

## VPLYV SÁLAVÉHO ZDROJA TEPLA NA VYBRANÉ DRUHY POLYURETÁNOVÝCH PIEN

MIRIAMA ŠULEKOVÁ<sup>1</sup>, DANICA KAČÍKOVÁ<sup>2</sup>

**Abstract** — Polyurethane foams are polymeric materials, and their use is relatively wide. Most often they are used as filling in upholstered furniture and mattresses. Their burning leads to releasing of a huge amount of toxic combustion gases, which result in many fatal fires. Therefore, the research and development of these materials in terms of fire protection is extremely important. In the paper we focused on four types of polyurethane foams: two standard types with different density (N 3038, N 4050), highly elastic type (R 4036) and retarded polyurethane foam (FF 5740). Selected types of PUR foams were tested using nonstandard method: the radiant heat, where infrared emitter was used as the heat source. During the testing we did not record flame burning of samples in either case. The temperatures on the surface of the samples reached 300 °C while producing smoke. Results can be used not only in the scientific field for determining fire-technical characteristics of polyurethane foams, but also in practice, for example as a basis for the creation of standards dealing with the influence of the radiant heat source for polyurethane foam.

**Keywords** — polyurethane foams; keyword 2; radiant heat source; loss mass

**Abstrakt** — Polyuretánové peny patria medzi polymérne materiály, ktorých využitie je pomerne široké. Najčastejšie tvoria výplň čalúneného nábytku a matracov. Pri ich horení dochádza k množstvu toxických splodín horenia, ktoré majú za následok množstvo smrteľných požiarov. Z tohto dôvodu je dôležitý výskum a vývoj týchto materiálov z hľadiska protipožiarnej ochrany. V práci sme sa zamerali na štyri druhy polyuretánových pien: dva typy štandardné s rôznou hustotou (N 3038, N 4050), vysokoelastický typ (R 4036) a typ s retardačnou úpravou (FF 5740). Vybrané druhy PUR pien sme testovali nenormovanou metódou sálavého zdroja tepla, kde zdrojom tepla bol infračervený žiarič. Pri meraní nedošlo k plameňovému horeniu vzoriek ani v jednom prípade testovania.

Teploty na povrchu vzoriek dosahovali hodnoty až 300 °C za vzniku dymu. Získané výsledky je možné využiť nielen vo vedeckej oblasti, na stanovenie požiaro - technických charakteristík polyuretánových pien, ale aj v praxi napr. ako podklad pre tvorbu normy zaoberajúcej sa vplyvom sálavého zdroja tepla na polyuretánové peny.

**Kľúčové slová** — polyuretánové peny; sálavý zdroj tepla; úbytok na hmotnosti

### Úvod

Polyuretánové peny sú makromolekulové látky, ktoré sa využívajú ako výplňový materiál v sedacom nábytku a matracoch, ako aj v automobilovom priemysle, stavebnom priemysle, zdravotníctve, obalovej technike a pod.

V čalúnnickom priemysle PUR patria medzi desať objemom výroby najväčších typov polymérov, ktoré majú poskytovať pohodlie, podporu, ochranu a bezpečnosť. Charakterizuje ich nízka hmotnosť, odolnosť, vysoká odolnosť voči plesniam a široká využiteľnosť [2].

Polyuretánové peny bez retardačnej úpravy sú vysoko horľavé, v prípade ich zapálenia sa očakáva, že významne prispievajú k šíreniu a nárastu požiarov. Lôžkoviny a čalúnený nábytok sú prvou položkou zapálenia v približne 19 % smrteľných požiarov [1].

Termická degradácia je chemický rozklad materiálu za pôsobenia tepla, môže k nej dôjsť pri plameňovom aj bezplameňovom horení, je sprevádzaný vznikom toxických splodín horenia, ktoré sú najčastejšou príčinou úmrtí pri bytových požiaroch [4].

V súčasnosti na Slovensku neexistuje norma, ktorá by riešila problematiku zapálenia čalúnnických materiálov od sálavého zdroja tepla.

Cieľom našej práce bolo zistiť vplyv vzdialenosti sálavého zdroja tepla na vzorky polyuretánových pien.

<sup>1</sup> Ing. Miriama Šuleková, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny, T.G.Masaryka 20, 960 53 Zvolen, e-mail: miriama.sulekova@tuzvo.sk

<sup>2</sup> prof. RNDr. Danica Kačíková, PhD., Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: kacikova@tuzvo.sk

## 1. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

**Materiál:** štyri druhy polyuretánových pien, viď. tab. 1., obr. 1.

**Rozmery vzoriek:** 19 cm x 9 m x 3,2 m (dĺžka, šírka, hrúbka).

**Meracie zariadenie:** zariadenie pozostávajúce z váh (Sartorius Basicplus typ BDBC 200 od firmy Sartorius AG), stojana, nosného rámu, zdroja sálavého tepla (tepelný infračervený žiarič T – 5 od firmy Elektro Prag o výkone 1000 W), držiaka na skúšobné vzorky, meracieho prístroja (Almemo 2290-, ku ktorému bol pripojený termočlánok NiCr-Ni pomocou konektorov ZA 9020) a svoriek na pripevnenie skúšobných vzoriek, viď. obr. 2.

**Metodika:** Testované vzorky sme odvážili, umiestnili na ich povrch termočlánok a uložili pod žiarič, pričom v prvom prípade bola vzdialenosť od povrchu žiariča 10 cm. Súčasne sa začal merať čas a teplota v závislosti na čase na termočlánku umiestnenom vo vzorke. Rovnako sa postupovalo aj pre vzdialenosť 15 cm od žiariča. Vzorky boli vystavené sálavému teplu po dobu 300 sekúnd, testovanie každého typu PUR peny sa opakovalo päť krát.

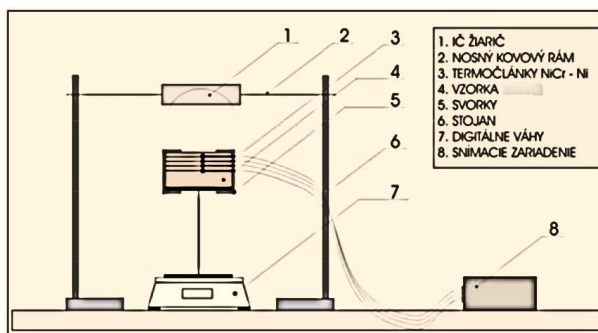
**Orientácia vzoriek:** horizontálna.

Tab. 1.: Testované druhy PUR pien

Druh PUR peny	Označenie vzorky	Hustota (kg/m <sup>3</sup> )	Tvrdosť (40 %)	Poznámka
normál	N 3038	30	3,8	štandardná
normál	N 4050	40	5,0	štandardná
vysoko elastická	R 4036	40	3,6	studená, pružná
komfortná	FF 5740	57	4,0	s nehorľavou úpravou



Obr. 1.: Vzorky PUR pien



Obr. 2.: Schéma meracieho zariadenia [5]

Relatívny úbytok hmotnosti  $\delta_r(t)$  sa vypočíta podľa vzťahu (1).

$$\delta_r(t) = \frac{\Delta m}{m(t)} \cdot 100 = \frac{m(t) - m(t + \Delta t)}{m(t)} \quad (1)$$

Kde:

$\delta_r(t)$  - relatívny úbytok hmotnosti v čase  $(t)$  (%),

$m$  - hmotnosť vzorky v čase  $(t)$  (g),

$m(t + \Delta t)$  - hmotnosť vzorky v čase  $(t + \Delta t)$  (g),

$\Delta m$  - rozdiel hmotnosti (g).

Podľa vzťahu (2) sa vypočíta absolútny úbytok na hmotnosti  $\delta_a$  [5].

$$\delta_a = m(t) - m(t + \Delta t) \quad (2)$$

Kde:

$\delta_a$  - absolútny úbytok na hmotnosti (g),

$m(t)$  - hmotnosť telesa v čase  $(t)$  (g),

$m(t + \Delta t)$  - hmotnosť telesa v čase  $(t + \Delta t)$  (g),

$\Delta m$  - časový interval, v ktorom sa odčítavajú hmotnosti (s).

## 2. VÝSLEDKY A DISKUSIA

### 2.1 Úbytok na hmotnosti

Porovnanie relatívnych úbytkov na hmotnosti máme znázornené v tabuľke 2, kde najnižší priemerný relatívny úbytok na hmotnosti pri vzdialenosti 10 cm dosiahla vzorka štandardnej polyuretánovej peny s vyššou hustotou N 4050, najvyšší vzorka štandardnej PUR peny s nižšou hustotou N 3038. Pri vzdialenosti 15 cm najnižší priemerný relatívny úbytok na hmotnosti dosiahli vzorky N 3038 a R 4036, najvyšší vzorka FF 5740.

Tab. 2.: Priemerný relatívny úbytok na hmotnosti  $\delta_r(t)$

Vzdialenosť vzoriek od sálavého zdroja tepla (cm)	Priemer relatívneho úbytku na hmotnosti vzoriek PUR pien (%)			
	N 3038	N 4050	R 4036	FF 5740
10	15,10	6,60	9,02	6,80
15	0,89	1,28	0,89	1,84

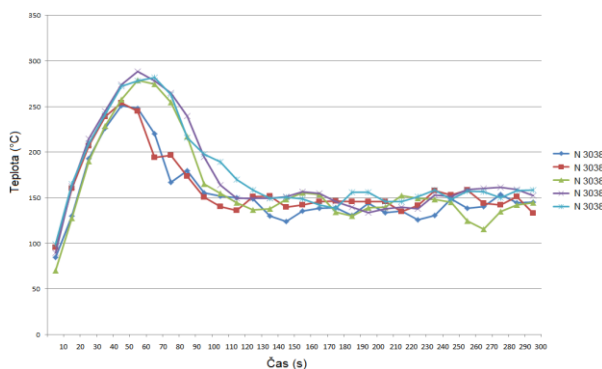
Priemerné absolútne úbytky na hmotnosti máme porovnané v tab. 3, kde môžeme vidieť, že pri vzdialenosti 10 cm sálavého zdroja tepla od vzoriek dosiahla najnižší absolútny úbytok na hmotnosti vzorka štandardnej PUR peny N 4050, čo predstavovalo 1,53 g. Naopak, najvyšší vzorka štandardnej PUR peny N 3038 s hodnotou 2,32 g.

Tab. 3.: Priemerný absolútny úbytok na hmotnosti  $\delta_a$

Vzdialenosť vzoriek od sálavého zdroja tepla (cm)	Priemer relatívneho úbytku na hmotnosti vzoriek PUR pien (g)			
	N 3038	N 4050	R 4036	FF 5740
10	2,32	1,53	2,04	2,03
15	0,14	0,30	0,20	0,55

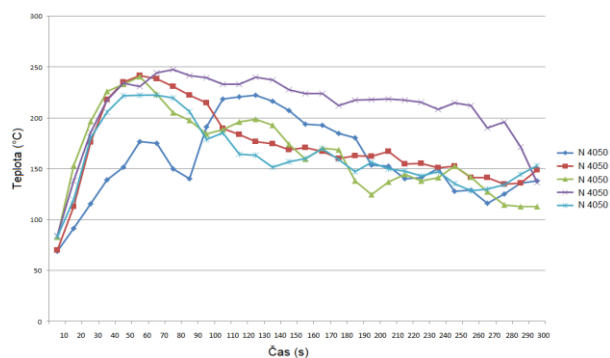
## 2.2 Vývoj teplôt na povrchu jednotlivých vzoriek po dobu 300 s vo vzdialenosti 10 cm od žiariča

Na obr. 3 máme znázornený teplotný vývoj vzorky N 3038 pri piatich opakovaníach. Vývoj krivky je vo všetkých prípadoch porovnateľný, až na dve vzorky, pri ktorých sme zaznamenali nižšie maximálne teploty.



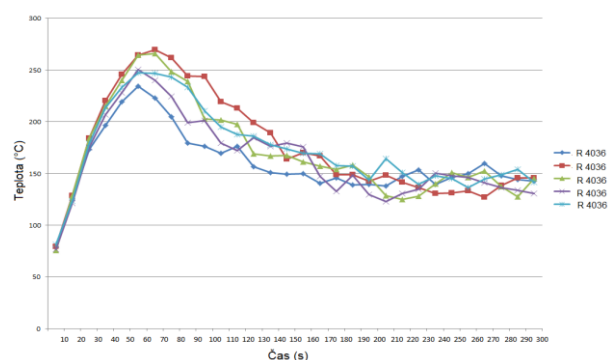
Obr. 1.: Vývoj teploty vzoriek N 3038 (10 cm)

Na obr. 4 máme znázornený teplotný vývoj vzorky N 4050 pri piatich opakovaníach. Vývoj krivky je v troch prípadoch porovnateľný, až na dve vzorky. Táto odchýlka môže byť spôsobená nepresnosťou v meraní.



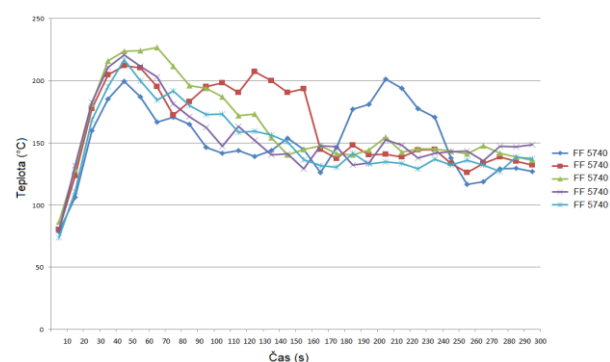
Obr. 2.: Vývoj teploty vzoriek N 4050 (10 cm)

Na obr. 5 máme znázornený teplotný vývoj vzorky R 4036 pri piatich opakovaníach. Vývoj krivky je vo všetkých prípadoch porovnateľný.



Obr. 3.: Vývoj teploty vzoriek R 4036 (10 cm)

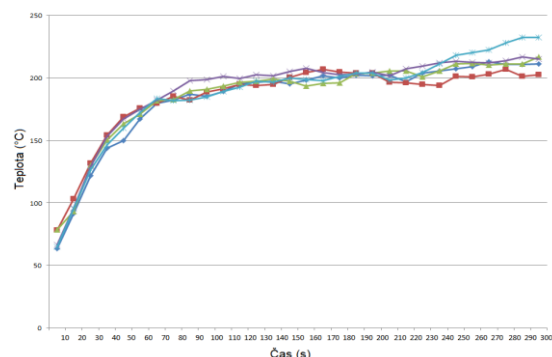
Na obr. 6 máme znázornený teplotný vývoj vzorky FF 5740 pri piatich opakovaníach. Testovaná vzorka dosiahla najnižšiu teplotu na povrchu spomedzi všetkých testovaných vzoriek. Vývoj krivky je v troch prípadoch porovnateľný, avšak pri dvoch vzorkách vidíme dvojstupňový rozklad, čo je typickým znakom polymérnych materiálov.



Obr. 4.: Vývoj teploty vzoriek FF 5740 (10 cm)

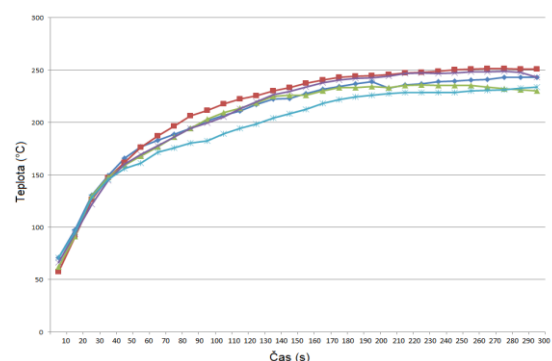
### 2.3 Vývoj teplôt na povrchu jednotlivých vzoriek po dobu 300 s vo vzdialenosti 15 cm od žiariča

Na obr. 7 vidíme teplotný vývoj vzorky N 3038, kde môžeme skonštatovať takmer identické správanie sa pri všetkých piatich opakovaníach.



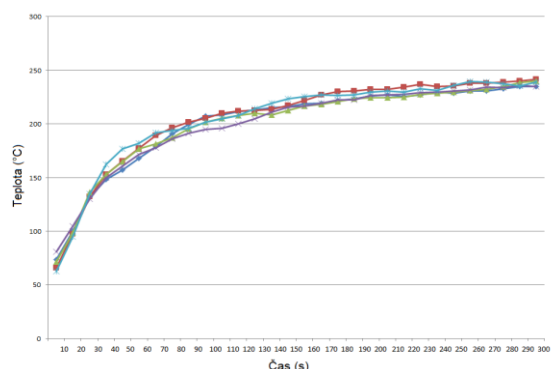
Obr. 5.: Vývoj teploty vzoriek N 3038 (15 cm)

Na obr. 8 vidíme teplotný vývoj vzorky N 4050, kde môžeme skonštatovať takmer identické správanie sa pri všetkých piatich opakovaníach.



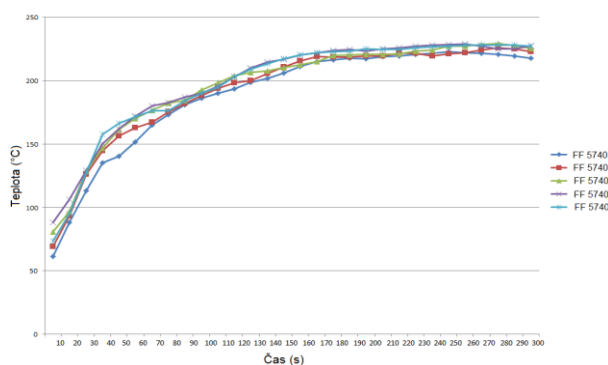
Obr. 6.: Vývoj teploty vzoriek N 4050 (15 cm)

Na obr. 9 vidíme teplotný vývoj vzorky R 4036, kde môžeme skonštatovať takmer identické správanie sa pri všetkých piatich opakovaníach.



Obr. 7.: Vývoj teploty vzoriek R 4036 (15 cm)

Na obr. 10 vidíme teplotný vývoj vzorky FF 5740, kde môžeme skonštatovať takmer identické správanie sa pri všetkých piatich opakovaníach.



Obr. 8.: Vývoj teploty vzoriek FF 5740 (15 cm)

Na obr. 11 máme znázornené všetky štyri testované vzorky, na prvom obrázku vidíme vzorky po meraní vo vzdialenosti 10 cm od žiariča, na druhom máme zobrazené vzorky po meraní pri vzdialenosti 15 cm od žiariča.

Ako je vidieť z týchto obrázkov, vzorky sa vplyvom tepla topia a menia na mazľavú tekutinu podobnú fermeži.

Ani v jednom prípade nedošlo k zapáleniu vzoriek, vzorky nám počas testovania dymili.

V prípade vzdialenosti 15 cm nebol vplyv žiariča na vzorky až taký výrazný ako pri vzdialenosti 10 cm.



Obr. 11.: Porovnanie vzoriek

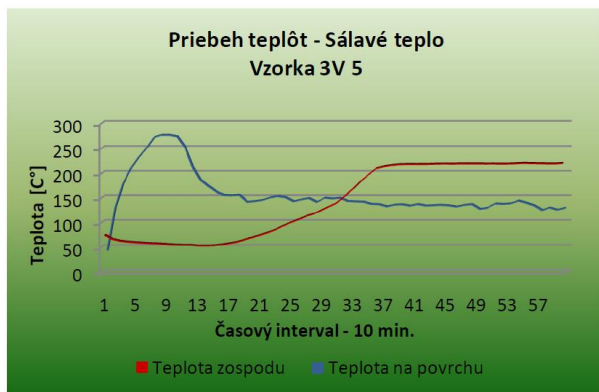
Gaffová (2010) [3] sa v práci zamerala na vplyv pôsobenia sálavého zdroja tepla na skladbu čalúneného nábytku zloženú z troch materiálov: potahový materiál, separačný materiál a výplňový materiál (polyuretánová pena). Na obr. 12 vidieť obdobný vývoj priebehu teplôt na povrchu vzorky ako pri našich testovaných vzorkách

PUR pien pri rovnakej vzdialenosti od sálavého zdroja tepla (10 cm).

Podmienky testovania: vzdialenosť vzorky od žiariča 10 cm.

Výkon infračerveného žiariča: 750 W.

Rozmery vzoriek: 13 x 19 cm.



Obr. 9.: Pribeh teplôt na povrchu a zospodu vzorky [3]

## ZÁVER

V súčasnosti na Slovensku neexistuje norma, ktorá by riešila problematiku zapálenia čalúnnických materiálov od sálavého zdroja tepla. Výsledky z našich meraní je možné použiť ako podklad pre tvorbu normy zaoberajúcej sa pôsobením sálavého zdroja tepla na polyuretánové peny, čo môžeme považovať za prínos pre prax. Pomocou tejto testovacej metódy je možné stanoviť tzv. bezpečnú vzdialenosť týchto materiálov od sálavého zdroja tepla.

Z našich nameraných výsledkov sme zistili, že vzorky pri vzdialenosti 10 cm od sálavého zdroja tepla, už v prvej minúte dosahovali maximálne teploty okolo 250 - 300 °C. Avšak ani v jednom prípade nedošlo plameňovému horeniu vzorky. V druhom prípade, pri vzdialenosti 15 cm dochádzalo k pomalej, postupnej degradácii materiálu. V čase testovania (300 s) sa vplyv žiariča na materiáli výrazne neprejavil. V budúcnosti by bolo vhodné doplniť naše výsledky ďalšími meraniami, ktoré by rozšírili naše doterajšie poznatky vzhľadom na tzv. bezpečnú vzdialenosť týchto materiálov od sálavého zdroja tepla.

## POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0057-12. 75 %.

Práca vznikla vďaka finančnej pomoci z Agentúry na podporu výskumu a vývoja v rámci projektu APVV-0744-12. 25 %.

## ZOZNAM LITERATÚRY

- [1] AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL. Flexible Polyurethane Foams (FPFs) Used in Upholstered Furniture and Bedding [online]. 2008, [cit 2016-09-03], Dostupné na internete: <http://polyurethane.americanchemistry.com/Resources-and-Documents-Library/6936.pdf>.
- [2] BABRAUKAS, V. 2001. *Fire Behavior of Upholstered Furniture and Mattresses*. Norwich : Library of congress Catalog Card number 00-104716. Published in the USA, Norwich, 2001. 431 s. ISBN 0-8155-1457-3.
- [3] GAFFOVÁ, E. 2010. *Charakteristika vybraných čalúnnických skladieb pre potreby protipožiarnej ochrany: dizertačná práca*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2010. 79 s.
- [4] PITTS, V. M. 2014. Applied Heat Flux Distribution and Time Response Effects on Cone Calorimeter Characterization of a Commercial Flexible Polyurethane Foam. In *Fire technology in Springer US*. ISSN 1572-8099, 2014, vol. 50 issue 3 p. 635-672.
- [5] ZACHAR, M. 2009. *Vplyv ohrevu na termickú degradáciu vybraných druhov dreva*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2009. 107 s. ISBN 978-80-228-2060-8.