

# Natural Thermal Insulation Materials in Timber Building Constructions and Their Influence on Fire Resistance

## Prírodné tepelné izolácie v konštrukciách drevostavieb a ich vplyv na požiaru odolnosť

Ľudmila Tereňová<sup>1,\*</sup>, Katarína Dúbravská<sup>2</sup>, Jaroslava Štefková<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Fire Protection, Technical University in Zvolen, Faculty of Wood Sciences and Technology, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic; [ludmila.terenova@tuzvo.sk](mailto:ludmila.terenova@tuzvo.sk), [katarina.dubravska@tuzvo.sk](mailto:katarina.dubravska@tuzvo.sk)

<sup>3</sup> Institute of Foreign Languages, Technical University in Zvolen, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen, Slovak Republic; [jaroslava.stefkova@tuzvo.sk](mailto:jaroslava.stefkova@tuzvo.sk)

\* Corresponding author: [ludmila.terenova@tuzvo.sk](mailto:ludmila.terenova@tuzvo.sk)

*Original scientific paper*

*Received: October 18, 2019; Accepted: December 02, 2019; Published: December 31, 2019*

### Abstract

The paper brings the assessment of the medium-scale test of fire resistance of two samples of external wall assembly of a timber building which differed in the thermal insulation material. One thermal insulation material was hemp insulation material and the other insulation material was made of wood fibers. The fire resistance was tested using the ceramic radiant heater with the maximal output of 50.5 kW/m<sup>2</sup> and maximal temperature to reach 935°C. The experiment results suggest that the type of natural thermal insulation and its properties in construction elements of timber buildings have an impact on the fire performance in a fire and can influence the fire resistance.

**Keywords:** timber building; structural member; natural thermal insulation, fire resistance

### 1 Introduction

Nowadays, natural thermal insulation is being applied more and more frequently in the building industry. It is used most often in structural elements of timber buildings in which they act as not only thermal insulation, sound insulation and ecological function, however they can also provide a required fire-resistance function on the condition the construction (e.g. external wall) has a suitable assembly.

The paper brings the assessment of the medium-scale test of fire resistance of two samples of external wall assembly of a timber building which differed in the thermal insulation material. One thermal insulation material was hemp insulation material and the

### 1 Úvod

Prírodné tepelné izolácie majú v súčasnom stavebníctve čoraz väčšie uplatnenie. Najčastejšie sa používajú v konštrukčných prvkoch drevostavieb, v ktorých zastávajú nielen tepelnoizolačnú, zvukovoizolačnú a ekologickú funkciu, ale môžu pri vhodnej skladbe konštrukcie (napr. obvodovej steny) zároveň zabezpečovať aj požadovanú protipožiaru funkciu.

V príspevku sú vyhodnotené výsledky strednorozmerového testu požiarnej odolnosti dvoch vzoriek skladby obvodovej steny drevostavby, ktoré sa odlišovali materiálom tepelnoizolačnej vrstvy. Jedna vzorka mala konopnú tepelnú izoláciu a druhá vzorka tepelnú izoláciu z drevovlákná. Modelový test požiarnej odolnosti sa uskutočnil s použitím

other insulation material was made of wood fibers. The fire resistance model test was carried out with the radiant heat source which was provided by a ceramic radiation panel with the maximal output of 50.5 kW/m<sup>2</sup>.

Wood fiber insulation is a safe, natural and highly efficient alternative of synthetic insulation materials that are available on the market. The wood fiber insulation materials consist of 95% of wood fibers. The presence of carbon is therefore much higher than in insulation materials based on mineral fibers or foam insulation materials [1]; thermal conductivity coefficient  $\lambda = 0,040$  W/m.K. One of the variations of thermal insulation based on wood fibers is wood waste which is blown or manually poured between the individual posts in the construction by Cetiner and Shea [2].

The hemp insulation belongs among the most ecological insulation materials currently available. According to Shahzad [3], it substitutes thermal insulation of glass fibers. Except for the excellent thermal insulation and sound insulation properties, the hemp insulation is pleasant to touch, and it also smells of natural scent of hemp. It is highly vapor-permeable (diffusion-open), it provides high protection against cold in winter and prevents overheating in summer. Hemp fiber manages moisture without any degradation of its thermal and technical properties [4]. The statement is also confirmed by Kadlicová et al. [5], who state that this insulation exhibits the ability to repeatedly release the absorbed moisture and together with high permeability it maintains sound microflora of the building. However, Freivalde et al. [6] contradict this with the statement that untreated hemp used for insulation is more flammable.

## 2 Material and Methods

The main support structural elements of the external wall assemblies are wooden KVH (originally from German Konstruktionsvollholz, in English Solid Structural Timber) studs (140 x 60 mm). The sample 1 was constructed with the thermal insulation of wood fibers which were placed between the KVH studs. Sample No.1 was made with the wood fiber thermal insulation, which was placed between the studs in the cavity, behind the interior gypsum board wall. The load-bearing element (KVH studs and thermal insulation) was sided with OSB boards on both faces.

sálavého zdroja tepla, ktorým bol keramický radiačný panel s max. výkonom 50,5 kW/m<sup>2</sup>.

Drevovláknitá izolácia je bezpečná, prírodná a vysoko efektívna alternatíva namiesto syntetických izolačných materiálov dostupných na trhu. Väčšina drevovláknitých izolácií má viac ako 95 %-né zastúpenie drevovlákná. Zastúpenie uhlíka je preto omnoho výraznejšie ako u izolačných materiálov na báze minerálnych vlákien alebo penových izolácií [1]. Koeficient tepelnej vodivosti  $\lambda = 0,040$  W/m.K. Jednou z alternatív tepelnej izolácie na báze drevovlákná je aj drevný odpad (wood waste), ktorý sa podľa Cetiner a Shea [2] medzi jednotlivé hranoly v konštrukcie manuálne nasype alebo nafúka.

Konopná izolácia patrí medzi najekologickejšie izolačné materiály dnešných čias a podľa Shahzad [3] nahrádza tepelnú izoláciu zo sklenených vlákien. Okrem vynikajúcich tepelno-izolačných a zvukovo-izolačných parametrov je konopná izolácia príjemná na dotyk, vonia prírodnou arómou konope. Je vysoko paropriepustná (difúzne otvorená), zabezpečuje vysokú ochranu voči chladu v zime, ale zabráňuje aj prehrievaniu v lete. Konopné vlákno výborne reguluje vlhkosť bez toho, aby sa narušili jeho tepelno-technické vlastnosti [4]. Tento fakt potvrdzuje aj Kadlicová a kol. [5], ktorí tvrdia, že táto izolácia disponuje schopnosťou opätovného uvoľňovania absorbovanej vlhkosti a spolu s vysokou priedušnosťou zachováva zdravú mikroflóru stavby. Avšak podľa Freivalde a kol. [6], sú ale neupravené izolácie z konope horľavejšie.

## 2 Materiál a metódy

Hlavnými nosnými prvkami navrhnutých skladieb obvodovej steny sú drevené KVH hranoly (140 x 60 mm). Vzorka č.1 bola zhotovená s tepelnou izoláciou z drevovlákná, koré bolo umiestnené medzi KVH hranolmi a v inštalačnej medzere za vnútornou sadrokartónovou doskou. Nosná časť vzorky (KVH hranoly + tepelná izolácia) bola z obidvoch strán obložená OSB doskou. Z vonkajšej strany bol obklad z lisovanej drevovláknitej dosky, omietnutý fasádnou omietkou.

Vzorka č. 2 mala rovnakú skladbu, tepelná izolácia v inštalačnej medzere a medzi KVH hranolmi však bola z konopných vlákien.

exterior side was completed with pressed wood-fiber board, facade rendering.

Sample No. 2 had the identical composition and placement, however the thermal insulation was made of hemp fibers. According to the classification standard STN EN 13 501-1 + A1/Z1 [7] declared by the manufacturer, the wood fiber insulation has the reaction-to-fire classification of E and hemp insulation holds class D<sub>s1,d0</sub>.

The ceramic radiation panel is a source of heat which generates the thermal energy from the combustion of propane-butane gas. The area transmitting the radiant heat has the dimensions of 48 x 28 cm. The maximal output of the heater is 50.5 kW/m<sup>2</sup>, maximal temperature of the radiation panel is 935°C. Test samples were exposed to radiant heat at 200 mm from the radiation panel. The temperature values were recorded by the thermocouples placed on the surface and inside the sample, between the individual layers of the samples. There were 10 thermocouples placed in every test sample. The thermocouples can measure the temperature up to 1,200°C. The temperature development of the thermocouples on the test samples is illustrated in Figures 1 and 2. Temperature development on thermocouples T0, T1, T2, T7, T8, T9 merged into one curve; therefore, they are not visible in the graphs in Figures 1 and 2.

### 3 Results and Discussion

Graphical illustration of the temperature development pointed at the dissimilar behavior of the samples during the experiment. The plasterboard resisted the effects of the radiant heat longer, however the inner temperature rose more markedly at the sample No.2. This difference is caused by the fact that hemp insulation placed inside the service cavity is less resistant against thermal loading than the insulation made of pressed wood fibre placed in the sample No. 1 with the lower coefficient of thermal conductivity  $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . During the 60th minute, the temperature on the OSB surface at the test sample No.1 was 234.9°C, at sample No.2, the temperature was 325.8°C. The temperature difference of 90.9°C on the OSB surface is illustrated in the graph by thermocouple No.4. The higher thermal insulation between the KVH studs, even the KVH stud itself, were not degraded to any extent and remained entirely intact.

Drevovláknitá izolácia má v zmysle klasifikačnej normy STN EN 13 501-1 + A1/Z1 [7] výrobcom deklarovanú triedu reakcie na oheň E, konopná izolácia má triedu D<sub>s1,d0</sub>.

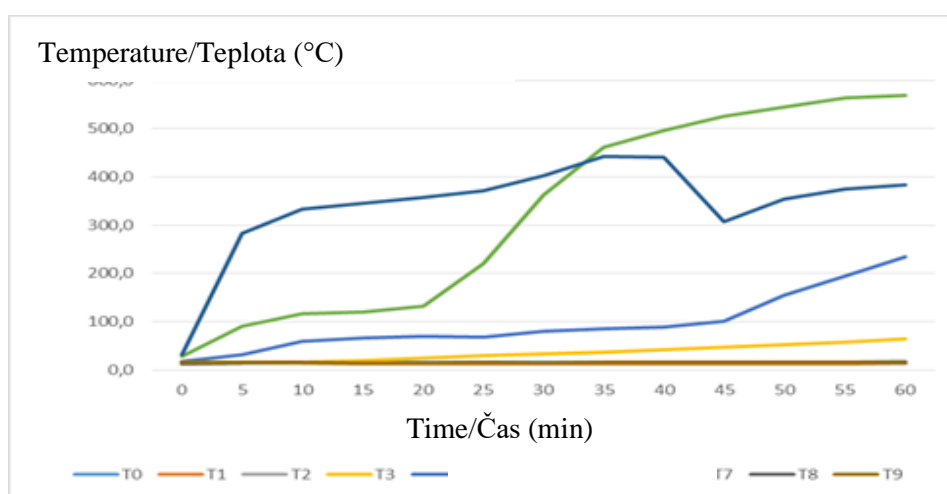
Keramický radiačný panel je zdrojom tepla, ktorý získava tepelnú energiu zo spaľovania propán-butánu. Plocha, cez ktorú odovzdáva sálavé teplo, má rozmery 48 x 28cm. Maximálny dosiahnuteľný tepelný výkon je 50,5 kW/m<sup>2</sup>, maximálna teplota radiačného panelu je 935°C. Skúšobné vzorky boli vystavené sálavému teplu zo vzdialenosti 200 mm od radiačného panelu. Hodnoty teplôt sa zaznamenávali pomocou termočlánkov rozmiestnených na povrchu aj vo vnútri, medzi jednotlivými vrstvami vzoriek. V každej vzorke bolo umiestnených 10 ks termočlánkov z NiCr, ktoré sú schopné merať teplotu až do 1200°C. Priebeh teplôt na jednotlivých termočlánoch skúšobných vzoriek je znázornený na obrázku 1 a obrázku 2. Priebehy teplôt na termočlánoch T0, T1, T2, T7, T8, T9 splynuli do jednej krivky, preto v grafoch nie sú viditeľné.

### 3 Výsledky a diskusia

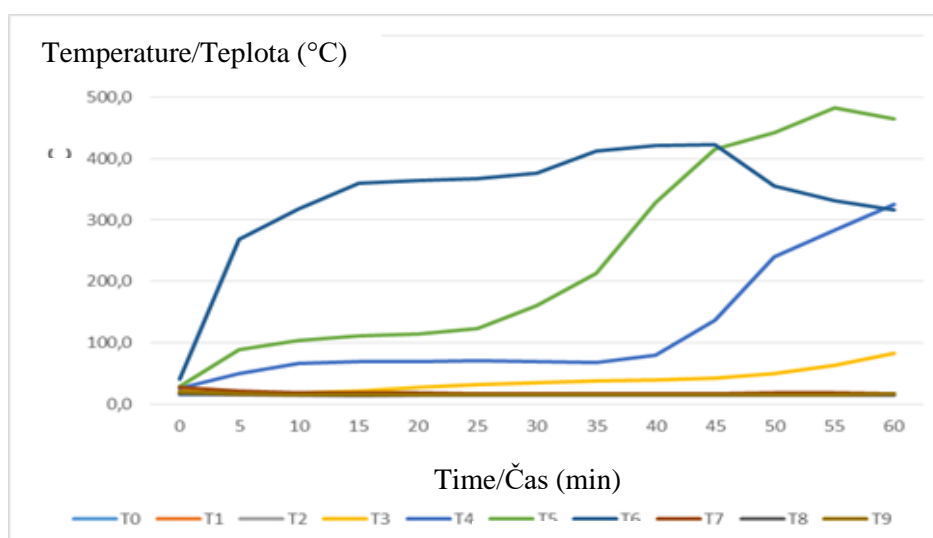
Grafické znázornenie priebehu teplôt poukázalo na odlišné správanie sa vzoriek v priebehu experimentu. Sadrokartónová doska odolávala dlhšie účinkom sálavého tepla pri vzorke č. 2, avšak vnútorná teplota stúpala výraznejšie pri vzorke č. 2. Tento rozdiel je spôsobený tým, že konopná tepelná izolácia, ktorá sa vo vzorke č. 2 nachádzala v inštaláčnej medzere, bola menej odolná voči tepelnému namáhaniu, ako tepelná izolácia z lisovanej drevovláknitej dosky v inštaláčnej medzere vzorky č. 1 s nižším koeficientom tepelnej vodivosti  $\lambda = 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ . V čase 60 minút mal povrch OSB dosky pri vzorke č. 1 teplotu 234,9 °C, pri vzorke č. 2 bola teplota 325,8 °C. Teplotný rozdiel 90,9 °C na povrchu OSB dosky v grafe znázorňuje termočlánok č. T4. Väčšie tepelné namáhanie OSB dosky pri vzorke č. 2 spôsobilo aj výraznejšie poškodenie jej povrchu. Čo je však pozitívne, že tepelná izolácia medzi KVH hranolmi, ani samotný KVH hranol neboli žiadnym spôsobom degradované a ostali vo vzorke úplne neporušené. Pri vzorke č. 1 bola v 60. minúte teplota na povrchu hranolu 64 °C a pri vzorke č. 2 bola teplota 81,8 °C. Na základe získaných

Regarding test sample No.1, the temperature on the stud more markedly at the sample No. 2. This difference is caused by the fact that hemp insulation placed inside the service cavity is less resistant against thermal loading than the surface in the 60th minute was 64°C and on test sample No.2 it was 81.8°C. The temperature of the KVH stud at the test sample No.2 began to increase more dramatically which could lead to its ignition. Based on the gained results, assumed fire resistance of the test samples can be stated uniformly including defining the construction element; that is 60 REI/D3.

výsledkov, môžeme klasifikovať predpokladanú požiaru odolnosť skúšaných vzoriek jednotne, aj s určením druhu konštrukčného prvku, a to 60 REI/D3.



**Figure 1.** The illustration of the temperature development for sample No. 1  
**Obrázok. 1** Grafický priebeh teplôt pri vzorke č. 1



**Figure 2.** The illustration of the temperature development for sample No. 2  
**Obrázok. 2** Grafický priebeh teplôt pri vzorke č. 2

#### 4 Conclusions

The experiment results suggest that the type of natural thermal insulation and its properties in construction elements of timber buildings have an impact on the fire performance in a fire and can influence the fire resistance.

#### Acknowledgments

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency under contract No. APVV-17-0005 (70 %) and by the grant agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences - VEGA project No. 1/0493/18 (30 %).

#### References / Literatúra

- [1] Steico: drevovláknitá prírodná izolácia [online]. [cit. 2019-10-10]. Available at: <https://tepore.sk/>
- [2] Cetiner, I., Shea, A. D.: Wood waste as alternative thermal insulation for buildings, *Energy & Buildings*, 2018, 168, pp. 374-384.
- [3] Shahzad, A. : A study in physical and mechanical properties of hemp fibers, *Advances in Materials Science and Engineering*, 2013, 9 p.
- [4] Nature Does It Best: Gutex Wood Fiberboard Insulation [online]. [cit. 2019-10-10]. Available at: <https://foursevenfive.com/blog/the-gutex-wood-fiber-board-primer-vapor-open-continuous-insulation-wrb/>
- [5] Kadlicová, P., Makovická Osvaldová, L., Gašpercová, S.: Environmental impacts of thermal insulation materials, *Acta Universitatis Matthiae Belli*, 2016, 18 (2), pp. 56-67.
- [6] Freivalde, L., Kukle, S., Andžs, M., Bukšāns, E., Grāvītis, J.: Flammability of raw insulation materials made of hemp, 2014, 67, pp 510-514.
- [7] STN EN 13 501-1 + A1/Z1 : 2017. Klasifikácia požiarých charakteristík stavebných výrobkov a prvkov stavieb. Časť 1: Klasifikácia využívajúca údaje zo skúšok reakcie na oheň (Konsolidovaný text)

#### 4 Záver

Výsledky experimentu poukázali na to, že druh prírodnej tepelnej izolácie a jej vlastnosti v konštrukčných prvkoch drevostavieb majú vplyv na ich správanie sa v podmienkach požiaru a môžu ovplyvniť ich požiaru odolnosť. Teplota nosného KVH hranolu pri vzorke č. 2 sa ku koncu experimentu začala intenzívnejšie zvyšovať, čo by mohlo viesť k jeho zapáleniu.

#### PodĎakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-17-0005 (70 %). Táto práca bola podporená Grantovou agentúrou MŠVVaŠ SR a SAV - VEGA č. projektu 1/0493/18 (30 %).