

# OVEROVANIE VLASTNOSTÍ VLÁKNOVÝCH KOMPOZITOV NA BÁZE ORGANICKÉHO PLNIVA

PROPERTIES ASSESMENT OF FIBRE COMOSITESN ON THE BASE OF ORGANIC  
FILLER

Eva Terpáková

## ABSTRAKT

Súčasnú stavebníctvo vyžaduje produkty, ktoré vyhovujú nielen technickým požiadavkám ale zároveň spĺňajú bezpečnostné a hygienické kritéria. Z tohto dôvodu sa vyvíjajú progresívne materiály a to najmä vo forme kompozitných produktov. Pri ich výrobe sa dokáže cielene regulovať zloženie a preto aj optimalizácia výsledných vlastností. Príspevok pojednáva o testovaní paralelne vyrobených súd kompozitov s celulóзовými vláknami. Testované boli pevnostné charakteristiky, vybrané fyzikálne parametre a tepelná vodivosť. Výsledky získané z testovania kompozitov v časovom slede 28, 60 dní naznačujú perspektívnu možnosť ich aplikácie vo funkcii výplňových prvkov.

**Kľúčové slová :** vláknové kompozity, organické plnivo, testovanie kompozitov

## ABSTRACT

Current civil engineering requires products that meet not only technical requirements but also meet safety and hygienic criteria. For this reason, progressive materials are developed, especially in the form of composite products. In their production, it is possible to regulate composition and therefore optimize the resulting properties. The paper deals with the testing of parallel-made composite sets with cellulose fibers. Strength characteristics, selected physical parameters and thermal conductivity were tested. The results obtained from the composite testing over 28, 60 days indicate the prospective possibility of their application in the function of the filler elements.

**Key words:** fibre composites, organic filler, testing of composites

## 1 ÚVOD

Kompozitné materiály sú požadované nielen v stavebníctve ale aj v iných technických odvetviach, majú výrazný vplyv na pokrok v materiálovom inžinierstve vo všeobecnosti. Progresívnymi kompozitmi sú aj produkty na báze prírodných ale aj cielene vyrobených vlákien anorganickej ale aj organickej povahy. Pre zakomponovanie stavebného výrobku do stavebnej konštrukcie je nutné poznať jeho vlastnosti, preto sa všetky produkty hodnotia ešte pred použitím a trvalým zabudovaním do stavby. Podľa legislatívy §43 f, Stavebného poriadku (Zákon č. 50/1976 Zb.) na uskutočnenie stavby možno navrhnúť a použiť iba stavebný výrobok, ktorý je podľa osobitných predpisov (Zákon č. 133/2013 Z. z) vhodný na použitie v stavbe na zamýšľaný účel (ďalej len „vhodný stavebný výrobok“). Aj v rámci riešenia okruhu otázok ohľadom zabezpečenia trvanlivosti, hygienických štandardov a bezpečnosti produktov sa musí realizovať komplexné posúdenie vybraných parametrov. zvlášť za predpokladu, že pôjde o aplikáciu v interiérových - pobytových priestoroch. Elementárne vlastnosti každého materiálu sa za špecifických okolností (interakcia s ďalšími prvkami, vplyv spôsobu užívania a údržby stavby resp. iné faktory) môže zmeniť a tým pádom sa menia aj jeho charakteristiky. Taktiež je diskutabilná otázka vývoja poznatkov o materiáloch v časových intenciách,

pričom môže nastať prípad, že o negatívnych vlastnostiach sa získajú relevantné informácie až v priebehu užívania stavby. Konkrétnym príklad z praxe je chronicky známa problematika s azbestovými vlákno cementovými výrobkami (AZC), ktoré sa v celosvetovom meradle vyrábali pomerne dlhú dobu, ale informácie o ich karcinogénnych vlastnostiach sa potvrdili až po dlhšom používaní v praxi (Svoboda, 2013). Na základe poznatkov zo správania azbestu sa preto časom pristúpilo ku výrobe „zdravších“ vláknitých kompozitov na báze organických vlákien a to prírodného ako aj umelého pôvodu, vrátane celulóзовých vlákien. (on-line: [www.cembrit.cz](http://www.cembrit.cz))

Záujem o aplikáciu rôznych druhov vlákien do kompozitných materiálov s rôznymi spojivami je celosvetového charakteru. Značná pozornosť sa upriamuje na štúdium prírodných vlákien, ako je konopné pazderie, sisal, ľan, kokosové vlákna, agáve a množstvo iných. Aplikácia celulóзовých vlákien však vyžaduje dôkladne štúdium, jednak z dôvodu ich biodegradability, tiež z dôvodu ich hydrofilného charakteru, čo môže mať dopad na trvanlivosť výsledného produktu. (Kidalova a kol., 2015) Túto skutočnosť je nutné zohľadniť aj pri príprave kompozitov a optimalizovaní vodného súčiniteľa resp. technologického postupu pri spracovaní čerstvej zmesi a tiež po zatvrdnutí kompozitov. Hydrofilnosť vlákien má úzky súvis s vlastnosťami ako je nasiakavosť v konečnom dôsledku má vplyv aj na vlastnosti ako je tepelná vodivosť, mrazuvzdornosť a apod.. (Svoboda, 2013)

Príspevok je zameraný na prípravu a testovanie cementových kompozitov na báze celulóзовých vlákien, pričom vlákna sa použijú ako čiastočná náhrada prírodného plniva.

## 2 METODIKA EXPERIMENTU

Paralelne sa pripravili 2 sady vzoriek cementových kompozitov v súlade s normovými postupmi, na ktorých sa v časovom slede 28 a 60 dní postupne stanovoval vývoj pevnostných charakteristík. Zároveň sa stanovila objemová hmotnosť a tepelná vodivosť po 28 dňovom vytvrdzovaní.

### 2.1 Materiál

Na prípravu kompozitných vzoriek sa použil portlandský cement CEM I 42,5R, Ladce a.s., prírodné plnivo -kremičitý piesok Šaštín, fr.:0/1mm, deionizovaná voda s vodivosťou 0.07mS/cm. Na výrobu experimentálnych vzoriek sa použili dva druhy komerčne dostupných vlákien GW-500 (bielená buničina zo spracovania drevnej hmoty) a vlákna G-500 T, vyrábané zo spracovaných odpadových papierov, producent Grencel,a.s. Hencovce, Slovakia. Charakteristiky vlákien, tak ako ich udáva výrobca sú uvedené v tab. 1. (on-line: [www.grencel.sk](http://www.grencel.sk))

Parameters	Fibres Type GW-500	Fibres Type G-500 T
Cellulose content [%]	99,5	80
Bulk density [kg/m <sup>3</sup> ]	60-80	50-100
Max. length [µm]	500	400
Dry matter [%]	93	93
Ash [%]	0,5	0,5
pH value	6 ± 1	7 ± 1

Tab. 1 Characteristic properties of fibres

Tab. 1 Charakteristické vlastnosti vlákien

## 2.2 Metódy

Podľa normových doporučení (STN EN 169-3 (2017)), sa z popísaných vstupných materiálov vyrobila referenčná zámes, na miešanie sa použila normová miešačka fy Matest, Italy. Základná receptúra sa pri výrobe kompozitov postupne menila, pričom sa testovala 5%, 10%, 15% a 20%-ná náhrada prírodného plniva vláknami typom GW-500, (vzorky budú v texte označované ako „A“) resp. typom G-500 T, (v texte označované ako vzorky „B“). Na základe predchádzajúcich experimentov s celulózovými vláknami (Terpáková, E., 2017) sa zvolila príprava kompozitov s vodným súčiniteľom 0.6. Samotná príprava vzoriek prebehla štandardným spôsobom, čerstvá zámes vo formách sa po zarovnaní povrchu vibrovala 10 sek. na vibračnom stole fy Matest, vzorky tuhli v ocelových formách a po 48 hodinách sa odformovali a postupne ošetrovali vo vodnom prostredí. Uloženie vzoriek bolo realizované v deionizovanej vode v samostatných PE nádobách a po uplynutí 28 resp. 60 dní sa postupne vyberali a podrobili testom.

Pevnosť v tlaku sa stanovila lisom ADR ELLE 2000, s konštantnou rýchlosťou zaťaženia  $0.6 \pm 0.2$  MPa, tepelná vodivosť sa stanovila prístrojom ISOMET 104 Appleid Precision. Ku stanoveniam hmotností sa použili analytické váhy Kern, váženie bolo s presnosťou  $\pm 0.01$  g.

## 3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

### 2.2 Objemová hmotnosť

Objemová hmotnosť závisí najmä od pórovitosti, miery zhutnenia, vlhkosti vzorky a ďalších parametrov, preto je dôležité z hľadiska reprodukovateľnosti realizovať stanovenia za rovnakých laboratórnych podmienok. Vyhodnotenie sa previedlo na skúšobných vzorkách 100x100x100mm, po 28 dňoch zrenia (po vysušení do konštantnej hmotnosti) a to štandardným spôsobom, individuálne sa stanovila hmotnosť a vypočítal objem na základe rozmerov každej vzorky. Na výpočet sa použil vzťah (1), výsledky vyjadrené ako priemerná hodnota  $\pm 10$  kg. m<sup>-3</sup> sú na obr. 1.

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg. m}^{-3}\text{]} \quad (1)$$

kde:

- $\rho$  - objemová hmotnosť kg. m<sup>-3</sup>
- m - hmotnosť vzorky v kg
- V - objem vzorky v m<sup>3</sup>

Dosiahnuté objemové hmotnosti môžu ovplyvniť použitie kompozitov v stavebníctve. Z porovnania výsledných hodnôt (obr.1) vyplýva, že postupnou náhradou plniva sa pripravili kompozity s objemovou hmotnosťou v rozmedzí od 1880 do 1990 kg/m<sup>3</sup>, čo by podľa všeobecných normových hodnotení pre objemové hmotností (norma STN EN 1015-10: 2001) a (Svoboda, 2013) mohlo zaradiť pripravené kompozity medzi malty obyčajné, ( **$\zeta$  max.do 2300 kg.m<sup>-3</sup>**).

Z porovnania objemových hmotností po 28 dňoch zrenia vzoriek vyplýva, že pre obe sady náhrad plniva v odstupňovanom podiele 5%, 10%, 15% až 20 % vláknami došlo k postupnému zníženiu objemovej hmotnosti, čo znamená že došlo ku čiastočnému vyláhčeniu štruktúry kompozitov. (obr. 1) Výraznejší pokles v objemových hmotnostiach však bol stanovený pre sadu „B“ (s vláknami typu G-500 T), v porovnaní so sadou „A“, pričom najväčšie zníženie hodnoty objemovej hmotnosti bolo pre sadu B20% a to konkrétne až 9,61% oproti hodnote referenčnej vzorky.

### 2.2 Tepelná vodivosť

Z hľadiska hodnotenia tepelnej vodivosti kompozitov s obsahom vlákien sa všeobecne predpokladá pozitívny dopad na výsledné tepelné vlastnosti produktov, nakoľko vlákna majú pórovitú štruktúru

(Svoboda, 2013). Tepelná vodivosť sa merala na vzorkách 100x100x100mm, po 28 dňoch zrenia. Vzorky boli vysušené do konštantnej hmotnosti, po ustálení teploty na  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Pred meraním bola ešte kontrolovaná vlhkosť meraných vzoriek príložným vlhkomerom. Z porovnania výsledných hodnôt tepelnej vodivosti (obr.2) vyplýva, že postupná náhrada plniva vláknami spôsobuje zlepšenie tepelnoizolačných vlastností. Už 5%-ná náhrada plniva celulóзовými vláknami A (typ GW-500) znížila koeficient tepelnej vodivosti oproti referenčnej vzorke o cca 12% resp. 5%-ná náhrada B (typ vlákien G500-T B) znížila hodnotu koeficientu tepelnej vodivosti o 16%. V podstate hodnoty všetkých vzoriek boli nižšie aj v porovnaní s deklarovanými hodnotami pre komerčný produkt s podobným zložením Cembrit raw - vlákno cementové dosky, (hodnoty  $0.4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), ktoré udáva výrobca (on-line: [www.cembrit.cz](http://www.cembrit.cz)).

Zo vzájomného porovnania paralelne pripravených sád vyplýva, že celkove najnižšia hodnota bola nameraná pre 20%-nú náhradu plniva vláknami B (typ G500-T). Uvedené výsledky sú priemerom z 5 meraní (merali sa všetky strany kockového telesa okrem vrchnej časti, kde sa predpokladala zhoršená homogenita v dôsledku vibrovania čerstvých zmesí počas prípravy vzoriek. Podľa stanovených hodnôt tepelnej vodivosti je možné pripravené celulóзовo cementové kompozity zatriediť medzi materiály so strednými **tepelnoizolačnými vlastnosťami** ( $0,3 < \lambda < 0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) (Svoboda, 2013). Namerané hodnoty sa týkajú suchých vzoriek, čiže na základe všeobecne známych poznatkov by bolo vhodné overiť v budúcnosti správanie sa pripravených kompozitov za prirodzených vlhkosťných podmienok.

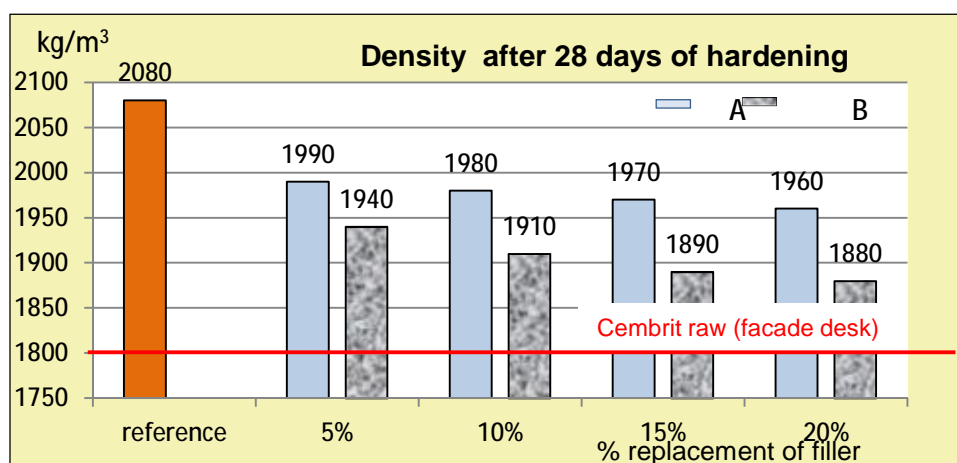


Figure 1 Comparison of density  
Obr. 1 Porovnanie objemových hmotností

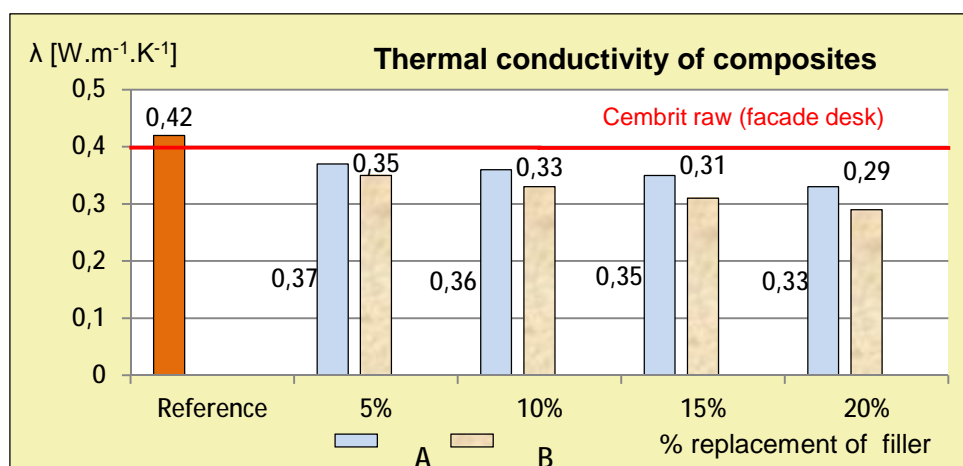


Figure 2 Comparison of thermal conductivity of cellulosic composites  
Obr.2 Porovnanie výsledkov tepelnej vodivosti pre celulóзовé kompozity

### 2.3 Pevnosť v tlaku

Dôležitým parametrom pri rozhodovaní o aplikácii kompozitov sú ich pevnostné charakteristiky. Na daných vzorkách boli stanovované jednak pevnosti v ťahu pri ohybe (trámce 40x40x160mm) a najmä pevnosti v tlaku na kockových telesách 100x100x100mm, ktoré budú detailnejšie diskutované. Výsledky pevnosti v tlaku v porovnaní s referenčnou sadou sú uvedené na obr. 3, z ktorého vyplýva, že čiastočnou náhradou plniva celulózovými vláknami síce došlo ku poklesu pevnosti v tlaku, avšak napriek tomu sa dosahujú dostatočné hodnoty na to, aby sa kompozity mohli použiť na praktické účely. V ďalších experimentálnych postupoch sa bude sledovať vývoj pevnostných charakteristík na vzorkách, ktoré budú vyhodnocované po 90,180 a ďalších dňoch, ale už za prirodzeného uloženia v laboratórnych podmienkach. Postupnou náhradou plniva vláknami sa dosiahla síce nižšia pevnosť v tlaku, avšak podľa pevnostných kritérií napr. pre malty by sa dali vyrobené vzorky zaradiť do triedy mált M20 (Svoboda,2013). Prakticky u všetkých vzoriek sa časom zvýšila hodnota pevnosti v tlaku medzi 28 a 60.-tym dňom, čo by sa mohlo vysvetliť prestupom cementového tmelu až do štruktúry vlákien.

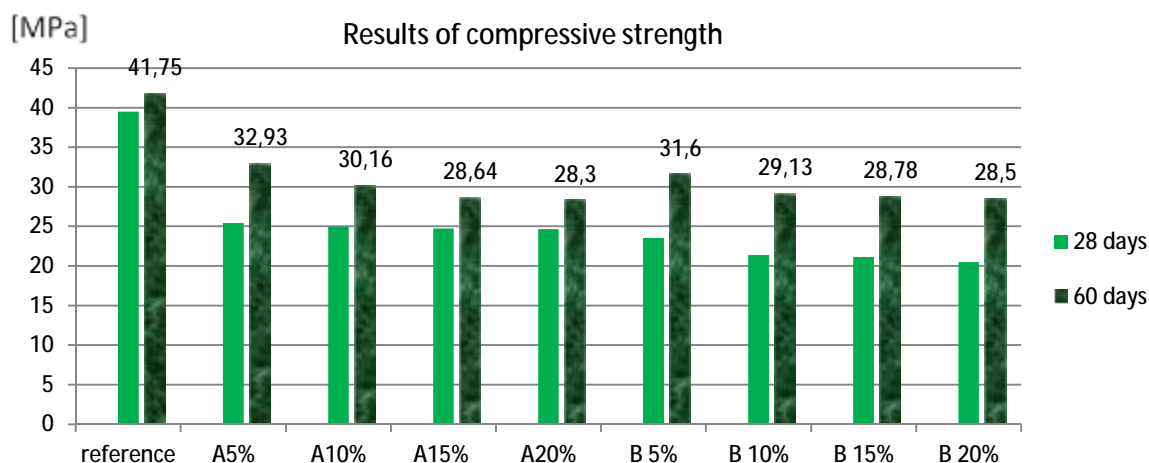


Figure 3 Comparing of compressive strength values

Obr. 3 Porovnanie hodnôt pevností v tlaku

Pevnosti v tlaku kompozitov pre náhradu plniva vláknami A po 60 dňoch dosahovali konkrétne **67,78%** (pre 20%-tnú náhradu) až **78,87%** (pre 5%-nú náhradu plniva) z pevnosti referenčnej sady, čo znamená, že nedochádza ku významnému poklesu pevností. Zo vzájomného porovnania pevností medzi 5%nou náhradou a 20%nou náhradou plniva vláknami A vyplýva, že sada s 20%-nou náhradou dosahuje **85,93%-nú** hodnotu z pevnosti v tlaku pre 5%-nú náhradu.

Pri analyzovaní dosiahnutých výsledkov pre náhradu plniva vláknami B (zo spracovania odpadového papiera) vyplýva, pri porovnaní výsledkov 20%-nej náhrady plniva vláknami B sa dosiahla až 90,18% na hodnotu pevnosti z hodnoty pevnosti v tlaku pre 5%-nú náhradu plniva., čiže neprajavil sa tuná až taký rozdiel ako pri použití vlákien A.

Pevnosti v tlaku kompozitov pre náhradu plniva vláknami B po 60 dňoch dosahovali **68,26%** z pevnosti referenčnej sady (pri 20 %-tnej náhrade plniva) až **75,68 %** z pevnosti referenčnej sady (pre 5%-tnú náhradu plniva). Dosiahnuté diferencie pravdepodobne súvisia s veľkosťou vlákien, ktoré boli použité na experiment, a tiež ich povrchovou úpravou, pretože vlákna B aj pri pozorovaní voľným okom vykazovali určitú nehomogenitu, boli prítomné viditeľné zvyšky papierenskej farby a tmelov.

Z priestorových dôvodov nediskutujeme výsledky pevností po 28 dňoch tvrdnutia, no z obr. 3 vyplýva, že kompozity potrebovali na dosiahnutie pevností dlhšiu dobu. Taktiež z priestorových

dôvodov nie sú uvedené výsledky testovania nasiakavosti a zmrašťovania, v dôsledku vysychania vzoriek, ktoré budú publikované v budúcnosti.

## 4 ZÁVER

Z prezentovaných výsledkov vyplýva potreba skúšania a overovania vlastností kompozitov nielen v modelovom prostredí v laboratórnych podmienkach, ale určite by bolo zaujímavé zrealizovať testovanie pripravených kompozitov za pôsobenia vonkajších činiteľov v prípade, žeby sa plánovalo ich použitie do exteriéru. V takomto prípade by bola na mieste ešte otázka povrchovej úpravy kompozitov, nakoľko zakomponované vlákna zvyšujú čiastočne nasiakavosť výsledných produktov. Aplikácie vláknitých materiálov v stavebníctve sú známe aj z historických prameňov, pretože vlákna z obnoviteľných zdrojov vo forme výstuží a plniva sa bežne používali ešte aj v 50. -60. tých rokoch minulého storočia, aj keď empirickým spôsobom sa napr. vyrábali nepálené tehly z hliny a stebiel slamy, pliev apod.). V súčasnosti problematika využívania vláknitých materiálov v stavebníctve je riešená sofistikovanejším spôsobom, benefity, ktoré vyplývajú z využívania vláknitých materiálov sa dokladujú experimentálnymi postupmi a štúdiom nielen jednotlivých súčastí kompozitov, ale aj overovaním vlastností cielene vyrobených vzoriek, čo bolo aj zámerom príspevku.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu *VEGA 1/0277/15: Udržateľné stavebné materiály na báze rýchloobnoviteľnej a recyklovanej suroviny.*

### Zoznam literatúry

- [1] <https://www.cembrit.cz/product/?id=2531>
- [2] <http://www.greencel.sk/produkty/vlakna-greencel>
- [3] Kidalova L., Stevulova N., Terpáková E. Influence of water absorption on the selected properties of hemp hurds composites. In: Pollack Periodica. vol. 10, no. 1 (2015), p. 123-132. ISSN 1788-1994 : <http://www.akademai.com/doi/abs/10.1556/606.2015.10.1.12...>
- [4] STN EN 1015-10 (2001): Metódy skúšania mált na murovanie. Časť 10: Stanovenie objemovej hmotnosti zatvrdnutej malty.
- [5] STN EN 196-1 (2016): Metódy skúšania cementu. Časť 1: Stanovenie pevnosti.
- [6] STN EN 196-3 (2017): Metódy skúšania cementu. Časť 3: Stanovenie času tuhnutia a objemovej stálosti.
- [7] SVOBODA, L. a kol.: Stavební hmoty, Praha, 2013, pp. 950, ISBN 978-80-260-4972-2
- [8] TERPÁKOVÁ, E.: Inovatívne prístupy k využitiu odpadového papiera, Odpady 2017, 3, s.5-9, ISSN 1335-7808
- [9] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon).
- [10] Zákon č. 133/2013 Z. z. o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.