 20% kvantyl charakteristickej pevnosti dreva (MPa),  $k_{fi}$  je súčiniteľ vyjadrujúci typ dreva (-),  $f_k$  je charakteristická pevnosť dreva pri normálnej teplote (MPa). Rýchlosť a celková hĺbka uhoľnatenia dreva je závislá od typu dreva a hustoty dreveného prvku vystaveného účinkom požiaru. Za hĺbku uhoľnatenia sa považuje vzdialenosť medzi vonkajším povrchom pôvodného prvku a polohou čiary uhoľnatenia (STN EN 1995-1-2: 2008). Rýchlosť uhoľnatenia je rozdielna v prípadoch keď je drevený prvok:

- nechránený počas vystavenia požiaru (Obr. 1a),
- počiatočne chránený pred zlyhaním ochrany (Obr. 1b),
- počiatočne chránený po zlyhaní ochrany (Obr. 1c).

Rýchlosť uhoľnatenia pre jednosmerné uhoľnatenie sa berie ako konštantná v čase, z čoho sa návrhová hĺbka uhoľnatenia vypočíta nasledovne (STN EN 1995-1-2: 2008):

$$d_{char,0} = \beta_0 \times t \quad (2)$$

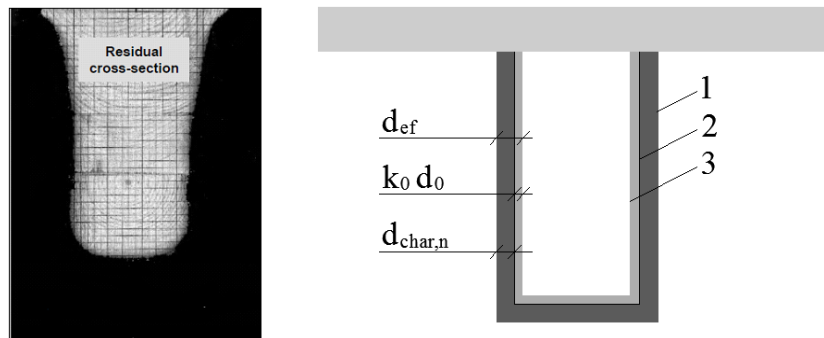
kde  $d_{char,0}$  je návrhová hĺbka uhoľnatenia pre jednosmerné uhoľnatenie (mm),  $\beta_0$  je návrhová rýchlosť jednosmerného uhoľnatenia pri vystavení normalizovanému požiaru ( $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ),  $t$  je čas vystavenia požiaru (min).

V prípade povrchov, ktoré sú počiatočne chránené obkladmi, inými ochrannými materiálmi, alebo konštrukčnými prvkami je začiatok uhoľnatenia oneskorený o čas  $t_{ch}$  (Obr. 1b). Uhoľnatenie dreva môže začať aj pred zlyhaním požiarnej ochrany, avšak s redukovanou rýchlosťou. Po čase zlyhania požiarnej ochrany  $t_f$  rýchlosť uhoľnatenia narastá až do času  $t_a$ , kedy sa hĺbka uhoľnatenia rovná menšej z hodnôt a to buď hĺbky uhoľnatenia takého istého prvku bez požiarnej ochrany, alebo 25 mm (Obr. 1c) (STN EN 1995-1-2: 2008).

Návrhovým postupom na určenie mechanickej odolnosti sú pravidlá uvedené v STN EN 1995-1-1: 2008, spoločne s prierezovými charakteristikami a doplnujúcimi pravidlami pre analýzu uvedenými v STN EN 1995-1-2 (2008). Odporúčaným postupom pre určenie mechanickej odolnosti je podľa STN EN 1995-1-2 (2008) metóda účinného redukovaného prierezu.

## Metóda účinného redukovaného prierezu

Metóda je založená na určení prierezových charakteristík účinného prierezu, t.j. prierezu zmenšeného – oslabeného požiarom trvajúcim požadovaný čas KUČERA *et al.* (2012).



Obr. 2 Zostatkový a účinný prierez (STN EN 1995-1-2: 2008).  
Fig. 2 Residual and effective cross-section (STN EN 1995-1-2: 2008).

Účinný prierez sa má vyjadriť redukciou pôvodného prierezu o účinnú hĺbku zuhoľnatenia  $d_{ef}$  nasledovne:

$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 d_0 \quad (3)$$

kde  $d_{ef}$  je efektívna hrúbka zuhoľnatenia (mm),  $d_{char,n}$  je teoretická hĺbka zuhoľnatenia (mm),  $k_0$  je koeficient nechráneného povrchu vystaveného požiaru (-),  $d_0$  je hrúbka vrstvy s predpokladanou nulovou pevnosťou a tuhosťou (konštanta 7 mm). S takto zmenšeným účinným prierezom je prvok na báze dreva podrobený výpočtu na stanovenie jeho mechanickej odolnosti v požadovanom čase požiarnej odolnosti.

## Mechanické zaťaženie pri účinkoch požiaru

Nosné prvky stavby sú okrem zaťaženia od vlastnej tiaže namáhané vždy ešte minimálne jedným druhom zaťaženia (stále, náhodilé, mimoriadne a pod.). Účinok týchto zaťažení sa pri stanovovaní celkového mechanického zaťaženia má uvažovať ako pri bežnej teplote 20°C. V závislosti od mimoriadnych návrhových situácií (výbuch, náraz, požiar a pod.) sa pre overenie požiarnej odolnosti požaduje pôsobenie prídavného zaťaženia vyvolaného požiarom. Kombinácia zaťažení pre mimoriadnu návrhovú situáciu má podľa STN EN 1990 (2009) nasledovný tvar:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\psi_{1,1} \text{ alebo } \psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (4)$$

kde  $G_{k,j}$  je charakteristická hodnota stáleho zaťaženia (kN),  $P$  je príslušná reprezentatívna hodnota zaťaženia od predpätia (kN),  $A_d$  je návrhová hodnota mimoriadneho zaťaženia (kN),  $\psi_{1,1}$  je súčiniteľ pre časť hodnotu premenného zaťaženia (-),  $Q_{k,1}$  je charakteristická hodnota hlavného premenného zaťaženia (kN),  $\psi_{2,1}$  je súčiniteľ pre kvázistálu hodnotu premenného zaťaženia (-) a  $Q_{k,i}$  je charakteristická hodnota vedľajšieho premenného zaťaženia (kN).

Základným predpokladom overenia požiarnej odolnosti nosných prvkov stavby je podľa STN EN 1995-1-2 (2008) porovnanie hodnôt návrhovej hodnoty účinkov zaťaženia pri požiari  $E_{d,fi}$  (kN) a návrhovej hodnoty odolnosti prvku na účinky požiaru  $R_{d,fi}$  (kN):

$$E_{d,fi} \leq R_{d,fi} \quad (5)$$

Hodnoty účinkov zaťaženia pri požiari a odolnosti prvku voči účinkom požiaru sú reprezentované hodnotami v závislosti od typu namáhania (ohyb, tlak, ťah, krútenie a pod.)

posudzovaného prvku. Pre výpočet týchto hodnôt, t.j. normálových síl a ohybových momentov je potrebné postupovať podľa postupov uvedených v STN EN 1995-1-1 (2008).

### **Analýza požiarnej odolnosti požiarne deliacich konštrukcií**

Pravidlá uvedené v STN EN 1995-1-2 (2008) pre analýzu požiarne deliacej funkcie sa môžu použiť pre drevené rámové prvky, obklady z materiálov na báze dreva, alebo sadrokartónových dosák typu A, F a H. V prípade iných materiálov musí byť celistvosť preukázaná skúškami. Pri deliacich konštrukciách musí byť splnená požiadavka:

$$t_{ins} \leq t_{req} \quad (6)$$

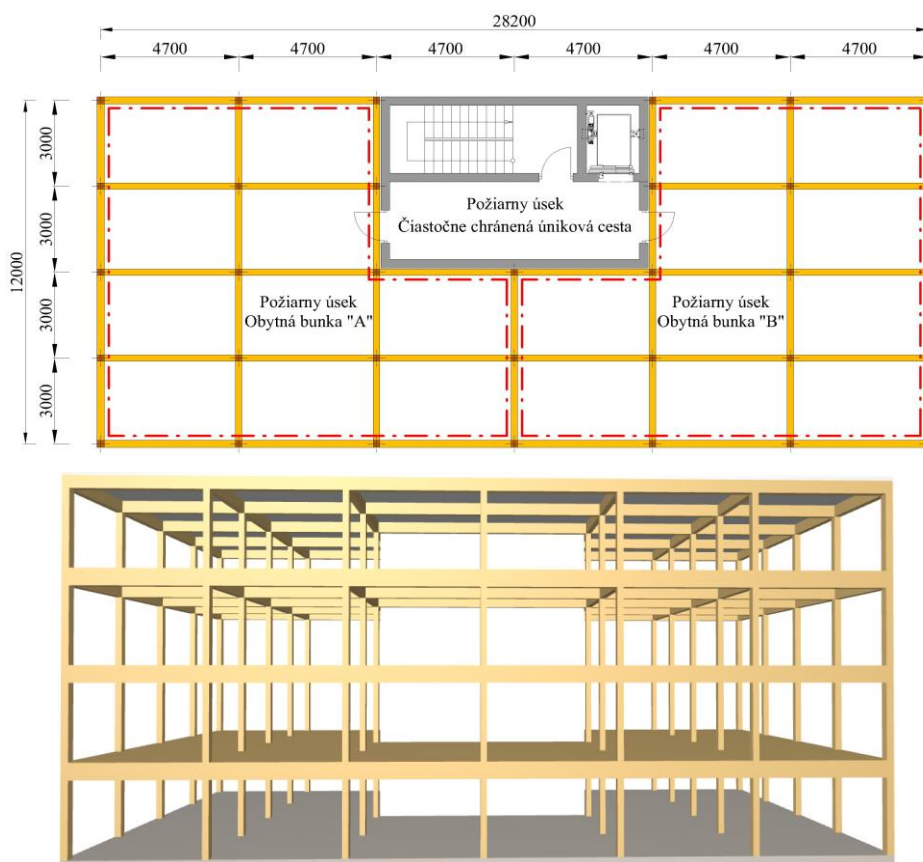
kde  $t_{ins}$  je čas potrebný na nárast teploty na strane nevystavenej požiaru a  $t_{req}$  je čas požadovanej požiarnej odolnosti pri deliacej funkcii dielca. Čas potrebný na nárast teploty na strane, ktorá nie je vystavená požiaru je vyjadrený ako súčet príspevkov jednotlivých vrstiev použitých v konštrukcii nasledovne:

$$\sum_i t_{ins,0,i} k_{pos} k_j \quad (7)$$

kde  $t_{ins,0,i}$  je základná hodnota izolácie vrstvy (min),  $k_{pos}$  je koeficient polohy a  $k_j$  je koeficient spoja.

## **EXPERIMENTÁLNA ČASŤ – OVERENIE POŽIARNEJ ODOLNOSTI**

Predmetom posúdenia a overenia hodnôt požiarnej odolnosti nosných a požiarne deliacich prvkov a konštrukcií je modelový štvorpodlažný bytový (Obr. 3).



**Obr. 3 Pôdorys typického podlažia a axonometria modelovaného bytového domu (rozmery v mm).  
Fig. 3 Plan of typical floor and axonometry in modelled residential house (dimensions in mm).**

Jedná sa o stavbu s jednoduchým pôdorysom v tvare obdĺžnika o rozmeroch  $12,0 \times 28,2$  m. Nosný systém je vertikálne (hnedá farba) tvorený drevenými stĺpmi o rozmeroch  $250 \times 250$  mm v rohoch stavby,  $220 \times 250$  mm na obvodovom plášti a  $220 \times 220$  mm v rámci vnútornej dispozície. Horizontálny nosný systém (oranžová farba) tvoria drevené trámy v rámci vnútornej dispozície a na obvodovom plášti o rozmeroch  $220 \times 450$  mm. Ako samostatný dilatačný celok je v stavbe vyčlenený komunikačný priestor (sivá farba) slúžiaci ako úniková cesta z obytných buniek na voľné priestranstvo.

Podľa VYHLÁŠKY MINISTERSTVA VNÚTRA SR Č. 94/2004 V ZNENÍ NESKORŠÍCH PREDPISOV sa jedná o stavbu na bývanie skupiny B, nakoľko obsahuje viac ako 2 obytné bunky. Pre účely overenia požiarnej odolnosti jednotlivých prvkov je potrebné zadefinovať stupne požiarnej bezpečnosti požiarneho úseku stavby. Vzhľadom k tomu, že stavba obsahuje viac ako 3 nadzemné podlažia sú podľa STN 92 0201-2 (2007) požiarne úseky obytných buniek zaradené do II. stupňa požiarnej bezpečnosti. Nosné a požiarne deliace konštrukcie v tomto stupni požiarnej bezpečnosti musia spĺňať požiadavku požiarnej odolnosti na úrovni ( $t_{req}$ ) 45 minút. Posudzovanými drevenými prvkami pre overenie požiarnej odolnosti sú:

- stĺp umiestnený na obvodovom plášti stavby – posúdenie na vzperný tlak,
- stĺp umiestnený v centre dispozície – posúdenie na vzperný tlak,
- trám umiestnený v centre dispozície v dĺžke dvoch polí – posúdenie na ohyb,
- nenosná požiarne deliaca konštrukcia umiestnená medzi obytnými bunkami.

Zvolené prvky sú z hľadiska prenosu zaťaženia a účinkov požiaru vystavené najnepriaznivejšiemu stavu. Z tohto dôvodu je možné predpokladať, že ak zvolené prvky vyhovujú overeniu požiarnej odolnosti na požadovanej úrovni 45 minút, ostatné prvky stavby tejto požiadavke rovnako vyhovujú. Overenie požiarnej odolnosti je realizované pre nosné prvky, ktoré sú nechránené voči účinkom požiaru.

### Mechanické zaťaženie pri účinkoch požiaru – návrhová situácia

Celková úroveň mechanického zaťaženia vychádza pri účinkoch požiaru zo súčtu jednotlivých druhov zaťažení s prenasobením príslušnými súčiniteľmi podľa (4). Pri overení požiarnej odolnosti jednotlivých prvkov sa uvažuje s nasledujúcimi druhmi zaťaženia:

- vlastná tiaž prvkov,
- stále zaťaženie:
  - tiaž podlahovej konštrukcie,
  - tiaž obvodového plášťa,
  - tiaž priečok,
- premenné zaťaženie:
  - hlavné premenné zaťaženie – úžitkové zaťaženie,
  - vedľajšie premenné zaťaženie – účinky snehu a vetra,
- zaťaženie od predpätie – neuvažuje sa,
- mimoriadne zaťaženie – neuvažuje sa.

Návrhové účinky zaťaženia podľa (4) pre vybrané nosné drevené prvky z rasteného dreva sú uvedené v Tab. 1.

**Tab. 1 Návrhový účinok zaťaženia na vybrané prvky.**

**Tab. 1 Design effect of load on selected elements.**

Parameter	Stĺp na obvodom plášti	Stĺp v centre dispozície	Trám v centre dispozície
Mechanické zaťaženie pri požiari	$E_{fi,d,1}$ [kN·m <sup>-2</sup> ]	$E_{fi,d,2}$ [kN·m <sup>-2</sup> ]	$E_{fi,d,3}$ [kN·m <sup>-2</sup> ]
	16,670	16,396	4,733
Statické využitie prvku pri účinku zaťaženia	37 %	71 %	89 %

Základným predpokladom pri návrhu nosných prvkov stavby na báze dreva je dosiahnutie čo najvyššej miery využitia prierezu. Za efektívne navrhnutý sa pritom považuje prierez s využitím na úrovni minimálne 70%. Dôvodom nízkeho využitia stĺpa umiestneného na obvodovom plášti stavby je potreba vytvorenia dostatočnej hrúbky obvodového plášťa. V rámci tejto hrúbky je potrebné zamedziť vzniku tepelných mostov cez drevené prvky a zároveň vyplniť priestor medzi týmito prvkami tepelnoizolačným materiálom. Okrem toho stĺpy na obvodovom plášti spoločne so stĺpmi umiestnenými v rohoch stavby plnia okrem nosnej aj funkciu zabezpečenia stability stavby.

**Tab. 2 Parametre vyjadrujúce odolnosť dreva pri požiari.**  
**Tab. 2 Parameters expressing the resistance of timber in fire.**

Parameter	Stĺp na obvodom plášti	Stĺp v centre dispozície	Trám v centre dispozície
Pôvodné rozmery prvku (b x h)	220 × 250 mm	220 × 220 mm	220 × 450 mm
Rozmery po zuhoľnatení ( $b_{ef}$ x $h_{ef}$ )	143 × 173 mm	143 × 143 mm	143 × 373 mm
Teoretická rýchlosť uhoľnatenia ( $\beta_n$ )	0,70 mm·min <sup>-1</sup>		
Návrhová pevnosť dreva ( $f_{c,ok}$ ; $f_{mk}$ )	24,00 N·mm <sup>-2</sup>		
Trieda pevnosti dreva	GL 24h		
Maximálny silový účinok ( $N_{d,fi}$ , $M_{d,fi}$ )	94,20 kN	287,70 kN	38,90 kN·m <sup>-1</sup>
Normálové napätia pri požiari ( $\sigma_{d,fi}$ )	3,81 N·mm <sup>-2</sup>	14,09 N·mm <sup>-2</sup>	11,73 N·mm <sup>-2</sup>
Odolnosť dreva pri požiari ( $f_{m,d,fi}$ ; $f_{c,0,d,fi}$ )	20,42 N·mm <sup>-2</sup>	16,01 N·mm <sup>-2</sup>	27,60 N·mm <sup>-2</sup>
Požadovaná požiarne odolnosť ( $t_{req}$ )	45 minút		
Skutočná požiarne odolnosť ( $t_{skut}$ )	87 minút	49 minút	75 minút

Pri overení požiarnej odolnosti sa u všetkých prvkov uvažuje obhorievanie prierezu zo všetkých štyroch strán. Účinné rozmery prierezu stanovené podľa (3) a parametre potrebné k vyjadreniu odolnosti dreva jednotlivých prvkov pri požiari sú uvedené v Tab. 2. Skutočné hodnoty požiarnej odolnosti dosiahnuté výpočtom podľa európskych noriem prevyšujú požiadavku požadovanej požiarnej odolnosti, čím je vo všetkých posudzovaných prípadoch dosiahnuté kritérium nosnosti a stability ( $R$ ), bez použitia požiarne ochranných materiálov.

### Požiarne odolnosť požiarne deliacich konštrukcií - návrhová situácia

Nemenej významným prvkom zamedzujúcim prenos požiaru medzi požiarne deliacimi konštrukciami sú požiarne deliace konštrukcie bez nosnej funkcie. Výsledná hodnota požiarnej odolnosti závisí od charakteru, hustoty a hrúbky jednotlivých izolačných panelov. Výpočet požiarnej odolnosti deliacej konštrukcie prostredníctvom zjednodušenej metódy na analýzu izolácie je možné použiť na overenie času požiarnej odolnosti do 60 minút. Overenie požiarnej odolnosti požiarne deliacej konštrukcie je aplikované na deliacu konštrukciu na rozhraní požiarne deliacich úsekov obytných buniek (Obr. 3). Parametre potrebné k vyjadreniu nárastu teploty na strane nevystavenej požiaru sú uvedené v Tab. 3.

**Tab. 3 Parametre vyjadrujúce čas na nárast teploty na strane nevystavenej požiaru.**  
**Tab. 3 Parameters expressing the growth of temperature on unexposed side of fire.**

Materiál vrstvy	Hrúbka $h_p$ [mm]	Hustota $\zeta$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Koeficient izolač. mater. dutín $k_{dens}$ [-]	Koeficient polohy $k_{pos}$ [-]	Hodnota izolácie $t_{ins,0}$ [min]
Drevený obklad	15,00	470,00	-	0,70	7,50
OSB 2 doska	15,00	580,00	-	0,60	7,50
Akustická izolácia – minerálne vlákna	80,00	30,00	1,00	1,00	16,00
Vzduchová medzera	60,00	Nezohľadňuje sa			0,00
OSB 2 doska	15,00	580,00	-	1,00	7,50
Drevený obklad	15,00	470,00	-	0,70	7,50
Čas potrebný na nárast teploty na strane nevystavenej požiaru $\sum t_{ins}$ [min]					46,00

Porovnaním hodnôt času požadovanej požiarnej odolnosti ( $t_{req}$ ) a času potrebného na nárast teploty na strane nevystavenej požiaru ( $\sum t_{ins}$ ) je preukázané, že na strane, ktorá nie je vystavená požiaru v čase požadovanej požiarnej odolnosti nedôjde k nárastu teploty (140 K) nad limitnú hodnotu, čím konštrukcia spĺňa kritéria celistvosti ( $E$ ) a izolácie ( $I$ ).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Súčasnú európske normy umožňujú pomerne presne stanoviť správanie sa, rýchlosť a stupeň poškodenia drevených konštrukcií účinkami požiaru KUČERA *et al.* (2012). Vykonanou numerickou analýzou požiarnej odolnosti nosných prvkov a požiarne deliacich konštrukcií na báze dreva je možné konštatovať, že za daných podmienok posudzované drevené prvky disponujú požiarou odolnosťou jednotlivo od 46 po 87 minút. Tieto hodnoty však nezohľadňujú vplyv spojovacích prvkov, s ktorými v rámci tejto analýzy nebolo uvažované.

Požiarne odolnosť drevených prvkov a konštrukcií nie je výlučne závislá na použití požiarne ochranných materiálov, či náterov. Drevo ako stavebný materiál okrem toho, že dokáže odolávať účinkom požiaru, je aj vhodným prvkom do kombinácie s inými stavebnými materiálmi, napr. s betónom, či slamenými balíkmi. Vzájomná kombinácia dreva s inými stavebnými materiálmi prináša okrem napr. zabezpečenia tuhosti, či zlepšenia tepelno-technických parametrov, aj navýšenie hodnôt požiarnej odolnosti MEENA *et al.* (2013), GARAS *et al.* (2009).

Napriek dosiahnutej požiarnej odolnosti a ďalším možnostiam jej zvyšovania, je ale uplatnenie drevených prvkov limitované znením platných predpisov v oblasti ochrany pred požiarom na Slovensku. Tie pripúšťajú realizáciu stavieb s nosným systémom na báze dreva pre stavby na bývanie len do úrovne dvoch nadzemných podlaží. Podľa ÖSTMAN (2002) sa do roku 2020 v krajinách Európy, ktoré v súčasnosti obmedzujú použitie stavieb s nosným systémom na báze dreva do dvoch (napr. Slovenská republika, Maďarsko, Portugalsko), resp. štyroch (napr. Česká republika, Poľsko, Rumunsko) nadzemných podlaží očakáva navýšenie dovolenej úrovne na päť a viac nadzemných podlaží. ÖSTMAN (2002) ďalej uvádza, že zvýšené povedomie navrhovania drevených konštrukcií z hľadiska požiarnej bezpečnosti, v kombinácii so systémami aktívnej požiarnej ochrany bolo dôvodom, prečo niektoré krajiny Európy úpravou svojich predpisov umožnili zvýšené použitie drevených konštrukcií. Obdobný proces, postavený na systémovom a prípadovými štúdiami overenom základe by sa pre rozvoj stavebníctva v tejto oblasti mal uskutočniť aj na Slovensku.

## ZÁVER

Článok bol zameraný na numerickú analýzu overenia požiarnej odolnosti prvkov a konštrukcií skeletovej sústavy modelovaného štvorpodlažného bytového domu. Posudzovanými prvkami boli nosné prvky sústavy, t.j. stĺpy, trámy a nenosné požiarne deliace konštrukcie. Vplyv požiarnej odolnosti spojovacích prvkov nebol v rámci tejto analýzy braný do úvahy. Všetky posudzované prvky stavby vyhovel požiadavke platných predpisov na požadovaný čas požiarnej odolnosti, ktorý bol pre tento typ stavby stanovený na 45 minút.

Požiarne odolnosť konštrukcií je spolu s triedou reakcie na oheň stavebných výrobkov dôležitým faktorom pri návrhu stavieb a stavebných konštrukcií z hľadiska požiarnej bezpečnosti. Vzhľadom k dosahu týchto parametrov v rámci jednotlivých oblastí



riešenia požiarnej bezpečnosti na Slovensku, je ich vzájomná interakcia jedným z kľúčových faktorov navrhovania a realizácie stavieb s konštrukčným systémom na báze dreva. Pre ich širšie uplatnenie v praxi je nevyhnutná úprava znenia platných predpisov požiarnej bezpečnosti, ktoré obmedzujú väčšiu podlažnosť tohto typu stavieb. Táto úprava by nemala znamenať zníženie úrovne požiarnej bezpečnosti, ale umožniť realizáciu stavieb s týmto konštrukčným systémom vo zvýšenej miere, ako je tomu v súčasnosti.

## LITERATÚRA

- ČESELSKÁ, T. 2014. Evaluation of Fire Resistance of Historical Structures. *Advanced material research*. 1057: 155–162.
- GARAS, G. *et al.* 2009. Straw Bale Fire Test on Cement Plaster Mixes. *WIT Transaction on the Built Environment*. 108: 51–59. 2009. ISSN 17433509.
- GUY, L. 2005 Multi-storey Timber Frame Construction, In *The Structural Engineer*, 6. september 2005, s. 26–31.
- CHROMEK, I. *et al.* 2010. Ochrana materiálov na báze dreva pred ohňom gélovými prípravkami. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*. 52(1): 81–90. ISSN 1336-3824.
- KÖNIG, J. 2005. Structural Fire Design According to Eurocode 5 - Design Rules and Their Background. *Fire and Materials*. 29(3): 147–163. ISSN 1099-1018.
- KUČERA, P. *et al.* 2012. Overenie spoľahlivosti prvkov drevenej konštrukcie vystavenej veľkorozmerovej požiarnej skúške. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*. 54(1): 95–104. ISSN 1336-3824.
- LENNON, T. *et al.* 2000. The Fire Resistance of Medium-rise Timber Frame building. In: *World Conference on Timber Engineering*. British Columbia : University of British Columbia, August 2000, section 4.5.4.
- Meena, R. *et al.* 2013. Experimental and Numerical Investigations of Fire Resistance of Novel Timber-Concrete-Composite Decks. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 28, ISSN 1943-5509.
- OSVALD, A. *et al.* 2012. Modelový požiar dvojpodlažnej drevostavby. *Materiály pro stavbu*. 18(7): 50–53. ISSN 1213-0311.
- ÖSTMAN, B.; RYDHOLM, D. 2002. National Fire Regulations in Relation to the Use of Wood in European and Some Other Countries, Trätekt, Swedish Institute for Wood Technology Research, Publication 0212044.
- ÖSTMAN, B.; MIKKOLA, E. 2006. European Classes for the Reaction to Fire Performance of Wood Products. *European Journal of Wood and Wood Products*. 64(4): 327–337. ISSN 00183768.
- Smernica 89/106/EHS z 21. decembra 1989, o zblížovaní právnych a správnych predpisov členských štátov týkajúcich sa stavebných výrobkov.
- Smernica európskeho parlamentu a rady 2010/31/EÚ z 19. mája 2010, o energetickej hospodárnosti budov.
- STN 92 0201-2: 2007. Požiarna bezpečnosť stavieb. Spoločné ustanovenia. Časť 2: Stavebné konštrukcie.
- STN EN 13501-1-NA.9: 2007. Klasifikácia požiarnych charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň.
- STN EN 1990: 2009. Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií.
- STN EN 1991-1-2: 2007. Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženia konštrukcií namáhaných požiarom.
- STN EN 1995-1-1: 2008. Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecne – Všeobecné pravidlá a pravidlá pre budovy.
- STN EN 1995-1-2: 2008. Navrhovanie drevených konštrukcií. Časť 1-2: Všeobecné pravidlá – Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.
- Tlačová správa Zväzu spracovateľov dreva Slovenskej republiky z 3. septembra 2014, Zvolen, dostupné na <[www.zsdsr.sk/content/file/tlacova-sprava---dni-drevostavieb-2014.doc](http://www.zsdsr.sk/content/file/tlacova-sprava---dni-drevostavieb-2014.doc)>.

Vyhláška č. 94/2004 Zb., Ministerstva vnútra Slovenskej republiky, z 12. februára 2004, ktorou sa ustanovujú požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a pri užívaní stavieb, v znení neskorších predpisov.

### **PodĎakovanie**

Tento príspevok vznikol s podporou grantového projektu 1/0835/14 „Experimentálny výskum fyzikálnych vlastností fragmentov a konštrukčných detailov obvodových plášťov budov v nestacionárnych tepelno-vlhkostných podmienkach“.

### **Adresa autorov**

Ing. Róbert Leško  
Technická univerzita Košice  
Stavebná fakulta  
Vysokoškolská 4  
Ústav pozemného stavitel'stva  
Slovenská republika  
robert.lesko@tuke.sk

Doc. Ing. Martin Lopušniak, PhD.  
Technická univerzita Košice  
Stavebná fakulta  
Vysokoškolská 4  
Ústav pozemného stavitel'stva  
Slovenská republika  
martin.lopusniak@tuke.sk