

## AKUSTIKA V EKOLOGICKÝCH DREVOSTAVBÁCH

Anna DANIHELOVÁ - Radovan GRACOVSKÝ - Linda MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ

## ACOUSTICS IN ECOLOGICAL WOOD CONSTRUCTION

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS '2017

### ABSTRAKT

Článok prezentuje metodiku výskumu akustických problémov v drevostavbách na báze ekologických materiálov. Jedná sa o hodnotenie konštrukcií drevostavieb, ktoré vyhoveli podmienkam na požiaru odolnosť.

**KLÚČOVÉ SLOVÁ:** materiál, požiar, akustika

### ABSTRACT

The article presents the methodology of research of acoustic problems in wood-based constructions based on ecological materials. This is an assessment of the construction of timber constructions that have met the conditions for fire resistance.

**KEY WORDS:** material, fire, acoustics

### Úvod

Vývoj stavebníctva a drevostavieb stále napreduje. Vznikajú, nové stavebné materiály, veľkoplošné materiály a s tým úzko súvisia aj inovácie existujúcich návrhov stenových konštrukcií drevostavieb. Pri návrhoch zložených konštrukčných prvkov a konštrukcií je nutné zohľadňovať mnohé faktory. Stavba musí byť energeticky úsporná, musí byť zabezpečená jej stabilita, bezpečnosť, požiaru odolnosť, ale aj akustická pohoda vo vnútorných priestoroch stavby.

Stavebný priemysel a jeho technika sú založené na tradíciách, skúsenostiach, pričom dôležitú úlohu hrá aj miestna dostupnosť materiálov. Drevo bolo v minulosti v našich podmienkach často využívané na stavbu domov. Postupne však bolo vytláčané inými materiálmi. V súčasnosti však je možné pozorovať návrat k prírodným materiálom, ku ktorým patrí rastlé drevo ako aj nové materiály na báze dreva. Drevo má totiž mnoho predností oproti iným materiálom. Jeho najväčšou prednosťou je to, že je to obnoviteľný materiál. Z technologického hľadiska je ho možné opracovávať mechanicky, tepelne, hydrotermicky, chemicky a je možné použiť aj biotechnológie. Na jeho spracovanie sa však spotrebuje niekoľkonásobne menej energie ako pri iných materiáloch (napr. tehla, oceľ, betón), pričom jeho likvidácia po skončení životnosti minimálne zaťažuje životné prostredie.

Štúdie hodnotenia životného cyklu LCA (Life-Cycle Assessment), ktoré boli uskutočnené hlavne v Európe a USA porovnávajúce drevo ako stavebný systém s inými materiálmi a stavebnými technológiami (ako je železobetón, oceľ, murivo – tehla, pórobetón) poukazujú na veľký potenciál stavebných materiálov na báze dreva. Drevo ako stavebný materiál by mohlo zvýšiť svoju konkurencieschopnosť v stavebníctve, pretože sa jedná o obnoviteľný zdroj a je to ekologicky prijateľný materiál, či už z pohľadu jeho prvotného použitia alebo aj spôsobu jeho likvidácie. Analýzy (NÄSSÉNA A KOL., 2012) potvrdzujú výsledky predchádzajúcich štúdií, že v súčasných podmienkach budovy s drevenými ráhami budú počas svojho životného cyklu emitovať menej CO<sub>2</sub> ako betónové budovy. Na konci životného cyklu sú pre drevo vytvorené rôzne perspektívy, ktoré z dreva robia obzvlášť hodnotný materiál v porovnaní s inými, medzi ktorými prevláda spaľovanie odpadu a demolácia (GUSTAVSSON A KOL., 2006). Odhady o recyklačnom potenciáli budovy sa v literatúre značne líšia; niektoré analyzované štúdie predpokladajú miery recyklácie až do 80 % (NÄSSÉN A KOL., 2012), čím sa znižuje tvorba odpadu (PEUPORTIER, 2001). Existuje však viacero sekundárnych alebo

terciárnych spôsobov použitia odpadov z drevej konštrukcie (RAMAGE A KOL., 2017). Napríklad drevený stavebný odpad sa premieňa na triesky a používa sa ako palivo. To, čo sa nepoužije sa zlikviduje. Drevený odpad nižšej kvality môže byť použitý na výrobu buničiny, drevených kompozitných panelov.

Pri likvidácii drevených stavieb sa kvalitné rezivo môže opätovne použiť. Pomer opätovného použitia (objem opätovne použitého reziva k pôvodnému objemu) je 0,6. Zvyšok dreva, preglejky a panely z dreva sa premieňajú na triesky a môžu sa použiť na tretí účel (HIRAMATSU A KOL., 2002).

V mnohých oblastiach sveta stavebné predpisy vymedzujú výšku stavieb z dreva. Zároveň sú riešené otázky týkajúce sa životnosti dreva, jeho možných modifikácií s cieľom zvýšiť požiaru odolnosť a teda aj rozšíriť možnosti použitia dreva (RAMAGE A KOL., 2017).

Nie je preto prekvapujúce, že stavby z dreva sa objavujú v súčasnosti aj na Slovensku čoraz častejšie. Drevostavba totiž spĺňa požiadavky na kvalitné bývanie. V prípade drevostavieb je istou výhodou, že je možné prispôbiť stavbu zmeneným požiadavkám jednoduchou adaptáciou aj v priebehu životnosti. Toto však nie je jediným dôvodom zvyšovania počtu ľahkých drevených stavieb. Na tom, že podiel drevostavieb rastie sa podieľajú aj ďalšie dôvody. Je to napríklad možnosť prefabrikácie, s čím súvisí rýchlosť montáže, možnosti aplikácie nových architektonických prístupov. V súvislosti s potrebou znižovania tepelných strát je možné zvyšovať počet vrstiev tepelnej izolácie obvodovej steny bez zvyšovania celkovej hrúbky fasády. Z hľadiska celkovej pohody bývania, ku ktorým patrí aj obytný priestor bez rušivého hluku okolia ako aj v rámci interiéru je potrebné sa zaoberať aj otázkami akustiky. Dôležitou je aj protipožiarne zabezpečenie drevostavby, aj keď na drevostavbu nie je z hľadiska požiarnej odolnosti iný pohľad ako u ostatných druhov stavieb.

S postupným vývojom priemyslu a stavebníctva sa čoraz častejšie využívajú aj masívne plné drevené panely rôznych hrúbok, ktoré sa nazývajú CLT (CrossLaminatedTimber), resp. BSP (BrettSPperrholz) panely. Tieto panely dosahujú uspokojivú zvukovú a tepelnú izoláciu, pričom poskytujú aj maximálnu ochranu v prípade požiaru. (WHITE A DIETENBERGER 2010) sa venovali požiarnej odolnosti CLT panelov a zistili že, CLT panely majú výbornú požiaru odolnosť. (GAGNON 2011) sa venoval akustickým parametrom CLT panelov. Meral vzduchovú a krokovú nepriezvučnosť a ukázalo sa, že troj-vrstvý CLT panel hrúbky 160 mm (v strede minerálna vlna 30 mm) má vzduchovú nepriezvučnosť 48 až 50 dB, čo je vyhovujúce.

Drevo má pozitívny vplyv na človeka. Ide o prírodný materiál, ktorý vyvoláva príjemnú atmosféru domova, má príjemnú vôňu a špecifické čaro. Ak je o drevo patrične postarané, má dlhú životnosť. Trh ponúka mnoho možností ako drevo ochrániť pred nežiaducimi vplyvmi prostredia. Pri výbere dreva, ako stavebného prvku je potrebné zohľadňovať jeho vlastnosti, predovšetkým hustotu dreva a jeho vlhkosť. Tieto parametre dokážu ovplyvniť mechanické vlastnosti dreva a tým priamo aj proces výstavby a konečný komfort bývania.

Drevostavby sa zhotovujú najčastejšie z mäkkých drevín, ako je smrekové a jedľové drevo. Pred zabudovaním do stavebnej konštrukcie, musí byť drevo vysušené maximálne však na 15% vlhkosti, nesmie byť poškodené škodcami, napadnuté hnilobou a nesmie pochádzať z kalamitnej ťažby. Takéto drevo by malo byť ohobľované a opracované zo všetkých štyroch strán. V prípade, že by sa stavba nachádzala v podnebí, kde sú náročnejšie poveternostné podmienky, sú vhodnejšie na výstavbu lepené masívne prvky, ktoré sú odolnejšie proti namáhaniu vetrom, zabráni sa tak poškodeniu vykrútením a praskaním jednotlivých prvkov.

K negatívom drevostavieb patrí riziko vzniku požiaru. To riziko je eliminované aplikáciou nových nehorľavých materiálov do konštrukcií drevostavieb, ako aj prísnyimi protipožiarными predpismi. Druhou otvorenou otázkou úplnej pohody v drevostavbe ostáva akustická pohody v nej. Týka sa to hlavne viacpodlažných drevostavieb, ktoré dostávajú v rámci EÚ zelenú.

## 1 Ochrana drevených konštrukcií

Drevo je prírodný materiál, zložené z troch organických polymérov – lignín, celulóza a hemicelulóza. Na tieto zložky dokážu negatívne vplyvať abiotické vplyvy – oheň, voda, emisie, kyslík, ale aj drevokazný hmyz a hu-by. K hlavným zásadám ochrany dreva patrí výber správneho

materiálu, použitie chemickej ochrany dreva v podobe náterov a použitie konštrukčnej ochrany dreva. Do úvahy sa berie trvanlivosť dreva, ale aj odolnosť voči klimatickým vplyvom. Na strešné konštrukcie alebo pergoly sa odporúča použiť drevo takých drevín, ktoré obsahujú okrem základných polysacharidov aj triesloviny, flavonoidy a podobne. Tieto látky prispievajú k lepšej odolnosti proti drevokaznému hmyzu a hnilobe. Z domácich drevín vyniká červený smrek, dub alebo agát. Alternatívou je modifikované drevo, termodrevo – termicky upravené drevo alebo acetylované drevo – upravené chemicky. Takto upravené drevo má vyššiu odolnosť voči poveternostným zmenám.

Z hľadiska protipožiarnej bezpečnosti stavieb z dreva, ktoré sú považované za náchylné na požiar je možné stavať len nízke budovy. Pri drevených konštrukciách je možné dosiahnuť relatívne ľahko požiaru odolnosť 30, 60, 90 a 120 minút s použitím napr. tzv. ochranného plášt'a, ktorý tvorí sadrokartónová doska. V prípade požiaru sa absorbovaná vlhkosť v sadrokartónovej doske odparuje, pričom teplota dosky je na opačnej strane nízka, čo bráni vznieteniu dreva. Taktiež dutiny v konštrukcii je možné naplniť nehorľavým izolačným materiálom, ktorý chráni drevené konštrukcie a spomaľuje uhoľnatenie dreva (ICHIRO A KOL., 2014).

Konštrukčná ochrana dreva zahŕňa aj zabezpečenie nízkej vlhkosti dreva (ideálne 6 až 15%). Nižšia vlhkosť dreva vytvorí horšie podmienky pre drevokazný hmyz, vznik plesní a rast hub. Konštrukčné spoje musia byť riešené tak, aby nedošlo k šíreniu požiaru, aby sa v mieste spoja nehromadila vlhkosť. Existuje mnoho výhod a ne-výhod dreva, ale bolo preukázané, že životnosť drevených stavieb presiahla viac než sto rokov. Pri správnom konštrukčnom riešení a projektovaní požiarnej bezpečnosti stavby z dreva poskytujú bezpečné a spoľahlivé bývanie (KUZMA, 2017).

## 2 Tepelno-technické vlastnosti drevostavieb

Z hľadiska tepelnej ochrany stavieb a faktom že normatívne kritéria na výstavbu budov sú sprísnené, v pra-xi sa začínajú uplatňovať sendvičové konštrukcie z materiálov na báze dreva s použitím tepelnej izolácie. Obvodová stena na báze dreva, zložená z dreveného nosného rámu, vyplnená minerálnou izoláciou, z exteriéru opláštená fasádnym systémom. Zloženie takejto steny má minimálny počet tepelných mostov a nízku hodnotu koeficienta prechodu tepla konštrukciou (Štefko, 2009).

## 3 Akustické vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva

Drevo vykazuje dobré akustické a tepelné vlastnosti, čo predurčuje drevo a materiály na báze dreva pre použitie v stavebníctve (OKNOTHERM, 2018). Vďaka vnútornej štruktúre dreva dochádza k výraznejšiemu útlmu akustickej energie ako pri iných typoch stavebných materiálov. V súčasnosti sa hodnotenia akustiky začleňujú aj do osvedčení o ekologickom stavebníctve (napr. do hodnotenia LEED – Energy and Environmental Design), ktorý je najrozšírenejším systémom hodnotenia nehnuteľností na svete.

K základným akustickým parametrom materiálov patrí koeficient absorpcie zvuku  $\alpha$ . Koeficient absorpcie zvuku vyjadruje mieru akustickej energie absorbovanej materiálom po dopade zvukovej vlny na materiál a je smerovo a frekvenčne závislý. Pri hodnotení zvukovej absorpcie sa zisťujú jeho hodnoty pri štandardných frekvenciách 125, 250, 500, 1000 a 2000 Hertz (TAKAHASHIA kol., 2005). Jeho hodnota sa pohybuje v intervale (0 – 1). Materiál, ktorý má vysokú absorpčnú schopnosť má  $\alpha = 1,0$  (LECHNER, 2011). Medzi faktory ovplyvňujúce akustickú účinnosť zvukovo absorpčných materiálov patrí: veľkosť vlákien, odpor prietoku vzduchu ( $R_f = \Delta p / \bar{u} \cdot \ell$ , kde  $R_f$  (Pa.s/m<sup>2</sup>) je odpor prietoku vzduchu;  $\Delta p$  (Pa) je rozdiel tlakov;  $\bar{u}$  (m.s<sup>-1</sup>) je priemerná rýchlosť prúdenia vzduchu;  $\ell$  (m) je dĺžka vzorky – (YONG, CHEN, 2015), pórovitosť, hrúbka, tuhosť, hustota a umiestnenie zvukovo absorpčného materiálu (SEDDEQ, 2009). V prípade dreva pri frekvencii 500 Hz sa pohybuje  $\alpha$  okolo 0,1; pričom pre povrchovo upravené drevo je to len 0,03; pre preglejku  $\alpha = 0,04$ ; pre špeciálne akustické materiály je  $\alpha$  v intervale (0,2 – 0,8).

Druhým dôležitým akustickým parametrom je zvuková izolácia, ktorá sa hodnotí stupňom vzduchovej nepriezvučnosti  $R$  (dB). Tento závisí od vlastností materiálu. Materiály s vyššou hustotou,

hrúbkou sú charakteristické vyššou hodnotou vzduchovej nepriezvučnosti. Merania vzduchovej nepriezvučnosti sa uskutočňujú pri frekvenciách z intervalu 125 Hz – 4 000 Hz. Pre drevené panely je hodnota  $R$  okolo 20 dB, pri drevotriekovej doske pri nízkych frekvenciách (do 500 Hz)  $R < 20$  dB, pri drevotriekovej strednej hustoty (t.j.  $\rho = 800 \text{ kg.m}^{-3}$ ) je  $R = 25$  dB (KARLINASSARI A KOL., 2012).

#### 4 Akustika v drevostavbách

Zvuk je mechanické vlnenie šíriace sa v pružnom prostredí, ktoré je schopné vyvolať v ľudskom uchu sluchový vnem. Zvuk sa z pohľadu stavebnej akustiky šíri vzduchom a konštrukciou. Vo vzduchu sa zvuk šíri postupným pozdĺžnym vlnením, v materiáloch zabudovaných v konštrukciách sa zvuk šíri prevažne priečnym a ohybovým vlnením. Ochrana proti hluku v budovách je realizovaná pomocou vhodných stavebných opatrení, t.j. zvukovo-izolačným účinkom deliacich konštrukcií. Pre obmedzenie šírenia hluku z vonkajšieho prostredia do vnútorných priestorov ako aj medzi priestormi vo vnútri stavby je dôležité, aby konštrukčné prvky spĺňali požiadavky na zvukovú izoláciu.

Akustické vlastnosti sú často diskutované v súvislosti s drevostavbami. Najsledovanejšími parametrami, ktoré sa týkajú akustických vlastností stavebných konštrukcií sú zvuková pohltivosť, vzduchová nepriezvučnosť a kroková nepriezvučnosť.

##### 4.1 Rozdelenie obvodových konštrukcií z hľadiska akustiky

Obvodové konštrukcie z hľadiska akustiky je možné rozdeliť nasledovne:

- *jednoduché* – plášte z rovnorodého materiálu alebo z viacerých vrstiev rôznych materiálov, ktoré sú tuho spojené tak, že vzhľadom na dopadajúcu zvukovú energiu sa správajú ako homogénna stena danej hmotnosti,
- *zložené* – plášte skladajúce sa z dvoch alebo viacerých prvkov s rôznymi akustickými vlastnosťami, napr. z okna a z plnej časti obvodového plášťa,
- *lahké* – ich akustické vlastnosti závisia od skladby materiálu (AKUSTICKÉ POŽIADAVKY NA OBVODOVÝ PLÁŠŤ, 2013).

Obvodová stena je konštrukcia obalového plášťa najviac zaťažená hlukom. Obvodová stena musí zo zvukovo-izolačného hľadiska spĺňať dve základné konštrukčné požiadavky:

- svojím tvarovaním a povrchovou úpravou má znižovať hladinu hluku vo vonkajšom prostredí tesne pred fasádou a meniť vlastnosti zvukového poľa odrazom zvuku od povrchu priečelia,
- musí zabráňovať prestupu nežiaducich zvukov z vonkajšieho do vnútorného chráneného prostredia svojou konštrukciou, materiálom a konštrukčným riešením jednotlivých prvkov.

Základnou hygienickou požiadavkou na akustickú pohodu vnútorného prostredia vzhľadom na hluk prenikajúci zvonka je najvyššia prípustná ekvivalentná hladina hluku (GERGEL, 2017).

##### 4.2 Vzduchová nepriezvučnosť

„Vzduchová nepriezvučnosť stavebných konštrukcií je schopnosť deliacej konštrukcie prenášať akustický výkon šíriaci sa vzduchom z miesta zdroja do chránenej miestnosti v zoslabenej miere.“ (TOMAŠOVIČ, 2009).

Pri tlmení hluku z exteriéru sú dôležité hlavne zvukovoizolačné vlastnosti obvodových múrov ako aj výplní otvorov. Schopnosť materiálov pohlcovať zvuk sa vyjadruje *koeficientom nepriezvučnosti*.

Pri použití viacerých vrstiev rôznych materiálov sa výsledný koeficient vypočíta ako súčet koeficientov jednotlivých materiálov (NEKORANEC, 2015). Pre výpočet nepriezvučnosti niektorých deliacich konštrukcií existuje niekoľko relatívne presných výpočtových metód.

Stavebná nepriezvučnosť deliacej konštrukcie sa môže odlišovať od vypočítaných hodnôt, ale aj od hodnôt nameraných v laboratórnych podmienkach. Môže to byť pôsobené rozdielnymi podmienkami, ale hlavnou príčinou je šírenie zvuku bočnými cestami.

Zvukovo-izolačné vlastnosti obvodovej steny sa vyjadrujú stupňom vzduchovej nepriezvučnosti  $R$  (dB). Pre rýchle porovnanie výrobkov je výhodné pracovať s jednočíselným hodnotením. Pri vzduchovej nepriezvučnosti sa najčastejšie používa index vzduchovej nepriezvučnosti  $R_w$  (dB).

Keďže nepriezvučnosť závisí od frekvencie, výpočet sa musí vykonávať vo frekvenčných pásmach. Pri určení stupeň vzduchovej nepriezvučnosti  $R$  (RYCHTÁRIKOVÁ, 2015) sa používa vzťah:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \frac{\log S}{A_2} \quad (1)$$

kde:

$L_1$  (dB) je hladina akustického tlaku vo vysielacej miestnosti;

$L_2$  (dB) je hladina akustického tlaku v prijímacej miestnosti;

$S$  (m<sup>2</sup>) je plocha deliacej konštrukcie;

$A_2$  (m<sup>2</sup>) je ekvivalentná pohltivá plocha v prijímacej miestnosti.

Hladina akustického tlaku  $L_1$  (dB) je vybudená všesmerovým zdrojom zvuku a obidve hladiny akustického tlaku sú merané zvukomerom. Celková pohltivosť miestnosti príjmu  $A_2$  sa vypočíta z času dozvuku  $RT_2$  (s) podľa SABINA, kde  $V$  je objem prijímacej miestnosti (VIGRAN, 2008):

$$RT_2 = 0,161 \cdot \frac{V}{A_2} \quad (2)$$

kde:

$RT_2$  (s) je čas dozvuku;

$V$  (m<sup>3</sup>) je objem prijímacej miestnosti;

$A_2$  (m<sup>2</sup>) je ekvivalentná pohltivá plocha v prijímacej miestnosti.

Zo vzťahu (2) je možné vyjadriť ekvivalentnú pohltivú plochu v prijímacej miestnosti  $A_2$

$$A_2 = 0,161 \cdot \frac{V}{T_2} \quad (3)$$

Hodnoty vzduchovej nepriezvučnosti ( $R$ ) sú závislé od frekvencie. S rastúcou frekvenciou rastú, avšak v niektorých častiach spektra môžu so vzrastajúcou frekvenciou klesať, čo je dôsledok rezonancie alebo koincidencie (GERGEL A KOL., 2015). Z tohto dôvodu sa vzduchová nepriezvučnosť zisťuje v závislosti od frekvencie v pásmach tretín oktávy v rozsahu 100 až 3 150 Hz (STN EN ISO 717-1:2013-11).

#### 4.3 Zvuková pohltivosť materiálov

Zvuková pohltivosť materiálov je charakterizovaná koeficientom zvukovej pohltivosti  $\alpha$  (-). Koeficient zvukovej pohltivosti sa vyjadruje ako pomer intenzity zvuku  $I_2$  vlny pohltenej v materiáli k intenzite zvuku  $I_0$  vlny dopadajúcej na materiál.

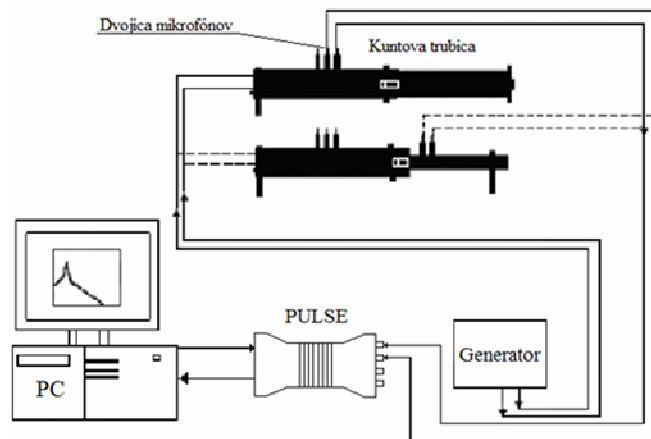
$$\alpha = \frac{I_2}{I_0} \quad (4)$$

Zo zákona zachovania energie je zrejmé, že koeficient zvukovej pohltivosti  $\alpha$  nadobúda hodnoty z inter-valu (0, 1).

#### 4.4 Stanovenie koeficientu zvukovej pohltivosti

Koeficient absorpcie materiálov absorbujúcich zvuk je možné merať v dozvukovej miestnosti (podľa STN EN ISO 354, 2004) alebo metódou impedančnej trubice (podľa STN EN ISO 10534-2, 2002). Na stanovenie koeficientu zvukovej pohltivosti metódou impedančnej trubice sa využíva

Kundtova trubica (na Obr. 1 je schéma meracej aparatury), ktorá je v porovnaní s vlnovou dĺžkou malá a predpokladá sa, že v nej sa šíri zvuk v podobe rovinnnej vlny v smere osi jej osi.

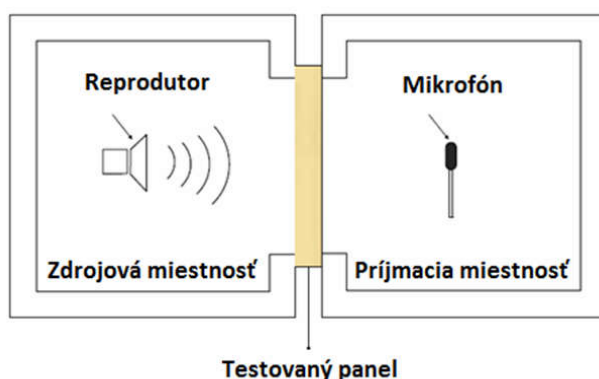


Obr. 1 Schéma zapojenia aparatury – meranie koeficienta zvukovej pohltivosti (GERGEL, 2017)

Táto metóda umožňuje pri kolmom dopade zvuku meranie absorpcie zvuku na malých vzorkách. V prípade tejto metódy je obzvlášť dôležité, aby vzorka úplne vyplnila vnútorný obvod Kundtovej trubice, pretože to má nezanedbateľný vplyv na presnosť výsledkov meraní.

#### 4.5 Stanovenie vzduchovej nepriezvučnosti

Vzduchová nepriezvučnosť testovanej vzorky stenovej konštrukcie sa určí podľa STN EN ISO 16283-1 Akustika. Meranie zvukovo-izolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií v teréne. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť (ISO 16283-1, 2014). Obr. 2 predstavuje meranie vzduchovej nepriezvučnosti steny.



Obr. 2 Meranie vzduchovej nepriezvučnosti stenovej konštrukcie (KARACABEYLI, 2013)

Meranie vykonáme tak, že vo vysielačnej miestnosti bude zdroj širokopásmový ružový šum vysokej intenzity. Následne budú merané ekvivalentné hladiny akustického tlaku vo vysielačnej a príjmačnej miestnosti. Z nameraných hladín bude stanovená výsledná hodnota.

**Stavebná vzduchová nepriezvučnosť** –  $R'$  (dB) sa hodnotí v 1/3 alebo v 1/1 oktávových frekvenčných pásmach od 100 Hz do 3 150 Hz (je to zvukovo-izolačná oblasť).

**Požiadavky na vzduchovú nepriezvučnosť konštrukcie** – vážené jednočíselné hodnoty vzduchovej nepriezvučnosti medzi vysielačiami prijímacími miestnosťami musí vyhovovať minimálnym požadovaným hodnotám pre jednotlivé typy hlučných a chránených priestorov.

Požiadavky na zvukovú izoláciu pre jednotlivé druhy konštrukcií v budovách sú definované v norme STN 73 0532:2013-01. Požadované hodnoty uvádza Tabuľka 1.

Tabuľka 1: Požiadavky na zvukovú izoláciu vnútorných deliacich konštrukcií budov

Chránená (prijímacia miestnosť)	Požiadavky na zvukovú izoláciu (dB)			
	steny	dvere	stropy	
Hlučná (vysielačia) miestnosť	$R'_{w}, D_{nT,w}$	$R_w$	$R'_{w}, D_{nT,w}$	$L'_{n,w}$
<b>Bytové domy, rodinné domy – najmenej jedna obytná miestnosť</b>				
1. Všetky ostatné miestnosti toho istého bytu	42	27	47	63
<b>Bytové domy – obytné miestnosti bytu</b>				
2. Verejne používané priestory domu (schodiská, chodby, priechody, terasy)	<b>52</b>	32	<b>52</b>	58
3. Všetky miestnosti druhých bytov, vrátane príslušenstva	53	-	53	55
3. Verejne nepoužívané priestory domu	47	-	47	63
4. Podjazdy, prejazdy, garáže	57	-	57	53
5. Služby a prevádzkarne v čase po 22.00 h ( $L_{Amax} \leq 85$ dB)	57	-	57	53
6. Prevádzkarne s činnosťou aj po 22.00 h ( $L_{Amax} \leq 85$ dB)	62	-	62	48
<b>Terasové alebo radové rodinné domy a dvojdomý - obytné miestnosti bytu</b>				
7. Všetky miestnosti v susednom dome	57	-	57	48

Vysvetlivky k Tabuľke 1

$R_w$  je vážená laboratórna vzduchová nepriezvučnosť (pre vnútorné dvere),

$R'_{w}$  je vážená stavebná nepriezvučnosť (pre miestnosti so spoločnou celou plochou deliacej konštrukcie),

$D_{nT,w}$  je vážený normalizovaný rozdiel hladín akustického tlaku (pre miestnosti bez spoločnej deliacej konštrukcie),

$L'_{n,w}$  je vážená normalizovaná hladina akustického tlaku krokového hluku.

## Záver

Ako už bolo v abstrakte naznačené jedná sa o metodiku riešenia akustických problémov ekologicky riešených konštrukcií drevostavieb, ktoré spĺňajú požiadavky na požiaru odolnosť. Riešenie konštrukcie drevostavieb znamená posúdenie konštrukcie z viacerých kritérií, predovšetkým statika, tepelno-izolačný charakter, akustické vlastnosti konštrukcie, a iné. Ak konštrukcia vyhovie na uvedené kritériá posudzuje sa na požiaru odolnosť. Toto posúdenie veľa ráz prináša úpravu konštrukcie, väčšinou prídavkom nehorľavých prvkov v plášti konštrukcie. Ak pri stenách a priečkach môže to byť zanedbateľný problém, pri stropoch hlavne viacpodlažných budovách vplyv protipožiarneho opatrenia je potrebné znovu prehodnotiť aj po akustickej stránke. Článok prezentuje vedecké poznatky a navrhovanú metodiku, ktorá uvedený problém pomôže riešiť.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] AKUSTICKÉ POŽIADAVKY NA OBVODOVÝ PLÁŠŤ, 2013. *KPS 4 – Akustické požiadavky*. [Online]. 2013 [cit. 2018-01-18]. Dostupné na internete: [https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/web\\_katedry/kps/prednasky\\_2013/akustika\\_OP.pdf](https://www.svf.stuba.sk/buxus/docs/web_katedry/kps/prednasky_2013/akustika_OP.pdf)
- [2] GAGNON, S. 2011. *Acoustics: Acoustic performance of cross-laminated timber assemblies*. 1. vyd. Chapter 9 in CLT handbook: Cross-laminated timber. Canadianed. Québec, QC: FP Innovations. 36 p.
- [3] GERGEĽ, T., DANIHELOVÁ, A., BALGOVÁ, Ľ. 2015. Akustické parametre krížom lepeného dreva a akustika stavieb z tohto materiálu. In *Nové trendy akustického spektra = New trends of acoustic spectrum: vedecký recenzovaný zborník*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2015.
- [4] GERGEĽ, T. 2017. *Akustické charakteristiky panelov z lepeného dreva: dizertačná práca*. Zvolen: DF TU vo Zvolene. 148 s.
- [5] GUSTAVSSON, L., MADLENER, R., HOEN, H. F., JUNGMEIER, G., KARJALAINEN, T., KLÖHN, S., MAHAPATRA, K., POHJOLA, J., SOLBERG, B., SPELTER, H. 2006. The role of wood material for greenhouse gas mitigation. In *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. ISSN 1381 2386, 2006, Vol. 11, Issue 5, pp. 1097 – 1127.
- [6] HIRAMATSU, Y., TSUNETSUGU, Y., KARUBE, M., TONOSAKI, M., FUJII, T. 2002. Present State of WoodWasteRecycling and New ProcessforConveringWoodWasteintoReusableWoodmaterials. In *MaterialsTransaction*. ISSN 1347-5320, 2002, Vol. 43, No. 3, pp. 332 – 339.
- [7] ICHIRO, H., KOJI, K., JUNICHI, S. 2014. FireSafetyMeasuresEnablingConstruction of LargeWoodenBuildings (Part I). [Online]. In *The Japan Journal*. March 2014, pp. 30 - 33 [cit. 2018-01-10]. Dostupné na internete: <http://www.kenken.go.jp/english/contents/topics/japan-journal/pdf/jj2014mar.pdf>
- [8] KALINASSARI, L., HERMAWAN, D., MADDU, A., MARTIANTO, B., LUCKY, I.K., NUGROHO, N., HADI, Y.S. 2012. Bambooacousticalproperties. In *BioResources*. ISSN 1930-2126, 2012, Vol. 7, Issue 4, 5700 – 5709.
- [9] KUZMA, I. 2010. Drevo ako stavebný materiál. [Online]. 2010 [cit. 2017-12-22]. Dostupné na internete: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/drevostavby/drevo-ako-stavebny-material>
- [10] LECHNER, N.M.: 2011. *Plumbing, Electricity, Acoustic: Sustainable Design MethodsforArchitecture*. 1. vyd. New Jersey: John Willy and Sons, 2011. ISBN 978-1-118-01475-2. Part 5. Architectural Acoustics, pp. 157 – 212.
- [11] NÄSSÉN, J., HEDENUS, F., KARLSSON, S., HOLMBERG, J.. 2012. Concretevs. wood in buildings. Anenergysystemapproach. In *Building and Environment*. ISSN 0360-1323, 2012, Vol. 51, máj 2012, pp. 36 – 369.
- [12] NEKORANEC, P. 2015. *Rodinné a bytové domy, znižovanie energetickej náročnosti – obnova*. 2015, ISBN 978-80-971943-1-4
- [13] OKNOTHERM spols.r.o., 2018. *Vlastnostidreva*. [Online]. 2010 [cit. 2018-01-15]. Dostupné na internete: <http://www.oknotherm.cz/vlastnosti-dreva/>
- [14] PEUPORTIER, B. L. 2001. Lifecycleassessmentapplied to thecomparativeevaluation of single familyhouses in theFrenchcontext. In *Energy and Buildings*. ISSN 0378-7788, 2001, Vol. 33, No. 5, pp. 443 – 450.
- [15] RAMAGE, M. H., BURRIDGE, H., BUSSE-WICHER, M., FEREDAY, G., REYNOLDS, T., SHAH, D.U., WU, G., YU, L., FLEMING, P., DENSLEY-TINGLEY, D., ALLWOOD, J., DUPREE, P., LINDEN, P.F., SCHERMAN, O.: 2017. Thewoodfromthetrees: Theuse of timber in construction. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. ISSN 1364-0321, 2017, vol. 68, part 1, pp. 333 – 359.



- [16] SEDDEQ, H. 2009. Factors influencing acoustic performance of sound absorptive materials. In *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. ISSN 1991-8178, 2009, Vol. 3, No. 4, pp. 4610 – 4617.
- [17] STN EN ISO 10534-2: 2002, Akustika. Určovanie koeficienta zvukovej pohltivosti a akustickej impedancie v impedančných trubiciach. Časť 2: Metóda transformačnej funkcie.
- [18] STN EN ISO 354: 2004, Akustika. Meranie zvukovej pohltivosti v dozvukovej miestnosti.
- [19] STN EN ISO 16283-1: 2014, Akustika. Meranie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií v teréne. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť.
- [20] STN EN ISO 717-1: 2013, Akustika. Hodnotenie zvukovoizolačných vlastností budov a stavebných konštrukcií. Časť 1: Vzduchová nepriezvučnosť (ISO 717-1: 2013).
- [21] ŠTEFKO, J. 2009. Materiály a konštrukcie v súčasných drevostavbách. [Online]. [cit. 2009-09-03]. Dostupné na internete: <https://www.asb.sk/stavebnictvo/drevostavby/materialy-akonstrukcie-vsucas-nych-drevostavbach>
- [22] TAKAHASHI, Y., OTSURU, T., TOMIKU, R. 2005. In situ measurements of surface impedance and absorption coefficients of porous materials using two microphones and ambient noise. In *Applied Acoustics*. ISSN 0003-682X, 2005, Vol. 66, Issue 7, pp. 845 –865.
- [23] TOMAŠOVIČ, P. a kol. 2009. *Akustika budov: stavebná a urbanistická akustika*. 1. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2009. 381s. ISBN 978-80 227-3019-8.
- [24] VIGRAN, T.E.: 2008. *Building acoustics*. 1. vyd. New York: Taylor&Francis, 2008. 363 s. ISBN 0-203-93131-9 Master e-book
- [25] WHITE, R. H., DIETENBERGER M.A., 2010. *Fire safety of wood construction*. Chapter 18 in *Wood handbook: Wood as an engineering material*, 18-1 – 18-22. Madison, WI: Forest Products Laboratory.
- [26] YONG, Y., CHEN, Z. 2015. A model for calculating the airflow resistivity of glass fiber felt. In *Applied Acoustics*. ISSN 0003-682X, 2015, Vol. 91, pp. 6 – 11. WCUT. 2018. *Dreviny na drevostavby*, [Online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné na internete: <http://www.wcut.sk/drevostavby/dreviny-na-drevostavby>

**ADRESA AUTOROV****doc. RNDr. Anna DANIHELOVÁ, PhD.**

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [danihelov@tuzvo.sk](mailto:danihelov@tuzvo.sk)

**Ing. Radovan GRACOVSKÝ**

Technická univerzita vo Zvolene, Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, [gracovsky@tuzvo.sk](mailto:gracovsky@tuzvo.sk)

**doc. Bc. Ing. Linda MAKOVICKÁ OSVALDOVÁ, PhD,**

Žilinská univerzita v Žilne, Fakulta bezpečnostného inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, [Linda.Makovicka@fbi.uniza.sk](mailto:Linda.Makovicka@fbi.uniza.sk)

**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.