

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Materiály používané k izolaci dřevostaveb**

Vypracoval: Jan Zídek

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Böhm, Ph.D.

2011

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

student: Jan Zídek  
obor: Dřevařství

Název tématu: Materiály používané k izolaci dřevostaveb.

Název tématu v anglickém jazyce: Insulation materials for wooden constructions

### Zásady pro vypracování:

1. Vytvoření časového harmonogramu zpracování BP.
2. Seznámení s uvedenou problematikou.
3. Formulace rozboru problematiky, rozdělení a výběr posuzovaných materiálů.
4. Provedení literární rešerše.
5. Odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě (součástí bakalářské práce je i abstrakt a klíčová slova v českém a světovém jazyce – angličtině).

Rozsah grafických prací: 10 – 20 str.

Rozsah průvodní zprávy: 30 – 50 str.

Seznam odborné literatury:


1. August, I. (1991) Stavební tepelná technika pro každého. Ústav stavebních informací, Praha.
2. Kollmann, F. P., Kuenzi, E. W., Stamm, A. J. (1975) Principles of Wood Science and Technology II – Wood Based Materials. Springer-Verlag, Berlin.
3. Matovič, A. (1993) Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva. Vysoká škola zemědělská, Brno.
4. Příslušné normy ČSN a EN.
5. Webové stránky a technické listy.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: 11. 5. 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 4. 2011

  
.....  
Vedoucí katedry



  
.....  
Děkan

V Praze dne .....

## **Prohlášení**

Tímto prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma „Materiály používané k izolaci dřevostaveb“ vypracoval samostatně a použil jen zdrojů, které uvádím v seznamu citované literatury.

V Praze dne: 30.4.2011

Jan Zídek

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D., vedoucímu bakalářské práce, za jeho cenné připomínky a rady, které mi při zpracování práce poskytl.

Mé díky však především patří mé rodině za morální pomoc a podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce se zabývá charakteristikou, popisem výroby a možnostmi použití vybraných materiálů přírodního charakteru, používaných v dřevostavbách za účelem tepelné izolace. U těchto materiálů budou uvedeny hodnoty tepelně technických vlastností, které jsou nezbytné z hlediska jejich konstrukčního použití. Dále bude popsán vliv těchto materiálů na životní prostředí a jednotlivé environmentální veličiny, které se za tímto účelem používají. V závěru bude provedeno porovnání jednotlivých materiálů dle různých kritérií.

Klíčová slova: přírodní materiály, tepelná izolace, konopí, len, ovčí vlna, celulóza, korek, rákos, sláma, dřevovláknité desky.

## **Abstrakt**

This Bachelor Thesis deals with the characteristic, production technology description and usage possibilities of chosen natural materials used in timber constructions for thermal isolation. Thermal-technical characteristic values of these materials, which are essential in terms of the constructional usage will be stated. Next, the effect of these materials on the environment as well as individual environmental values used for this purpose will be described. In the conclusion, a comparison of the individual materials according to various criteria will be made.

Key words: natural materials, heat insulation, hemp, flax, sheep wool, cellulose, cork, reed, straw, fiberboards.

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Tepelně technické vlastnosti</b> .....	<b>4</b>
2.1 Objemová hmotnost, pórovitost .....	5
2.2 Tepelná vodivost ( $\lambda$ ).....	6
2.2.1 Vliv objemové hmotnosti a pórovitosti .....	6
2.2.2 Vliv vlhkosti .....	7
2.2.3 Vliv směru tepelného toku anizotropních látek.....	7
2.3 Tepelný odpor .....	8
2.4 Měrná tepelná kapacita (c).....	8
2.5 Difúzní odpor ( $\mu$ ).....	9
2.6 Hořlavost.....	9
<b>3. Vliv stavebních materiálů na životní prostředí</b> .....	<b>10</b>
3.1 Množství vázané primární energie .....	12
3.2 Emise CO <sub>2</sub> jako produkt stavební výroby.....	12
3.3 Emise SO <sub>2</sub> – potenciál zakyselení životního prostředí.....	13
<b>4. Přírodní izolační materiály</b> .....	<b>14</b>
4.1 Konopí .....	15
4.1.1 Výroba.....	16
4.1.2 Mechanické vlastnosti.....	17
4.1.3 Tepelně technické vlastnosti .....	18
4.1.4 Hořlavost.....	18
4.1.5 Použití a manipulace .....	19
4.2 Len.....	21
4.2.1 Výroba.....	22
4.2.2 Vlastnosti .....	22
4.2.3 Použití a manipulace .....	23
4.3 Ovčí vlna.....	24
4.3.1 Výroba.....	24
4.3.2 Vlastnosti .....	26
4.3.3 Použití a manipulace.....	28
4.3.4 Druhy izolací z ovčí vlny .....	29
4.4 Celulóza .....	31
4.4.1 Výroba.....	31
4.4.2 Vlastnosti .....	32
4.4.3 Použití a způsoby aplikace .....	33
4.5 Korek .....	34
4.5.1 Výroba.....	35
4.5.2 Vlastnosti .....	36
4.5.3 Použití .....	37
4.6 Sláma .....	38
4.6.1 Slaměné balíky .....	38
4.6.2 Výroba slaměných panelů .....	39
4.6.3 Vlastnosti slámy .....	40
4.6.4 Použití a manipulace .....	44
4.7 Rákos .....	46
4.7.1 Zpracování rákosu a výroba izolací.....	46

4.7.2	Vlastnosti .....	47
4.7.3	Použití a zabudování rákosu ve stavbách.....	47
4.8	Dřevo .....	49
4.8.1	Výroba dřevovláknitých desek.....	49
4.8.2	Vlastnosti .....	50
4.8.3	Použití a manipulace.....	52
4.9	Srovnání materiálů .....	53
<b>5.</b>	<b>Citovaná literatura .....</b>	<b>55</b>

## Seznam tabulek

Tab. 2.1	Součinitel tepelné vodivosti vzduchu v závislosti na průměru pórů (Halahyja, a kol., 1998).....	6
Tab. 2.2	Závislost součinitele tepelné vodivosti na směru tepelného toku (Halahyja, a kol., 1998) .....	7
Tab. 2.3	Vztah mezi požadavky na stupně hořlavosti a třídami reakce na oheň podle ČSN 730810 .....	9
Tab. 3.1	Hodnoty podílu složky PEI a míra vlivu na kvalitu životního prostředí vyjádřená parametry GWP a AP u vybraných materiálů.....	11
Tab. 4.1	Hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na směru vláken a vlhkosti, udávané různými autory. Zpracovali (Grmela, Čuprová 2010) .....	42
Tab. 4.2	Vybrané vlastnosti organických a anorganických izolačních materiálů zpracované od několika autorů (Chybík, 2009; Minke, 2009; Dřevo & Stavby, 2010)	53
Tab. 4.3	Souhrn druhů přírodních tepelných izolací a jejich parametrů (Dřevo & Stavby, 2010).....	54

## Seznam obrázků

Obr. 3.1	Množství vázané primární energie ve vybraných materiálech .....	12
Obr. 3.2	Emise CO <sub>2</sub> uvolněné při výrobě materiálu .....	13
Obr. 3.3	Emise SO <sub>2</sub> – potenciál zakyselení životního prostředí.....	14
Obr. 4.1	Konopné vlákno (Zach & Sedlářová, 2008).....	16
Obr. 4.2	Tepelně izolační rohože z konopí .....	19
Obr. 4.3	Konopná plst' a plstěné pásy .....	20
Obr. 4.4	Struktura desky z konopného pazdeří (Zach & Sedlářová, 2008) .....	20
Obr. 4.5	Konopné pazdeří (Zach & Sedlářová, 2008) .....	21
Obr. 4.6	Snopek ze lnu a lněné tepelné izolace .....	23
Obr. 4.7	Sorpce formaldehydu nylonem a ovčí vlnou .....	27
Obr. 4.8	Izolace z ovčí vlny vložená do sedla a drážky srubového trámu .....	28
Obr. 4.9	Tepelně izolační rohože z ovčí vlny .....	29
Obr. 4.10	Tepelná izolace z ovčí vlny se prodává nejčastěji v rolích .....	29
Obr. 4.11	Tepelná izolace z ovčí vlny ve formě měkkých desek .....	30
Obr. 4.12	Silně zplstnatěný pás z ovčí vlny jako izolace kročejového hluku .....	30
Obr. 4.13	Tepelná izolace na bázi celulózy .....	32
Obr. 4.14	Oblast výskytu korku .....	35



Obr. 4.15 Korková tepelně izolační deska .....	37
Obr. 4.16 Slaměný balík .....	39
Obr. 4.17 Vzhled vnitřku panelu ze slaměných vláken (Št'astník, a kol., 2006).....	39
Obr. 4.18 Izotermy sorpce pro vybrané stavební materiály .....	41
Obr. 4.19 Vzduchová neprůzvučnost betonové stěny tl. 120 mm a stěny ze slámy tl. 450 mm .....	43
Obr. 4.20 Přehled technologií využití slámy ve stavbách .....	44
Obr. 4.21 Řez nosným panelem z lisované slámy .....	45
Obr. 4.22 Rákosové rohože .....	48
Obr. 4.23 Rákosové role .....	48
Obr. 4.24 Dřevovláknité izolační desky .....	52

## 1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá charakteristikou a popisem technologie výroby vybraných druhů materiálů a možnostmi jejich využití k tepelné izolaci dřevostaveb. Při zpracovávání tohoto tématu jsem zjistil, že popsat všechny materiály, které se za tímto účelem používají, by bylo velice obtížné z důvodu jejich obrovského množství, a proto jsem se zaměřil pouze na nejpoužívanější materiály přírodního charakteru. Tento výběr bych odůvodnil v několika bodech.

Jedním z těchto bodů je jednoznačně můj velice blízký vztah k přírodě, se kterou jsem v kontaktu už od svého dětství. Jako druhý důvod bych uvedl kladné ekologické vlastnosti vybraných materiálů, které se v dnešní době spojené s ubýváním surovinových a energetických zdrojů a znečišťování životního prostředí stávají stále více populárními. Avšak nedůvěra lidí k těmto přírodním materiálům stále přetrvává, a tak často dají přednost „starým, osvědčeným“ izolačním materiálům jako je např. polystyren nebo skelná vata. Podle mého názoru plyne tato nedůvěra z nedostatečné informovanosti lidí o těchto přírodních materiálech, které jak jsem v průběhu psaní této práce zjistil, leckdy svými vlastnostmi předčí tolik oblíbené anorganické materiály. A také právě proto bych rád osvětlil tuto problematiku.

Nejprve jednotlivě charakterizují tepelně technické vlastnosti a jevy, které je ovlivňují. Tyto vlastnosti jsou totiž podle mě alfou a omegou při posuzování tepelných izolací a možností jejich použití.

Další kapitolu jsem věnoval environmentálnímu pohledu na materiály používané k výrobě tepelných izolací, abych poukázal na odlišnosti mezi přírodními a syntetickými materiály, které jsou z mého pohledu nezanedbatelné.

V závěru práce bude provedeno srovnání uvedených přírodních materiálů s materiály konkurenčními, což jsou syntetické materiály dle různých kritérií. A také zde bude uveden přehled vlastností jednotlivých tepelně izolačních produktů, které se z popisovaných materiálů vyrábějí.

## 2. Tepelně technické vlastnosti

Pokud budeme mluvit o tepelné izolaci, musíme si nejdříve osvětlit, jaké vlastnosti u ní sledujeme. Nejdůležitější vlastností je tepelná vodivost, vyjádřená součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$ , protože čím je hodnota tohoto součinitele nižší, tím vyšší je tepelná účinnost izolace. Další velice důležitou veličinou, zvláště u dřevěných konstrukcí, je faktor difúzního odporu  $\mu$ , který nám udává propustnost materiálu vodní párou. Tyto vlastnosti jsou ovlivňovány zejména objemovou hmotností, pórovitostí a vlhkostí, a proto bychom tyto vlastnosti měli také pojmenovat. A v neposlední řadě samozřejmě hořlavost, která hraje velice důležitou roli při výběru izolace, zvláště pak u dřevěných konstrukcí.

Všechny tyto vlastnosti nám určují vhodnost použití tepelné izolace pro každý konkrétní případ. Každý druh materiálu se podle výrobce a způsobu výroby těmito vlastnostmi liší.

Při výpočtech bychom samozřejmě měli vycházet z hodnot uvedených v certifikátu výrobku, který by měl dodavatel se zbožím dodat. (Šubrt, 2008)

### 2.1 Objemová hmotnost, pórovitost

Objemová hmotnost je jedním z důležitých parametrů ovlivňujících tepelněizolační, akustické i fyzikálně–mechanické vlastnosti, které jsou významné z pohledu užití izolačních materiálů (Zach, 2011). Objemová hmotnost udává váhu objemové jednotky materiálu s dutinami a póry. Závisí na pórovitosti materiálu a u sypkých látek také na jejich stlačitelnosti. Udává se v jednotkách  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Halahyja, a kol., 1998).

Většina tepelně izolačních látek má pórovitou strukturu. V pórech se nachází vzduch, případně vlhkost (voda) v různém skupenství, což ovlivňuje tepelné vlastnosti izolací. To vyplývá z textu od autorů (Halahyja, a kol., 1998). Pórovitost můžeme vyjádřit podílem objemu pórů a objemu materiálu s póry. Pórovitost se vyjadřuje v procentech.

## 2.2 Tepelná vodivost ( $\lambda$ )

Tepelná vodivost vyjadřuje schopnost látky, konstrukce (např. zdi) přenášet teplo vedením (Wikipedie, 2011). Tato vlastnost je nejvýznamnějším ukazatelem tepelněizolačních vlastností materiálů. Je charakterizována součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$  ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ). (Halahyja, a kol., 1998; Škopek, 2010) Hodnota součinitele tepelné vodivosti představuje tepelný tok, který se šíří vedením přes krychli o hraně 1 m, kdy protilehlé strany krychle mají teplotní rozdíl 1 K a přitom nedochází k deformaci tepelného pole (Halahyja, a kol., 1998). Čím je tedy hodnota součinitele tepelné vodivosti menší, tím je daný materiál lepším izolantem.

Existuje řada faktorů, které ovlivňují hodnotu tohoto součinitele, čímž zhoršují, popřípadě zlepšují izolační vlastnosti daných materiálů. Proto uvádění hodnoty změřené např. ihned po vyrobení může být zavádějící a klamné. Mezi nejvýznamnější faktory patří: hustota, objemová hmotnost, pórovitost, vlhkost, směr tepelného toku v anizotropních látkách, chemické složení materiálu a v neposlední řadě také teplota látky. (Šubrt, 2008)

### 2.2.1 Vliv objemové hmotnosti a pórovitosti

Většina tepelně izolačních materiálů se skládá ze základní látky a vzduchu, který se nachází v pórech a má vliv na hodnotu součinitele tepelné vodivosti. Vzduch má totiž menší součinitel tepelné vodivosti než základní látka (Tobolka & Svoboda, 1996). Významným faktorem je také velikost a tvar pórů. V malých pórech se teplo šíří pouze vedením, ale ve větších pórech nabývá význam i proudění a sálání (Halahyja, a kol., 1998). Tato skutečnost je zřejmá z *tabulky 2.1*.

Průměr pórů $d$ [mm]	0,1	0,5	1	2	5
$\lambda$ [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ]	0,024	0,026	0,028	0,031	0,044

**Tab. 2.1** *Součinitel tepelné vodivosti vzduchu v závislosti na průměru pórů (Halahyja, a kol., 1998)*

Obecně by se tedy dalo říci, že čím menší má materiál objemovou hmotnost, tím menší je také součinitel tepelné vodivosti. (Halahyja, a kol., 1998)

### 2.2.2 Vliv vlhkosti

Vlhkost materiálu má také velký vliv na součinitel tepelné vodivosti. Je to dáno tím, že voda má jinou tepelnou vodivost než základní látka materiálu. Důležité je, v jakém skupenství se voda v pórech vyskytuje. Tepelná vodivost vody v pórech má přibližně hodnotu  $\lambda = 0,58 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , tedy asi 25 krát větší než vzduch, jak uvádí (Halahyja, a kol., 1998). Nejvyšší tepelnou vodivost má voda ve formě ledu  $\lambda = 2,3 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (Halahyja, a kol., 1998). Z toho vyplývá, že součinitel tepelné vodivosti vlhké látky bývá často větší než u látky suché. Vliv vlhkosti na součinitel tepelné vodivosti není obvykle přímo úměrný množství vlhkosti, protože  $\lambda$  roste při menších vlhkostech rychleji než při větších (Halahyja, a kol., 1998).

### 2.2.3 Vliv směru tepelného toku anizotropních látek

Anizotropní látky jsou takové, které mají v různých směrech různé vlastnosti. U anizotropních látek závisí součinitel tepelné vodivosti na směru tepelného toku vzhledem k vláknům materiálu. Uvádí autoři (Halahyja, a kol., 1998).

Typickými představiteli takovýchto látek jsou vláknité materiály, u kterých je délka vláken mnohokrát delší než jejich průměr. Ve směru rovnoběžně s vlákny jsou póry daleko větší, než póry ve směru kolmo na vlákna. Tepelný tok kolmo na vlákna tedy musí překonat větší množství pórů a mezer uvnitř vláken a mezi vlákny než tepelný tok v rovnoběžném směru. Z toho vyplývá, že  $\lambda$  bude ve směru kolmo na vlákna menší, než je  $\lambda$  při tepelném toku rovnoběžně s vlákny. Tyto skutečnosti vyplývají z textu knihy od autorů (Halahyja, a kol., 1998). Hodnoty součinitele tepelné vodivosti různých druhů dřeva jsou uvedeny v *tabulce 2.2*.

Druh dřeva	$\rho [\text{kg.m}^{-3}]$	$\lambda [\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}]$	
		kolmo na vlákna	rovnoběžně s vlákny
Měkké dřevo (jedle borovice)	400	0,18	0,41
Tvrdé dřevo (dub, javor)	600	0,22	0,49

**Tab. 2.2** *Závislost součinitele tepelné vodivosti na směru tepelného toku (Halahyja, a kol., 1998)*

## 2.3 Tepelný odpor

Tepelný odpor materiálu vyjadřuje jeho schopnost zadržet teplo. Udává, jak velká plocha je nutná k přenosu tepla o hodnotě 1 watt při rozdílu teploty 1 kelvin (Zlatník, 2004). Je závislý na tloušťce materiálu a tepelné vodivosti. Ve stavební literatuře je tento vztah znám jako 1. Fourierův zákon (Hejhálek, 2010):

$$[2.1] \quad R = \frac{d}{\lambda}$$

kde  $R$  je tepelný odpor ( $\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ )

$d$  je tloušťka materiálu (m)

$\lambda$  je součinitel tepelného odporu ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )

Převrácenou hodnotou tepelného odporu je tzv. součinitel prostupu tepla  $U$ , který naopak udává, kolik wattů tepla projde konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot 1 kelvin (Zlatník, 2004).

## 2.4 Měrná tepelná kapacita ( $c$ )

Měrná tepelná kapacita je charakterizována jako množství tepla potřebné k ohřátí 1 kg látky o teplotu 1 K (Tobolka & Svoboda, 1996). U izolací můžeme tuto veličinu v praxi sledovat tak, že pokud dojde ke zvýšení teploty uvnitř domu, přijímá izolace teplo. Naopak při poklesu teploty teplo vydává. Tím způsobuje určitou setrvačnost neboli zpoždění nárůstu či poklesu teplot při změnách vyvolaných zvenčí (Škopek, 2010). Označuje se písmenem  $c$  a udává se v jednotkách  $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  (Tobolka & Svoboda, 1996). Měrná tepelná kapacita stavebních materiálů se pohybuje v rozsahu (Halahyja, a kol., 1998):

- $c = 860 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  pro anorganické látky
- $c = 1200$  až  $1500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  pro organické látky umělého původu a smíšené anorganicko-organické látky
- $c = 1880 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  pro organické látky přirozeného původu

Nejvyšší měrnou tepelnou kapacitu má voda, kde  $c = 4186 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Zvyšováním vlhkosti látky se podle (Halahyja, a kol., 1998) zvyšuje i měrná tepelná kapacita.

## 2.5 Difúzní odpor ( $\mu$ )

Difúzní odpor představuje schopnost materiálu propouštět vodní páru (Halahyja, a kol., 1998). Nejmenší odpor proti šíření vodní páry klade vzduch. Všechny ostatní materiály mají odpor větší. Velký vliv na hodnotu difúzního odporu má struktura materiálu a použitá tloušťka (vrstva). Při popisování tepelných izolací se nejčastěji setkáme s pojmem *faktor difúzního odporu*.

Faktor difúzního odporu je poměrové číslo srovnávající difúzní odpor vrstvy materiálu s difúzním odporem stejné vrstvy vzduchu (Tobolka & Svoboda, 1996). Označuje se pomocí řeckého písmene  $\mu$ . Je to bezrozměrná veličina (Zlatník, 2004). Mezi nejlépe propustné patří vláknité materiály, kde se  $\mu$  pohybuje v rozmezí 1 – 5, naopak u polystyrenu nebo polyuretanové izolace může hodnota  $\mu$  dosahovat téměř až 300. Údaje vycházejí z tabulek z knihy od autorů (Halahyja, a kol., 1998).

## 2.6 Hořlavost

Hořlavost popisuje chování materiálu v ohni. Podle novely normy ČSN 73 0810 z roku 2009 (Požární ochrana staveb – Společná ustanovení) se stavební materiály dělí do pěti stupňů hořlavosti A, B, C1, C2, C3 (Tobolka & Svoboda, 1996). ČSN EN 13501-1 pak definuje vliv stavebních materiálu na rozvoj požáru s označením A1, A2, B, C, D, E, F (Chybík, 2009). Vztah mezi dřívějšími požadavky na stupeň hořlavosti a třídami reakce na oheň je uveden v *tabulce 2.3*.

Stupeň hořlavosti	Třída reakce na oheň
A	A1
	A2
B	B
C1	C
C2	D
C3	E
	F

**Tab. 2.3** *Vztah mezi požadavky na stupně hořlavosti a třídami reakce na oheň podle ČSN 730810 (Chybík, 2009)*

- A – nehořlavé
- B – nesnadno hořlavé
- C1 – těžce hořlavé
- C2 – středně hořlavé
- C3 – lehce hořlavé

Podle německé normy DIN 4102 je dělení hořlavosti materiálů poněkud jiné, proto nelze údaje z cizí literatury k nám přímo přenášet. Třídění podle normy DIN 4102 je následující, uvádí (Chybík, 2009):

- A – nehořlavé látky (například zdivo, beton, sádrokarton, minerální vlákna, cementotřískové desky)
  - A1 – nehořlavé hmoty bez organických látek
  - A2 – nehořlavé hmoty s organickými látkami
- B – hořlavé látky
  - B1 – materiály těžce hořlavé (například lehké dřevovláknité desky, dubové parkety)
  - B2 – látky normálně hořlavé (například dřevo, organické tepelné izolace)
  - B3 – materiály lehce hořlavé (nesmějí se ve výstavbě využívat)

### **3. Vliv stavebních materiálů na životní prostředí**

V současné době bychom neměli zapomínat na aktuální témata spojená s ubývajícemi zásobami surovinových a energetických zdrojů, s globálními a klimatickými změnami a s nadměrným znečišťováním půd, vody a ovzduší. Tyto procesy ovlivňují také produkty stavební výroby, jelikož výstavba a vlastní provoz budov patří mezi hlavní spotřebitele energetických a surovinových zdrojů a významně se podílí na znečišťování životního prostředí, a to nejen v období výstavby, ale také v průběhu všech fází existence. Například budovy postavené v Evropské unii spotřebovávají v rámci jejich životnosti 40 % veškeré energie, z 30 % se podílí na produkci CO<sub>2</sub> a vytvářejí přibližně 40 % všech odpadů (Udržitelná výstavba budov - východiska a principy, 2005).



Při hodnocení materiálů je nezbytné přihlížet také k jejich ekologické stopě. Sleduje se, s jakými environmentálními důsledky lze různé stavební materiály použít. Je nezbytné numericky definovat podíl energetické složky a míru vlivu produktu na kvalitu životního prostředí (Ekologická výstavba EPD, 2008). Energetickou složkou se myslí energie použitá na těžbu a přepravu surovin, zpracování hmot, transfer a zabudování stavebních výrobků, užívání a jejich údržbu a v neposlední řadě demolici, recyklaci popřípadě uložení vzniklého odpadu. (Chybík, 2010)

Rozlišují se tři hlediska:

- množství vázané primární energie (*PEI – Primary Energy Input*)
- emise CO<sub>2</sub> ekv. (*GWP – Global Warming Potential – potenciál globálního oteplování*)
- emise SO<sub>2</sub> ekv. (*AP – Acidification Potential – potenciál zakyselení životního prostředí*)

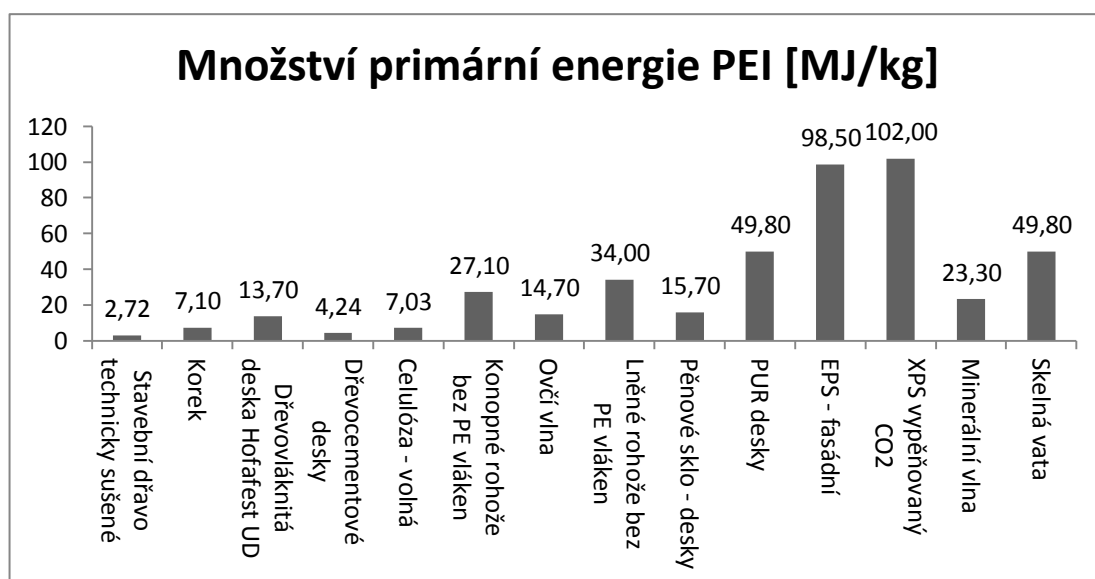
Materiál	ρ	PEI	GWP	AP
	[kg/m <sup>3</sup> ]	[MJ/kg]	[kg CO <sub>2</sub> ekv /kg]	[kg SO <sub>2</sub> ekv /kg]
Stavební dřevo sušené na vzduchu	540	1,89	-1,409	0,00124
Stavební dřevo technicky sušené	500	2,72	-1,49	0,00161
Korek	120	7,1	-1,23	0,00274
Dřevovláknitá deska Hofafest UD	260	13,7	-0,183	0,00688
Dřevocementové desky	500	4,24	-0,098	0,0011
Celulóza - volná	35	7,03	-0,907	0,00341
Konopné rohože bez PE vláken	30	27,1	-0,377	0,00437
Ovčí vlna	30	14,7	0,045	0,00266
Lněné rohože bez PE vláken	30	34	0,121	0,00772
Pěnové sklo - desky	105	15,7	0,943	0,00227
PUR desky	68	49,8	2,26	0,016
EPS - fasádní	18	98,5	3,35	0,0216
XPS vypěňovaný CO <sub>2</sub>	38	102	3,44	0,0211
Minerální vlna	33	23,3	1,64	0,0105
Skelná vata	25	49,8	2,26	0,016

**Tab. 3.1** Hodnoty podílu složky PEI a míra vlivu na kvalitu životního prostředí vyjádřená parametry GWP a AP u vybraných materiálů (Chybík, 2009)

### 3.1 Množství vázané primární energie

Množství vázané primární energie (PEI), někdy označované také jako tzv. šedá energie, vypovídá o množství energie v daném materiálu, které bylo vynaloženo na těžbu suroviny, výrobu a dopravu materiálu. Udává se v jednotkách MJ.kg<sup>-1</sup>. (Chybík, 2009)

Vázaná primární energie dosahuje nejvyšších hodnot u látek ropného původu. Mezi materiály s největší hodnotou PEI patří expandovaný polystyren (EPS) a extrudovaný polystyren (XPS), s hodnotami pohybujícími se kolem PEI = 100 MJ/kg. Náročná na primární energii je také skelná vata, která má zhruba poloviční hodnotu oproti polystyrenu. Její výhodou však je, že se při výrobě používá skelný odpad. Avšak například minerální vlna s hodnotou PEI = 23,3 MJ/kg nebo desky z pěnového skla PEI = 15,7 MJ/kg váží menší množství primární energie než konopné nebo lněné rohože. Ostatní přírodní materiály vykazují hodnoty PEI < 15 MJ/kg. (Chybík, 2010)



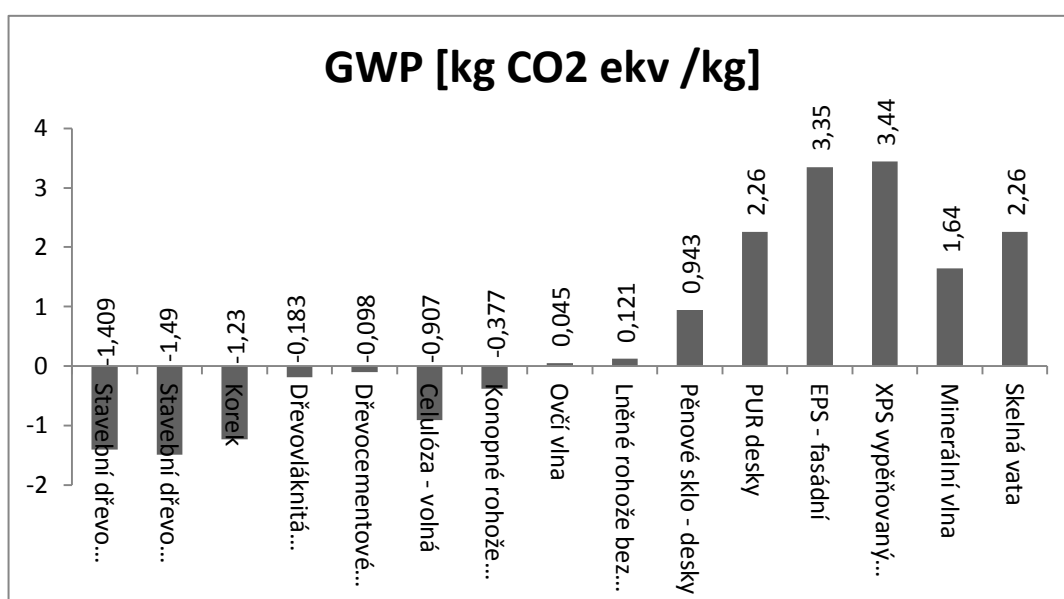
Obr. 3.1 Množství vázané primární energie ve vybraných materiálech.  
Použité hodnoty uvádí (Chybík, 2009).

### 3.2 Emise CO<sub>2</sub> jako produkt stavební výroby

Emise CO<sub>2</sub> ekv. (GWP – Global Warming Potential – potenciál globálního oteplování) zahrnuje emise látek přispívajících ke skleníkovému efektu. Množství

CO<sub>2</sub>, které se vyskytuje v atmosféře, se považuje za srovnávací ekvivalent. Uvádí se kolik kilogramů CO<sub>2</sub> se uvolní při výrobě materiálu. (Chybík, 2009)

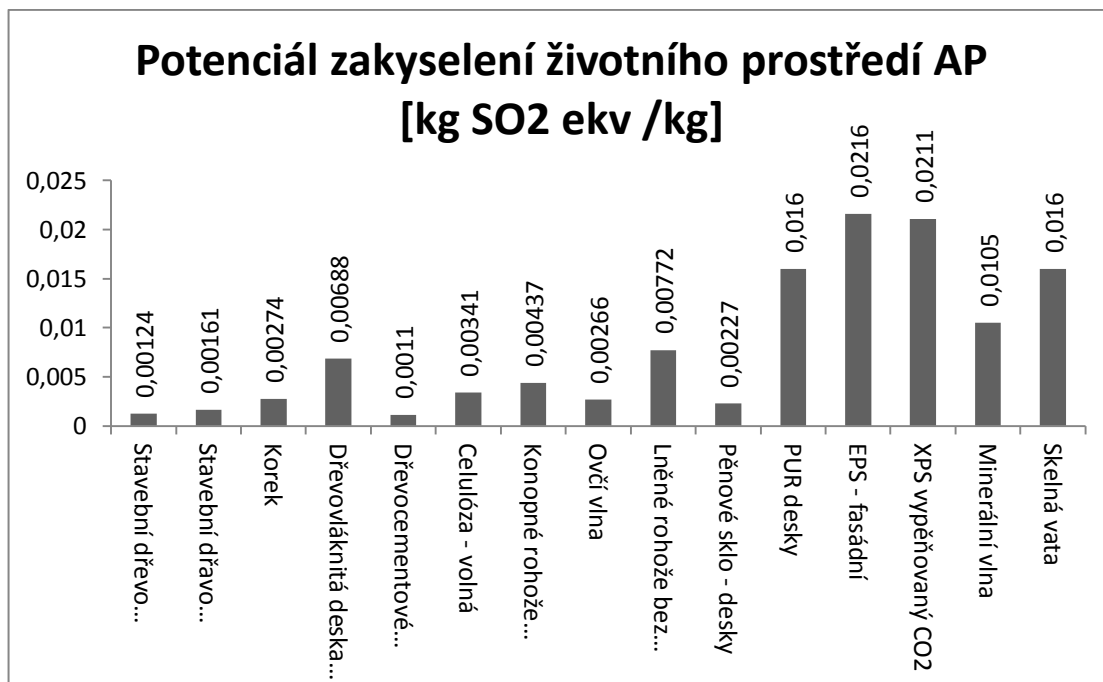
Mezi tepelnými izolacemi dosahují nejvyšších hodnot polystyreny, vlny ze skleněných a minerálních vláken a pěnová skla. Z přírodních materiálů se v plusových hodnotách pohybuje ovčí vlna, což je způsobeno poměrně složitým procesem úpravy. Další přírodní materiály, používající se k výrobě tepelných izolací jako jsou dřevo, konopí, len, korek, sláma nebo rákos, mají hodnotu GWP zápornou, protože absorbují během růstu více CO<sub>2</sub>, než se uvolní při jejich přípravě a zabudování ve stavbě. (Chybík, 2010)



Obr. 3.2 Emise CO<sub>2</sub> uvolněné při výrobě materiálu. Použité hodnoty uvádí (Chybík, 2009).

### 3.3 Emise SO<sub>2</sub> – potenciál zakyselení životního prostředí

Emise SO<sub>2</sub> ekv. (*AP – Acidification Potential* – potenciál zakyselení životního prostředí). Jako ekvivalent se sice používá SO<sub>2</sub>, ale údaj zahrnuje i jiné plyny, které se rovněž podílejí na acidifikaci. Především oxid dusíku a amoniak. Tento méně známý, ale také důležitý údaj informuje o nezvratném procesu zasíření přírody průmyslovou produkcí. Plyny reagují a váží se v atmosféře na vodu a dopadají na Zemi především ve formě kyselých dešťů, které přispívají k poškozování nejen vodních, lesních a půdních ekosystémů, ale i budov a uměleckých předmětů exponovaných ve venkovním prostředí. (Chybík, 2009)



**Obr. 3.3** Potenciál zakyselení životního prostředí u vybraných materiálu.  
*Použité hodnoty uvádí (Chybík, 2009).*

#### 4. Přírodní izolační materiály

Přírodní tepelné izolace se vyrábějí z obnovitelných zdrojů živočišného (například ovčí vlna) nebo rostlinného (dřevní nebo stonkové) původu. Dřevní hmota je získávána v našich podmínkách nejčastěji ze dřeva smrkového jako odpadu při výrobě řeziva pro stavební nebo jiné účely. Jedná se o hmotu jakou je dřevní vlna, dřevní vlákna, hobliny, nebo celulóza. Dřevního původu je také korek, který se také po vhodném zpracování může použít jako tepelná izolace. Kvůli vysoké ceně se však tento materiál v našich zeměpisných šířkách téměř nepoužívá.

Do kategorie surovin rostlinného stonkového původu můžeme zařadit konopí, rákos, len, bavlnu a jiné. Tyto materiály jsou v České republice daleko dostupnější, a jsou tedy cenově přijatelnější a používanější. Takto hodnotí přírodní materiály autor (Mohapl, 2010).

## 4.1 Konopí

Konopí (*Cannabis sativa* L.) můžeme zařadit mezi obnovitelné, rychle rostoucí a ekologicky velmi šetrné materiály. Jako surovina je konopí vhodné na výrobu stavebních materiálů a je vynikající alternativou dřeva, které navíc svými vlastnostmi v lecčems předčí.

Jeho předností je velice rychlá obnovitelnost. Rostlina je během 120 dnů schopna dosáhnout výšky až 4,5 m uvádí (Chybík, 2009). Naopak autor (Zach & Sedlářová, 2008) ve své publikaci uvádí, že je konopí schopno dorůst výšky až 6 m. V České republice jej lze pěstovat do nadmořské výšky 450 m, udávají (Zach & Sedlářová, 2008). Z jednoho hektaru je možné sklídit 12 tun suché suroviny, ze které se vyrobí až 8 tun stavebního materiálu podle (Chybík, 2009), který postačí k výstavbě menšího rodinného domu. Rychlý růst způsobuje, že rostliny zastíňují půdu, čímž se zabránují růstu plevelů, tvrdí (Čuprová, 2009; Chybík, 2009). Díky tomu není zapotřebí žádných herbicidů, (Čuprová, 2009).

Není potřebné ani použití insekticidu, protože rostlina obsahuje látky odpuzující hmyz (Chybík, 2009). Navíc rostlina odbourává velké množství CO<sub>2</sub> ze vzduchu, její kořenový systém kypří půdu, absorbuje těžké kovy z kontaminovaných půd a brání erozi na svazích, uvádí autorka (Čuprová, 2009).

Podle (Zach & Sedlářová, 2008) je konopí tvořeno celulórou (45 – 55 %), hemicelulórou (16 – 18 %), ligninem (4 – 28 %), pektiny (4 – 18 %) a pryskyřicemi, popelovinami a proteinem v zastoupení (6 – 7 %).

Z konopných vláken jsou vyráběny konstrukční desky i tepelně – izolační materiály ve formě desek či rouna. Pro izolaci těžce přístupných nebo nepravidelných míst je používána konopná foukaná sypká izolace. U dřevěných konstrukcí se s konopím setkáme nejčastěji v podobě vláknitých tepelných izolací, popřípadě ve směsi s vápnem a cementem jako konstrukční desky podlah, stěnových konstrukcí a střešních plášťů. U roubených staveb se konopí využívá k utěšňování spár mezi trámy. (Chybík, 2009)

### 4.1.1 Výroba

Jelikož vlastnosti suroviny udávají kvalitu výrobku, jsou požadavky na vstupní surovinu vysoké. Sklizeň a sušení konopí podléhá přísnému režimu, nevhodný způsob může surovinu znehodnotit. Usušené rostliny se dále zpracovávají v tírně, kde se rozvolňují a krátí konopné stonky. Vlákno se zjemňuje a snižuje se podíl pazdeří. Tento postup uvádí autor (Škopek, 2010).

Ústřední surovinou je tedy kvalitní konopné vlákno a v malé míře pazdeří. Podle autora (Škopek, 2010) by takováto surovina měla mít následující parametry:

- délka vlákna 5 až 9 cm
- obsah pazdeří max. 10 až 15 %
- absence zemitých či jiných příměsí
- jednotné vlastnosti v celém objemu suroviny



**Obr. 4.1 Konopné vlákno (Zach & Sedlářová, 2008)**

Další složkou je BiCo vlákno – bikomponentní (dvousložkové) syntetické vlákno složené kombinací PE/PP (polyetylen/polypropylen) (Škopek, 2010). Toto vlákno plní účel pojiva a zajišťuje výrobku soudržnost, tvarovou stabilitu a dostatečnou pružnost (Zach & Sedlářová, 2008; Škopek, 2010). V konopných izolacích je podíl tohoto BiCo vlákna maximálně 10 – 15 % (Škopek, 2010; Chybík, 2009), přičemž snahou výrobců je tento podíl stále snižovat. Konopná izolace obsahuje ještě malé množství sody podle (Chybík, 2009) (3 – 5 %), která se přidává jako retardant hoření a růstu plísní.

Do tuhých desek, které jsou používány na fasády nebo do podlah se do konopného vlákna přidává také konopné pazdeří, dřevitá dužina obsažená ve stoncích, která zvyšuje tuhost výsledné tepelné izolace (Mohapl, 2010). Konopné

pazdeří obsahuje 53 % celulózy, 21 % ligninu, 18 % ostatních látek (pektin, protein) a pod 10 % vody, udávají ve svých člancích (Čuprová, 2009; Mohapl, 2010).

Popsaná směs je na technologické lince několikrát promíchána tak, aby vznikla homogenní hmota, která se v termofixační směsi prohřívá na teplotu přibližně 135 °C (Mohapl, 2010). Při této teplotě dochází k propojení konopného vlákna s pojivem. Takto vzniklá hmota se již pouze nakrájí a zabalí. Z popsaného procesu výroby je zřejmé, že technologický postup je velice jednoduchý a energeticky nenáročný.

#### **4.1.2 Mechanické vlastnosti**

Konopné izolace jsou díky houževnatosti konopného vlákna dostatečně pružné, po krátkodobém stlačení se navrátí do svého původního tvaru. Tato vlastnost je důležitá zejména při aplikaci izolace mezi konstrukční prvky, kdy se nelze vyvarovat zmáčknutí, jak uvádí (Chybík, 2009). Svůj tvar si však konopné izolace udržují i dlouhodobě, takže nedochází k sesedání a nežádoucímu vzniku dutin, tvrdí (Škopek, 2010).

Objemová hmotnost konopné izolace se pohybuje mezi 24 – 42 kg.m<sup>-3</sup> (Hall, 2010), což umožňuje velice snadnou manipulaci. Autoři (Čuprová, 2009; Zach & Sedlářová, 2008) uvádí, že objemová hmotnost může dosahovat až 100 kg.m<sup>-3</sup>. U desek z pazdeří se pak objemová hmotnost pohybuje kolem 250 – 500 kg.m<sup>-3</sup> (Zach & Sedlářová, 2008).

U zatížených izolací je důležitá jejich pevnost (závisí na ní míra stlačení, při dlouhodobém zatížení) a dynamická tuhost (důležitá pro akustický útlum).

U desek o objemové hmotnosti 112 kg/m<sup>3</sup> byla zjištěna hodnota napětí při 10 % deformaci 36,9 kPa. Dynamická tuhost těchto desek je 20,8 MPa/m (výsledky laboratorního zkoumání na VUT v Brně). Zjištěné hodnoty ukazují, že konopné desky o objemové hmotnosti přes 100 kg/m<sup>3</sup> jsou velmi dobře využitelné i do lehkých a těžkých podlahových konstrukcí. Toto zkoumání uvádí ve svém článku (Škopek, 2010).

### 4.1.3 Tepelně technické vlastnosti

Přestože je způsob výroby velice prostý, vzniklá tepelná izolace má technické vlastnosti velice podobné běžně používaným vláknitým izolacím, například čedičové nebo skelné vatě, uvádí (Mohapl, 2010). Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  je podobný jako uvedených materiálu a pohybuje se v intervalu 0,04 až 0,042  $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (Mohapl, 2010). Jako výpočtová hodnota se však uvádí  $\lambda = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  (Chybík, 2009). Měrná tepelná kapacita  $c$  se pohybuje v rozmezí  $c = 1600 - 1700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , což je téměř dvojnásobek hodnoty, kterou mají minerální vlákna, uvádějí (Mohapl, 2010; Chybík, 2009). Faktor difúzního odporu mají konopné desky velice nízký, což je činí velice dobře propustnými. Pohybuje se mezi hodnotami  $\mu = 1 - 2$  (Škopek, 2010; Hall, 2010).

Kromě vysoké difúzní propustnosti má konopná izolace na rozdíl od minerální další výhodu a to schopnost redistribuce vlhkosti. Obecně je to schopnost materiálu vyrovnávat a předávat vlhkost celým svým objemem. Díky ní nedochází ke vzniku lokálních koncentrací vlhkosti. Vlhkost je materiálem vedena (distribuuována) do celého objemu, čímž je vytvořena mnohonásobně větší plocha pro odvětrávání a materiál se tak snadněji vysouší, vychází z článku od (Škopek, 2010).

### 4.1.4 Hořlavost

Podle ČSN EN 13501-1 z roku 2007 je konopná izolace podle reakce na oheň klasifikována do třídy E, což znamená hořlavou hmotu v kontaktu s plamenem (podle DIN 4102-1 je konopná izolace zařazena do třídy B2) (Chybík, 2009). Tato vlastnost je nepříjemná hlavně u nosných a požárně dělících sloupkových konstrukcí. Opláštění izolace požárně odolným obkladem může být jedno z řešení tohoto problému (Škopek, 2010).



#### 4.1.5 Použití a manipulace

Konopné izolace se úspěšně využívají jako náhrada výrobků ze skleněné vaty a minerálních vláken. Na rozdíl od těchto materiálů však nedráždí plíce ani pokožku, proto není potřeba používat žádné ochranné prostředky (Mohapl, 2010).

Na stavby se dopravují ve formě rohoží, v rolích nebo jako plst'. Manipulace s nimi je jednoduchá. Snadno se tvarově upravují pomocí motorových či elektrických pil. Menší množství je možno upravovat pouhým řezáním noži. Díky dobré elasticitě mohou odřezky posloužit k utěšňování spár (Chybík, 2009).

##### Rohože z konopí

Rohože z konopí se používají na tepelnou izolaci všech typů konstrukcí – vnitřních i obvodových stěn, šikmých střech, stropů a podlah. Rohože mají mít přibližně o 20 mm větší rozměr, než je vzdálenost nosných prvků, mezi které budou vkládány, tvrdí autoři (Chybík, 2009; Čuprová, 2009). Zajistí se tak těsné uložení bez mezer, které by mohlo vytvářet bodové nebo lineární tepelné mosty. Rohože se vyrábějí v tloušťkách od 30 – 220 mm. Pro větší tloušťkovou dimenzi se rohože překládají (Chybík, 2009). Rohože bývají dodávány buď to jako pláty nebo svinuté do rolí.



*Obr. 4.2 Tepelně izolační rohože z konopí (www.izolace-konopi.cz)*

### **Konopné plstě a pásy**

Konopné plstě se používají pod nášlapné vrstvy parketových nebo laminátových podlahy. Funkcí těchto plstí je ochrana zabudovaného dřeva do podlah před výkyvy vlhkosti díky své schopnosti vázat vodní páry z okolního vzduchu. Standardně jsou podle (Chybík, 2009) dodávány v rolích dlouhých 15 – 25 m a tloušťkách 3,5 – 10 mm.

Plstěné konopné pásy se používají jako oddělovací a dělicí materiál, při pokládání různých dřevěných vrstev na sebe a při kladení dřevěných podlah pro vyplnění styku podlahy se stěnou. (Chybík, 2009)



*Obr. 4.3 Konopná plst' a plstěné pásy (www.izolace-konopi.cz)*

### **Desky z konopného pazdeří**

Tyto desky se skládají z odpadního konopného pazdeří a anorganického pojiva (nejčastěji cementem nebo vápnem). Díky tomu vykazují desky z pazdeří lepší mechanické vlastnosti než desky vláknité, a proto se velice dobře hodí např. pro kontaktní zateplení. Mohou se též využívat jako ztracené bednění ve formě různých tvarových výrobků. (Zach & Sedlářová, 2008)



*Obr. 4.4 Struktura desky z konopného pazdeří (Zach & Sedlářová, 2008)*

## **Drť z konopného pazdeří**

Drť z konopného pazdeří se používá jako sypký izolační materiál. Hodí se pro izolace podlah, stěn a střech. Konopné pazdeří je možné využít také pro výrobu kompozitních materiálů použitím nejrůznějších pojiv. (Chybík, 2009)



*Obr. 4.5 Konopné pazdeří (Zach & Sedlářová, 2008)*

## **4.2 Len**

Len setý (*Linum usitatissimum* L.) můžeme podobně jako konopí zařadit do skupiny přírodních obnovitelných materiálů. Jen pro představu, internetová encyklopedie (Wikipedia, 2011) uvádí, že v roce 2009 se celosvětová roční produkce lněných vláken (včetně koudelky) odhadovala na 0,5 milionu tun. Autor (Chybík, 2009) uvádí, že len roste především v horských a podhorských oblastech. Je to velice nenáročná rostlina, která ke svému rychlému růstu nepotřebuje žádné ošetření umělými hnojivy ani chemickými přípravky. V surovém lnu tvoří podle (Chybík, 2009) jednotlivá 20 až 50 mm dlouhá vlákna svazek o délce 500 až 900 mm. Dlouhých vláken používaných na výrobu tepelně izolačních materiálů je přibližně 7% z celkové hmotnosti sklizně tvrdí (Chybík, 2009). Podle autora (Vilíkovský, 1928) zhruba 84 % stonků tvoří póry. Takže ve 100 kg stonků lnu je přibližně 66,5 litrů vzduchu. Na pevné části připadá jen 16 % objemu stonků. Z něj tvoří 20 – 25 % lýko a z nich pouze 58 % jsou upotřebitelná vlákna.

#### 4.2.1 Výroba

Nejprve se len mechanicky láme. V další fázi se oddělují dlouhá a krátká vlákna. Vlákna se dále zplstňují na textilních strojích, tím vznikají tenké pásy rouna, které se navrstvují do požadované tloušťky. Přitom se na vlákna nanáší škrobové lepidlo a boritá sůl, amonné soli nebo vodní sklo (8%) kvůli zlepšení požární odolnosti. Lněné vlákna mají tendenci se lámat. Za účelem zlepšení pružnosti se podobně jako u konopných izolací přidávají do lněných vláken polyesterová vlákna (přibližně 20%). Tuto technologii uvádí autor (Chybík, 2009) v knize Přírodní stavební materiály.

#### 4.2.2 Vlastnosti

Lněné izolace mají obecně velmi podobné vlastnosti jako izolace z konopí, což vyplývá z hodnot uvedených výrobcí konopných izolací (CANABEST, HOCK, SMERČINA HOFATEX) a německým výrobcem lněné izolace (FLACHSHAUS). Podobně jako u konopí jsou lněné izolace odolné proti napadení plísněmi, hmyzu a jsou snadno kompostovatelné, uvádí (Chybík, 2009; M.T.A, 2011). Z ekologického hlediska je nespornou výhodou také recyklovatelnost již „dožitých“ izolací (Chybík, 2009).

(Chybík, 2009) dále uvádí, že hlavní nevýhodou lněných vláken je jejich snadná lámavost, ačkoliv jejich odolnost v tahu je velice dobrá. Objemová hmotnost lněných izolací je podle (Hall, 2010) v rozmezí  $20 - 80 \text{ kg.m}^{-3}$ .

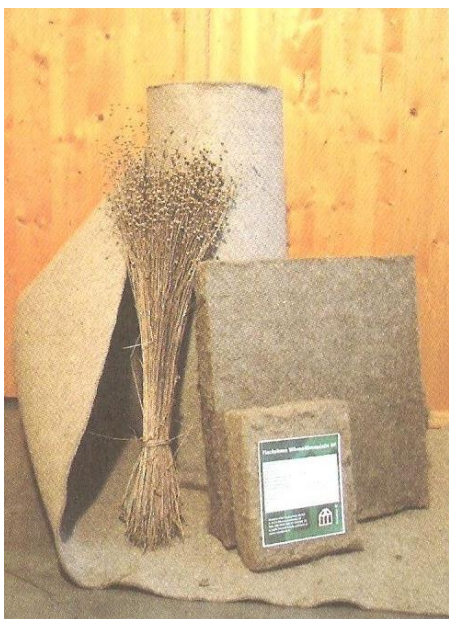
Prospekt produktu Termolen TID firmy (M.T.A, 2011) uvádí tepelnou vodivost  $\lambda = 0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Tepelnou kapacitu  $c = 1550 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a difúzní odpor  $\mu = 1$ . Tyto vlastnosti jsou velice podobné jako u konopných izolací, což poukazuje i na velice podobné použití.

Lněné izolace se řadí podle EN 13501-1 do třídy E podle (M.T.A, 2011).

### 4.2.3 Použití a manipulace

Lněné izolace by se neměly v žádném případě používat v konstrukcích, které nejsou trvale odděleny od zemní vlhkosti, tvrdí (Chybík, 2009). Při použití materiálu je nutné výpočtově prověřit, jak se bude chovat konstrukce s ohledem na možnost vzniku vlhkostních polí způsobených kondenzací par, přičemž se dbá na to, aby roční bilance vodní páry byla aktivní a množství zkondenzované vody bylo nižší než  $0,10 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ .

Použití a manipulace se velice podobá konopným rohožím. Nejčastěji se lněná izolace vkládá mezi nosné prvky stěn, šikmých střech a stropních konstrukcí. Při zabudování se podobně jako konopné rohože přirezávají s nadmírou cca 10 mm podle (M.T.A, 2011; Chybík, 2009). Připevňování např. hřebíky, sponkami nebo lepením není nutné. Pro tvarové úpravy se používá buď okružní pila, elektrická ocaska se zábrusovým nožem, při malém množství postačí i nůž, publikuje (M.T.A, 2011).



*Obr. 4.6 Snopek ze lnu a lněné tepelné izolace (Chybík, 2009)*

## 4.3 Ovčí vlna

Ovčí vlnu můžeme klasifikovat jako přírodní, obnovitelný a ekologický materiál. Ve stavebnictví se vlna využívá velice krátce, nelze tedy hovořit o klasickém nebo tradičním materiálu. Je to dáno historickým vývojem a potřebou trhu. Dříve byla ovčí vlna žádána zpravidla v textilním průmyslu. V současné době již není ovčí vlna pro textilní průmysl tak žádaná, a protože je ovce nutné stále stříhat a vzniklý produkt zpracovat nebo zlikvidovat, řeší se tento přebytek výrobou stavebních izolací. Tato myšlenka vychází z článku od autora (Mohapl, 2010).

Podle (Chybík, 2009) žije na světě přibližně 1,2 miliardy ovcí. Každá ročně vyprodukuje 2,5 kg až 5 kg vlny. Autor (Nešťák, 2010) tvrdí, že u hrubovlnných plemen může roční přírůst dosahovat až 15 kg. Ovce se stříhají jednou až dvakrát do roka. Nejvhodnější období je jaro. Stříháním se získává tzv. rouno, ze kterého se pak dále vyrábějí tepelné izolace (Nešťák, 2010).

### 4.3.1 Výroba

Výrobky z ovčí vlny jsou od začátku do konce výrobního procesu šetrné k životnímu prostředí. Hmota je získávána jen ze zdravých živých zvířat, ze suroviny, která před zpracováním prošla kontrolou příslušné veterinární zprávy, (Chybík, 2009).

Nejprve se stříháním ovcí získává tzv. rouno, což je výraz pro plošnou vrstvu vzájemně se prolínajících vláken. Tato vlákna jsou slepená potem, tukem a nečistotami, které tvoří 15 až 50%, uvádějí autoři (Nešťák, 2010; Krňanský, 2010). Proto v první fázi je třeba vlnu zbavit těchto nečistot. Opakovaně se pere ve vodním roztoku teplém 40 °C, do kterého se na 1 litr přidává 0,5 g pracího prostředku a 1 g sody (Chybík, 2009). Praním se odstraní ovčí pot (KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 10 až 20 % ovčího tuku a náhodné nečistoty (prach, trus, dehet, rostlinné zbytky). Čisté rouno obsahuje zhruba 60 % vláknů, 5 % nečistot, 15 % vlhkosti, 10 % tuku a 10 % potu. Takovéto složení uvádí (Nešťák, 2010). Autor (Chybík, 2009) uvádí, že se praním separují lanolin a nečistoty, kde lanolin je ovčí tuk s obsahem voskového podílu. Skládá se z 65 % vosku, 15 % parafinového oleje 20 % vody.

Po vyprání se vlna máčí v přípravku, který slouží jako ochrana před moly, uvádějí (Krňanský, 2010). Podle (Chybík, 2009) roztok zároveň vlákna zvláčňuje, čímž zlepšuje jejich poddajnost.

V České republice se běžně používá přípravek Molantin SP, který vyrábí firma Spolchemie, a.s., z Ústí nad Labem, publikuje (Nešťák, 2010). Molantin SP je 10 % roztok fotostabilního syntetického pyrethroidu. Je to čirá kapalina jantarového zbarvení se slabým zápachem po butanolu neionogenního charakteru. Tuto definici shodně uvádí (Chybík, 2009; Nešťák, 2010). Jeho příznivou vlastností je, že jím sycené odpadní vody lze odvést do kanalizačního systému, neboť nemá škodlivý vliv na mikroorganismy přítomné v aktivovaném kalu a biofiltrech pro čištění odpadních vod, tvrdí (Chybík, 2009). Jeho problém je však odpařování. Studie na téma životnosti Molantinu ve srovnání s životností ovčí vlny zatím nebyla provedena. Otázkou tedy zůstává, co se bude dít s izolací v řádu desítek let po odpaření ochranného prostředku (Nešťák, 2010). Některé firmy proto v dnešní době od tohoto prostředku upouštějí. Například rakouská firma Isolena používá na ochranu proti molům přípravek na bázi anorganické soli, která na sebe trvale váže bílkovinné molekuly aminokyselin. Díky chemické reakci se nerozpouští ve vodě a nesublimuje. Je proto zaručena trvanlivost ochrany, tvrdí (Nešťák, 2010). Autorka (Morávková, 2009) naopak tvrdí, že jako přípravek na ochranu proti molům se u ovčí vlny nejčastěji používá močovinový derivát, v množství jednoho procenta.

Po vyprání a impregnaci se vlna ještě před vlastním zpracováním musí vyčesat. Tato úprava se provádí na česacích strojích.

Vlastní výroba izolace z takto připravených vláken probíhá technologií kolmého kladení mykaného ovčího rouna bez použití jakýchkoliv pojiv, uvádějí (Chybík, 2009; Nešťák, 2010). Požadovaná tloušťka i kompaktní soudržnost materiálu vzniká opakovaným vrstvením, jednotlivé vrstvy jsou do sebe navzájem propleteny ovčími vlákny. Tuto technologii využívá například firma Isolena, uvádí autor (Nešťák, 2010). U jiných výrobců se mohou technologie vlastní výroby lišit. (Mohapl, 2010) uvádí, například, že se ovčí vlna může všívat do nosné tkaniny a podle (Chybík, 2009) být vyztužena polypropylenovou armovací mřížkou, která slouží jako manipulační vrstva zpevňující rohož.

### 4.3.2 Vlastnosti

Z ekologického hlediska patří podle (Wronová, 2010; Chybík, 2009) ovčí vlna do kategorie hmot šetřících životní prostředí. Je recyklovatelná, zdravotně nezávadná a z ní získaný odpad lze kompostovat.

Pro tepelně – izolační materiály je nejdůležitější vlastností tepelná vodivost, která se u ovčí vlny pohybuje v rozsahu  $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  až  $\lambda = 0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , tvrdí (Nešťák, 2010). To řadí ovčí vlnu mezi materiály vysoce tepelně – izolační. Tato charakteristika je podle autora (Nešťák, 2010) závislá na objemové hmotnosti, která se pohybuje mezi hodnotami od  $\rho = 12 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  až do  $\rho = 25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Tyto hodnoty objemové hmotnosti uvádí i (Chybík, 2009).

Díky své organické struktuře má ovčí vlna rozsáhlý měrný povrch, takže je schopna rychle a ve velké míře pohlcovat (sorbovat) a naopak uvolňovat (desorbovat) vodní páru. Ovčí vlna je schopna absorbovat vodu až v rozsahu 30 až 35 % vlastní hmotnosti uvádějí (Chybík, 2009; Mohapl, 2010; Krňanský, 2010), podle (Chybík, 2009; Nešťák, 2010) s minimálním vlivem na zhoršení tepelně izolační schopnosti.

Při sorpci vlhkosti se uvolňuje sorpční teplo. V zimních měsících tak zlepšuje teplotní poměry v interiéru. Naopak v letním období dochází k vypařování vodní páry. V důsledku toho se teplo spotřebuje na výpary (výparné teplo) a tím dochází k ochlazení stěn, tvrdí (Krňanský, 2010).

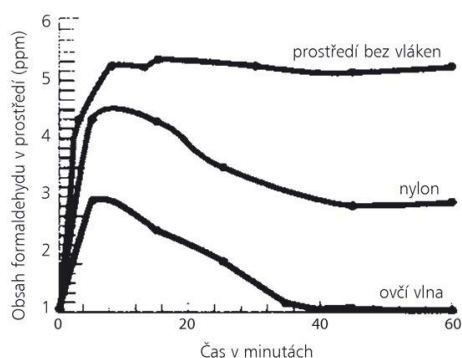
Mezi další dobré vlastnosti ovčí vlny patří schopnost trvale zachovávat pružnost, která dovolí, aby se výhodně použila jako výplňová izolace v obtížně přístupných dutinách (například utěšňování oken). (Chybík, 2009).

Nejnovější podrobné výzkumy vlastností ovčí vlny prokazují další specifické vlastnosti tohoto materiálu. Na jejich základě se dokázala schopnost vlny trvale na sebe vázat některé škodlivé látky, uvádějí autoři (Krňanský, 2010; Nešťák, 2010). Podle autora (Krňanský, 2010) jde především o látky, které dráždí horní dýchací cesty – jsou to například formaldehydy, které se dlouhodobě uvolňují z některých dřevotřískových materiálů, koberců a podobně.

Tato skutečnost je dána obsahem keratinu ve vláknech ovčí vlny, který formaldehyd neutralizuje, (Nešťák, 2010). Kromě formaldehydu je izolace z ovčí vlny schopna pohlcovat také aldehydy (jsou složkou různých lepidel, ale i



cigaretového kouře) a ozón (vzniká např. v kancelářích při činnosti laserových tiskáren a kopírek), což může mít podle (Krňanský, 2010) význam pro určité skupiny lidí, například pro alergiky. (Chybík, 2009) tvrdí, že aby ovčí vlna mohla takto fungovat, je třeba jí umisťovat v konstrukci co nejbližší vnitřnímu povrchu.



**Obr. 4.7 Sorpce formaldehydu nylonem a ovčí vlnou (Krňanský, 2010)**

Ovčí vlna nehoří. Její zápalná teplota se pohybuje mezi 560 – 600 °C uvádí (Nešťák, 2010), což je přibližně dvakrát víc než u dřeva. Vlákno taje bez zkapalnění a při hoření nevznikají žádné toxické plyny. Na této skutečnosti je shodují autoři (Chybík, 2009; Nešťák, 2010; Wronová, 2010). Ovčí vlna má také samozhášecí schopnost. Při vyšších teplotách se vlákna škvaří. Hořlavost je možno snížit aplikací přibližně 2 % retardéru hoření „HLC ITC“. Jedná se o neutrální a ekologicky neškodný produkt, uvedl (Chybík, 2009).

Podle normy DIN 4102 je ovčí vlna zařazena do třídy hořlavosti B2 (Chybík, 2009).

Nepříznivou vlastností je bohužel také cena, ve srovnání s jinými izolačními materiály bývá výrazně vyšší. Tento fakt je způsoben mimo jiné nízkoobjemovou výrobou. Dalším, cenu ovlivňujícím faktorem je velký podíl lidské práce. Ve srovnání s automatizovanou výrobou syntetických tepelných izolací nemůže bohužel ovčí vlna nikdy cenově konkurovat, tvrdí (Mohapl, 2010).

### 4.3.3 Použití a manipulace

Izolace z ovčí vlny je určena především pro zateplování obytných domů. Typické a velmi oblíbené je použití ovčí vlny do roubených staveb, kde se vkládá mezi stěnové trámy, *obrázek 4.7*. Oblíbené je také použití v nástavbách např. u památkově chráněných budov (Chybík, 2009). Nelze ji uplatňovat do míst, kde by byla v kontaktu se zemskou vlhkostí (tepelná ochrana základového pláště). Naopak nachází uplatnění v lehkých obvodových a střešních pláštích tam, kde je hlavním požadavkem tepelná ochrana, požární bezpečnost a protihluková ochrana (Mohapl, 2010). Dá se použít i na izolaci potrubí a rozvody technického zařízení budov, uvádí (Chybík, 2009).

Izolace z ovčí vlny neobsahuje plnidla, a proto není odolná proti tlaku. Není vhodná například do plovoucích podlah, na vnější zateplení panelových domů nebo na izolaci pochůzkových střeš (Chybík, 2009).

Péče a manipulace s izolacemi z ovčí vlny je díky malé objemové hmotnosti a elasticitě velmi snadná. Pokládá se prakticky bez ztrát pořezem, protože případná nepřesně oříznutá hrana se dá snadno stlačit na požadovaný rozměr (Chybík, 2009).

Fixace do stavební konstrukce se na dřevěný podklad provádí pomocí sponek popřípadě nastřelením hřebíků. Do lehkých příček a k sádrokartonovým nebo dřevěným deskám se ovčí vlna upevňuje nalepovacími hroty, oboustranně lepicí páskou, bodovým uchycením sponkami nebo hroty s roztečí menší než 400 mm (Chybík, 2009).



**Obr. 4.8** *Izolace z ovčí vlny vložená do sedla a drážky srubového trámu*  
([www.sruby-roubenky.cz](http://www.sruby-roubenky.cz))

#### 4.3.4 Druhy izolací z ovčí vlny

##### Tepelně izolační rohože

Rohože jsou zřejmě nejrozšířenějším zástupcem izolací z ovčí vlny. Zajišťují především ochranu proti teplu a chladu. Vyrábějí se v různých rozměrech. Podle přání zákazníka mohou mít rohože tloušťku od 3 do 40 cm odstupňovanou po 1 cm, šířku od 30 do 140 cm po 5cm a délky až do 10 m. Objemová hmotnost rohoží se pohybuje od 14 do 30 kg.m<sup>-3</sup>, uvádí autor (Nešťák, 2010).

Rohože lze rozdělit podle struktury materiálu. Vrstvy mykaného rouna mohou být vrstveny buď vodorovně, nebo šikmo ke směru pokládání. Další varianty rohoží a tím i jejich použití nabízí zplstnatění ploch. (Nešťák, 2010)

Pro ležaté uložení (podlahové a stropní konstrukce) se používají rohože bez zplstnatělých ploch. Rohože jednostranně zplstnatělé jsou vhodné pro šikmé a horizontální uložení. Oboustranně zplstnatělé rohože pak najdou uplatnění při izolaci fasád. (Nešťák, 2010)



*Obr. 4.9 Tepelně izolační rohože z ovčí vlny (www.ekopanely.cz)*



*Obr. 4.10 Tepelná izolace z ovčí vlny se prodává nejčastěji v rolích (www.sheepwoolinsulation.ie)*



*Obr. 4.11 Tepelná izolace z ovčí vlny ve formě měkkých desek (Krňanský, 2010)*

### **Akustické izolace**

Jde se o silně zpevněný vlněný zplstnatěný pás znázorněný na *obrázku 3.9*. Vyrábí se v tloušťkách 5, 10 a 100 cm (Isolena, 2011). Používá se např. mezi betonové podlahy a dřevěné polštáře nebo k uložení stropních trámů (Nešťák, 2010).

Pro izolace kročejového hluku se používá zplstnatěný pás se silným natronovým papírem, který se firmou Isolena vyrábí v rolích o rozměru 1 x 25 m. Lze ho použít pod všechny typy plovoucích a parketových podlah. (Isolena, 2011)



*Obr. 4.12 Silně zplstnatěný pás z ovčí vlny jako izolace kročejového hluku (www.sheepwoolinsulation.ie)*

## **Mykané provazce a volná vlna**

Mykané provazce nebo volná vlna slouží především k utěsnění dutin (např. spár u roubených staveb) a vyplnění přípojovacích spár oken a dveří. (Isolena, 2011)

## **4.4 Celulóza**

Celulóza neboli buničina je hlavní stavební látkou rostlinných organismů. Podílí se na struktuře buněčných stěn a spolu s ligninem na stavbě sekundárních buněčných stěn. Jedná se o nejrozšířenější biomakromolekulu na světě. Ročně se na světě vytvoří miliony tun této hmoty. Pro výrobu tepelných izolací z celulózy se jako surovina používá starý novinový papír. (Mohapl, 2010)

Mezi izolacemi vyráběnými z přírodních materiálů získává celulóza poměrně rychle největší zastoupení na trhu, tvrdí (Morávková, 2009). Technologie a použití tohoto materiálu získávaného ze starého novinového papíru k nám byla importována z USA a Kanady, kde se klade důraz spíše než na dlouhověkost objektu na jeho snadnou rekonstrukci za minimální náklady. To je způsobeno daleko větší migrací obyvatel v těchto státech než v Evropě. (Novotný, a kol., 1994)

### **4.4.1 Výroba**

Tepelně izolační materiály na bázi celulózy, se vyrábějí z rozvlákněného starého papíru, zejména novinového. Tento papír se po rozdrčení a přimíchání retardérů hoření a biologického napadení, boraxu a kyseliny borité, kde je potřeba zachovat odpovídající hmotnostní poměry, dostává do turbíny, kde se z něj „vytírají“ vlákna celulózy. Takovouto technologii uvádějí autoři (Novotný, a kol., 1994).

Takto vzniklé částice jsou podobné vločkám a mají většinou šedou barvu, *obrázek 3.10*. Prostor mezi vločkami vyplněný vzduchem nese tepelně izolační schopnosti tohoto materiálu. V případech, kdy je žádoucí, aby celulóza ulpívala na stěnách, je možné do popsané hmoty přidat lepidlo, uvádí (Mohapl, 2010).





*Obr. 4.13 Tepelná izolace na bázi celulózy (www.fixnews.co.cc)*

#### **4.4.2 Vlastnosti**

Parametry jako objemová hmotnost  $\rho$ , součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  a faktor difúzního odporu jsou velmi ovlivněny mírou zhutnění této sypké hmoty. Pokud je celulóza volně ložena, pohybuje se objemová hmotnost okolo  $22 - 27 \text{ kg.m}^{-3}$ . V takovém případě se  $\lambda$  pohybuje kolem  $0,04 - 0,06 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Faktor difúzního odporu je u takto uložené izolace  $\mu = 2,19$ . Ve svislých stěnách, kde bude celulóza hutněna, lze očekávat objemovou hmotnost okolo  $68 \text{ kg.m}^{-3}$  a nepatrné navýšení faktoru difúzního odporu na hodnotu  $\mu = 2,85$ . Tyto hodnoty uvádí autor (Mohapl, 2010). V informačních podkladech výrobku Climatizer Plus od společnosti (CIUR, 2011) jsou uvedeny objemové hmotnosti pro jednotlivé typy konstrukcí, jako  $30 - 50 \text{ kg.m}^{-3}$  do vodorovných konstrukcí,  $45 - 55 \text{ kg.m}^{-3}$  do šikmých a  $55 - 75 \text{ kg.m}^{-3}$  do svislých konstrukcí.

Celulózová vlákna se vyznačují výbornou tepelnou kapacitou. Autor (Hall, 2010) uvádí pro celulózová vlákna hodnotu  $c = 2200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Avšak například firma (CIUR, 2011) uvádí u výrobku Climatizer Plus hodnotu  $c = 1907 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

Celulózové vlákno má vynikající přilnavost k většině stavebních materiálů a díky foukané technologii vyplní dutiny rovnoměrně a vytvoří jednolitou,

bezspárou, souvislou izolační vrstvu a tím zabraňuje vzniku tepelných mostů i v těžce přístupných prostorách, uvádí firma (CIUR, 2011).

Kromě tepelně technických vlastností je možno tento materiál využít také pro zlepšování akustické pohody vnitřních prostor. Např. při akustických nástřících na stěny, kdy lze upravovat prostorovou akustiku (dozvuk), uvádí (Novotný, a kol., 1994).

Jednou z vlastností tepelných izolací, které nejsou deskového charakteru, je dodatečné dotvarování vlastní tíhou neboli sesednutí. Míra sesednutí je u celulózové izolace prakticky ověřená hodnota 10 %. Pneumaticky aplikovaná a dostatečně hutněná vrstva tuto vlastnost do jisté míry eliminuje. Vychází z textu autora (Mohapl, 2010).

Kyselina boritá, borax pentahydrát nebo síran hořečnatý, jimiž jsou celulózová vlákna impregnována, zajišťují zvýšenou požární odolnost. Jsou to anorganické sloučeniny, ve kterých část krystalické struktury tvoří molekuly vody. Při vysokých teplotách mění tyto látky strukturu, čímž se zbavují právě molekul vody. Voda se při teplotách nad 120 °C začne uvolňovat, a tím chladí izolaci. Při dlouhodobějším působení plamene, se vlivem postupného ohoření vytváří sklovitá vrstvička, která postup ohně zpomaluje. Uvádí autorka (Vodičková, 2008). (Hall, 2010) uvádí, že podle normy EN 13501-1 se sypané celulózové izolace řadí do třídy E podle reakce na oheň.

#### **4.4.3 Použití a způsoby aplikace**

Optimální místa pro aplikaci celulózové izolace jsou volné prostory, kde izolace nebude namáhána vlhkostí, ani silovým či tlakovým působením (Novotný, a kol., 1994). Při realizaci staveb je možno celulózovou izolaci použít jak do obvodových a střešních pláštů, tak i do stropních či podlahových konstrukcí a to buď aplikací přímo na stavbě, nebo montováním prefabrikovaných panelů. Díky snadné aplikaci se celulózové izolace hodí také pro dodatečné zateplování či rekonstrukci starších domů, vychází z podkladů firmy (CIUR, 2011).

Aplikaci je možné provádět několika způsoby. Nejjednodušší metoda prostého sypání z pytlů nepotřebuje žádnou mechanizaci, hodí se však pouze na izolaci menších ploch s dobrým přístupem. Výhodou této metody je fakt, že ji lze

provést svépomocí. Používanější aplikací je však pneumatické foukání izolace, při kterém jsou celulóзовé vločky transportovány pomocí vzduchu dopravní hadicí ze zásobníku, který bývá nejčastěji uložen v nákladním autě. Takto popisuje aplikace autor (Mohapl, 2010). Dopravní hadice standartního zařízení mají dosah do vzdálenosti asi 40 – 45 m a výšky sedmého patra, uvádí (Vodičková, 2008).

Dřevostavby skýtají velmi často i dobré možnosti pro aplikaci izolace metodou nástřiku vodní mlhou, která se provádí nejčastěji na vnitřní straně instalačních předstěn a na vnější straně difúzně otevřených fasádních plášťů. Nástřik se provádí pomocí vysokotlakých čerpadel. Vlhkost izolace při aplikaci se pohybuje kolem 20 – 30 %. Materiál o tloušťce 5 – 6 cm vysychá obvykle do dvou dnů. Na vnější straně je možné ihned aplikovanou izolaci zaklopit difúzně otevřenou deskou nebo kontaktní fasádní membránou, uvádí výrobce (CIUR, 2011).

Další možností je použití celulózy ve formě deskových izolačních materiálů. Celulóзовé vločky jsou pomocí přírodních pojiv fixovány na nosnou jutovou podložku. Předností je především normovaná velikost a výrazné omezení prašnosti při instalaci, uvádí (Morávková, 2009).

## **4.5 Korek**

Korek je odumřelou kůrou korkového dubu (*Quercus suber*), který má schopnost ji regenerovat, aniž by se strom poškodil nebo se musel porazit. Jedná se o přírodní obnovitelnou surovinu, jejíž pěstování má pozitivní vliv na půdu a vytváří příznivé podmínky pro růst jiných rostlin. Uvádí autor (Chybík, 2009).

Nejvyšších výnosů se dosahuje na regulovaných plantážích, kde se pěstují nízké stromy s rozložitými korunami. Z první sklizně, která probíhá asi po 12 letech, kdy strom dosahuje průměru kmene 20 – 30 cm, se získává tak zvaný mužský korek, který je křehký a nepříliš pružný. Další sklizeň se opakuje každých deset až dvanáct let, když síla korkové kůry dosahuje alespoň tři až čtyř centimetrů, maximálně však desetkrát během života stromu. (Dřevo&Stavby, 2009) Autor (Chybík, 2009) však ve své knize uvádí, že by se první sklizeň měla provádět až po 20 až 25 letech růstu stromu a obvodu kmene alespoň 70 cm.



Z jednoho stromu lze vytěžit asi 100 až 200 kg suroviny. V současnosti se pro komerční účely využívá asi polovina z celkového množství pěstovaných korkových dubů. (Dřevo&Stavby, 2009)

Mezi největší pěstitele v Evropě patří především Španělsko, Portugalsko, Itálie a v menší míře i Francie. (Hrázský & Král, 2010)



*Obr. 4.14 Oblast výskytu korku (Chybík, 2009)*

#### **4.5.1 Výroba**

Po sesbírání se korková kůra suší na venkovních skládkách. Po vyschnutí se kůra rozláme a rozemele na korkový granulát se zrny o velikosti 2 až 30 mm. Dále se rozemletý korek zahřívá při teplotách mezi 250 – 280 °C. Při malém obsahu pryskyřice se musí teplota zvýšit až na 300 – 400 °C. Zahřátím surovina zvětší objem, což má za následek zmenšení tepelné vodivosti a zároveň zvýšení odolnosti proti hnilobě. (Chybík, 2009).

Jako izolace domů se korek nejčastěji používá ve formě tzv. expandovaných aglomerátů z korkové drti, kde jednotlivé granule jsou spojeny bez pomoci cizích pojiv vlastní pryskyřicí, která je vytěsněna působením vysokého tlaku a teploty. (Chybík, 2009)

Jak můžeme z technologie výroby vidět, je tepelná izolace z korku ekologicky velice šetrná. Avšak značné dopravní trasy do jisté míry znehodnocují jinak příznivé environmentální vlastnosti korku. (Chybík, 2009) Díky tomu, že se při výrobě nepoužívají žádné syntetické přísady je možné materiál bezproblémově recyklovat jako takzvaný regranulát, který má identické vlastnosti jako výchozí surovina. (Morávková, 2009)

#### 4.5.2 Vlastnosti

Buňky korku jsou z velké části vyplněné vzduchem, což korkové izolaci předurčuje velmi nízký součinitel tepelné vodivosti, který je srovnatelný s minerální vlnou, tvrdí (Hrázský & Král, 2010). Konkrétně v každém krychlovém centimetru materiálu se nachází 30 až 40 milionů buněk. Tvoří je pět nitrobuněčných vrstev. Dvě jsou z pórovité buničiny vyplněné vzduchem, dvě z pevných hydrofobních látek (suberinu a vosku) a jedna dřevnatá, která udržuje strukturu a pevnost. Uvedenou strukturu korku uvádí autor (Chybík, 2009).

Podle ČSN 73 0540 je objemová hmotnost korkové drtě  $\rho = 45 \text{ kg.m}^{-3}$ , měrná tepelná kapacita  $c = 1880 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,035 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (výpočtová hodnota je však  $0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ) a faktor difúzního odporu  $\mu = 2,5$ . Desky z lisovaného korku mají podle této normy  $\rho = 150 \text{ kg.m}^{-3}$ ,  $c = 1880 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  (v suchém stavu), charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,064 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  a faktor difúzního odporu se lisováním zvedl na hodnotu  $\mu = 5$  až 10. (Chybík, 2009)

Korek se nesmršťuje, je tvarově stálý a elastický. Odolává opotřebení a dobře vzdoruje teplotám od  $-200 \text{ }^\circ\text{C}$  až do  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Po celou dobu životnosti nemění své složení, odolává chemickým vlivům a bakteriím. Díky obsaženému vosku nepropouští korek vodu, a proto nepodléhá trouchnivění a hnilobě. Korek má také schopnost pohlcovat hluk šířený hmotou a účinky vibrací. (Chybík, 2009)

Korek je nehořlavý, při kontaktu s plamenem pouze zčerná, proto je řazen do skupiny B1 tzn. těžce hořlavý materiál. Je tedy vhodný i do prostor s otevřeným ohněm (např. kolem krbů). Při černání působením plamene se neuvolňují žádné škodlivé látky. Takto popisují hořlavost korku autoři (Hrázský & Král, 2010).

### 4.5.3 Použití

Výrobky z korku jsou všestranně aplikovatelné po celém domě. Desky lisované z korku se používají například na úpravu kontaktně izolovaných i větraných fasád. Jsou používány také v konstrukcích plochých a šikmých střech. Akustických vlastností korku se využívá při výstavbě podlah, stěn, příček a stropů. (Chybík, 2009) Podle autora (Nezdara, 2008) lze korkové izolace použít dokonce na izolaci základů.

Korek je také vhodným podkladem pod všechny druhy plovoucích podlah, kobereců a linoleí. Toto použití zlepšuje tepelně izolační vlastnosti, absorbuje energii nárazů a tlumí kročejový hluk. Zvyšuje také komfort chůze po podlaze a zamezuje výskytu elektrostatického náboje. Tuto antistatickou vlastnost ocení především alergici a domácnosti se zvířaty. (Chybík, 2009)

Jelikož je korek odolný proti střídání teplot, suchu, vlhkosti a dlouhodobému působení vody, lze korek (po důkladné úpravě tvrdým olejovým voskem) použít i ve vlhkých prostorech koupelen. (Nezdara, 2008)

Korek je lehce opracovatelný, což je velkou výhodou při manipulaci na stavbě. Úprava tvarových rozměrů nebo např. vyříznutí drážek pro elektrickou instalaci není za pomoci pily nebo nože žádný problém. (Hrázský & Král, 2010)



*Obr. 4.15 Korková tepelně izolační deska (www.imexbb.com)*

## 4.6 Sláma

Sláma je přírodní obnovitelná surovina, která v poslední době zažívá určitou renesanci. Vzniká společným působením slunečního záření, vody, CO<sub>2</sub> a půdních minerálů, tvrdí autor (Chybík, 2009). Sláma je produkt vznikající při pěstování obilí. Jinými slovy je to odpadní produkt zemědělské výroby a tudíž lze její využití ve stavebnictví chápat jako zužitkování druhotné suroviny. (Šťastník, a kol., 2006)

V roce 2008 zaujímala osevní plocha zrnin v České republice 1 574 988 hektarů, tzn. 61,3 % z celkové plochy vyčleněné pro zemědělské účely. Pokud budeme uvažovat pouze s plochami pšenice, ječmene, ovesa a žita, potom se jedná o 53,68 % celkové osevní plochy. Tyto plodiny jsou schopny vyprodukovat přibližně

6 milionů tun slámy. 30 % z tohoto množství slámy tvoří nadprodukce, díky které se otevírá možnost použít slámu pro stavební účely. Uvádí ve své knize autor (Chybík, 2009).

Sláma se ve stavebnictví využívala již odedávna. Volně uskladněné seno na půdách venkovských domů v zimě stavení poměrně dobře tepelně izolovalo. Avšak teprve s technologií lisování slámy do balíků se objevil nápad použít je jako tepelnou izolaci v pravém slova smyslu. Technicky sofistikovanější formou využití slaměných vláken, nikoli však primárně pro tepelné izolace, jsou tzv. slaměné panely. Jsou to desky, jejichž jádro tvoří slisovaná orientovaná slaměná vlákna, která se kvůli lepším mechanickým vlastnostem opláštějí recyklovaným kartonem. (Morávková, 2009) Neupravená sláma se jako tepelná izolace používá jen zřídka, uvádějí (Šťastník, a kol., 2006).

### 4.6.1 Slaměné balíky

Nejprve se na polích vymlátí obilí, čímž se oddělí zrno od klasů. Balíky jsou pak vytvořeny z vrstev obilné slámy svázaných polypropylenovým nebo konopným motouzem. Nejvhodnější obilnou slámou pro výrobu balíků je sláma z pšenice popřípadě žita. Ovesná sláma je méně stabilní a ječmenná sláma vykazuje velký počet osin, což zneprůjemňuje manipulaci s balíky. Balíky není potřeba nijak impregnovat proti vodě ani je ošetřovat proti biotickým škůdcům či ohni.

Šířka a výška balíku odpovídá typu, respektive velikosti kanálu balíkovacího lisu. Délka balíku je variabilní. U modernějších lisů je relativně dobře nastavitelná.

Jakost slámových balíků ovlivňuje několik faktorů. Jde o způsob lisování a druh použitého lisu. Míra slisování je důležitá pro jeho únosnost a tepelně izolační vlastnosti.

Takto popisuje slaměné balíky autor (Chybík, 2009).



*Obr. 4.16 Slaměný balík (Jarušková, 2011)*

#### **4.6.2 Výroba slaměných panelů**

Jako hlavní surovina pro výrobu slaměných panelů se používá pšeničná sláma. Sláma se po přidání přípravků sloužících jako ochrana proti hlodavcům a zlepšující vlastnosti panelů lisuje za vysokého tlaku a teploty. Takto slisovaná orientovaná slaměná vlákna slouží jako jádro panelu, který se z důvodu lepší manipulace a zlepšení mechanických vlastností opláštíuje recyklovaným kartonem. Připojení kartonu ke slaměnému jádru se provádí pomocí přírodního lepidla. Všechny materiály používané k výrobě těchto desek jsou 100 % nezávadné a ekologicky čisté. (Šťastník, a kol., 2006)



*Obr. 4.17 Vzhled vnitřku panelu ze slaměných vláken (Šťastník, a kol., 2006)*

### 4.6.3 Vlastnosti slámy

Žlutá až zlatistá, dobře vysušená sláma je zdravotně nezávadná. Neobsahuje pyly, které by mohly alergikům způsobovat zdravotní potíže. Pozitivní vlastností slámy, ostatně jako všech rostoucích materiálů, je fakt, že při svém růstu absorbují CO<sub>2</sub>, hodnota GWP je tudíž u slámy záporná. Po dožití stavby je možné slámu kompostovat. (Chybík, 2009)

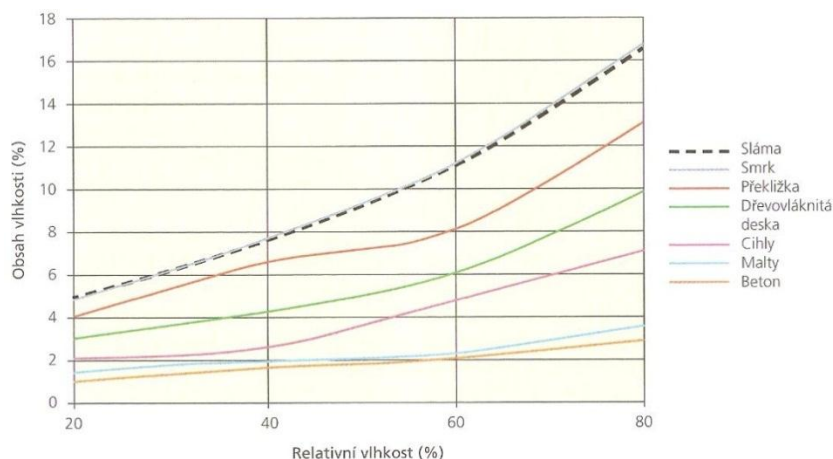
Výzkumy pro využití slámy ve stavebnictví ukázaly, že výrobky z ní vyrobené prokazují zpravidla méně příznivé mechanicko-fyzikální vlastnosti. Naproti tomu jejich tepelně izolační vlastnosti mohou při optimálních podmínkách konkurovat leckterým jiným izolačním materiálům. (Šťastník, a kol., 2006)

#### Vlhkost

Sláma, která se skládá z celulózy, ligninu a oxidu křemičitého, je v suchém stavu inertním materiálem, který neobsahuje žádné alergeny ani škodliviny. I když na vnějším povrchu stébel obsahuje sláma voskovitou vrstvou, která odpuzuje vodu, musí se před vlhkostí chránit. Při zanedbání této ochrany dochází k vývoji plísní a nekontrolovatelnému zvýšení tepelné vodivosti, uvádí (Chybík, 2009).

Dostatečnou ochranou proti účinku atmosférické vlhkosti je například oboustranná omítka. Doporučuje se použití hliněných nebo vápenných omítek, které dobře absorbují zvýšenou vlhkost a regulují její transport do konstrukce. (Chybík, 2009)

Vlhkost slámy používané ve stavebních konstrukcích se pohybuje v rozmezí  $w = 7,5 - 11 \%$ . Této hodnoty totiž sláma dosahuje v prostředí o relativní vlhkosti vzduchu 40 – 60 %, kterému je ve stavbách běžně vystavena. Je to patrné z grafu na *obrázku 4.17*. Vyšší vlhkost zabudované slámy ohrožuje kvalitu konstrukce a vlhkost nad 20 % by neměla být vestavována ani krátkodobě. (Chybík, 2009)



**Obr. 4.18** Izotermie sorpce pro vybrané stavební materiály (King, 2006)

### Tepelná vodivost

U slámy se nedá tento parametr jednoznačně stanovit. Závisí totiž na proměnlivé vlhkosti, objemové hmotnosti (míře slisování) a na uspořádání stébel.

Díky své buněčné struktuře a vzduchu uzavřeného ve stéblech je sláma kvalitní tepelný izolant. V *tabulce 4.1* jsou uvedeny hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na směru vláken a vlhkosti, udávané různými autory.

Objemová hmotnost kvalitně slisované slámy pro stavební účely by měla dosahovat alespoň  $\rho = 90 \text{ kg.m}^{-3}$ , nejvýše pak  $\rho = 180 \text{ kg.m}^{-3}$ , uvádí ve své knize autor (Chybík, 2009).

Faktor difúzního odporu je podle německého předpisu AbZ-23.11-1595 definován  $\mu = 2$ . Měrná tepelná kapacita slámy má hodnotu  $c = 2000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , uvádí (Chybík, 2009).

Zdroj	Teplota	Vlhkost	Objemová hmotnost [kg.m <sup>-3</sup> ]	Tepelná vodivost kolmo na stébla [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Tepelná vodivost podél stébel [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Ekvivalentní tepelná vodivost [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
Andersen				0,05	0,082	0,085
Stone						0,099
Strawbale guide						0,090
ByogBug			75	0,052	0,057	
ByogBug			90	0,060	0,056	
House der zuk.			100	0,380		
Christian				0,057	0,082	
McCabe			150	0,048	0,060	
Sandia national			90	0,050-0,060**	0,050-0,060**	
Bautechnik institut	23,0	<15	90-120	0,044	0,067	
Grmela	20,6	14	70	0,052	0,063	

**Tab. 4.1** Hodnoty součinitele tepelné vodivosti v závislosti na směru vláken a vlhkosti, udávané různými autory. Zpracovali (Grmela, Čuprová 2010)

### Biotičtí škůdci

Hlodavci ani hmyz, až na termity a všekazy, kteří u nás nežijí, nejsou schopni slámu strávit. Sláma obsahuje celulózu, která je pro tyto živočichy nestravitelná, tvrdí (Chybík, 2009). Autorka (Rejthárková, 2003) uvádí, že hlodavce může přilákat zrno, které zbylo v klasech po nedostatečném výmlatu. Proto je potřeba slámu před započítím stavby zkontrolovat. Dobré slisování slaměných balíků nedovoluje hlodavcům volný pohyb a v kombinaci s včasným omítnutím ve velké míře eliminuje výskyt těchto živočichů. (Chybík, 2009)

Škody biotickými škůdci mohou představovat riziko také pro slámu aplikovanou na vnější straně obvodového pláště, před omítnutím. Stébla se totiž stávají kořistí ptáků, kteří je vyzobávají a odnášejí na stavbu hnízd. (Chybík, 2009)

Mechy a lišejníky je třeba pravidelně odstraňovat, jinak vzniká humózní vrstva, kterou mohou osídlit různí drobní živočichové. (Chybík, 2009)



## Požární odolnost

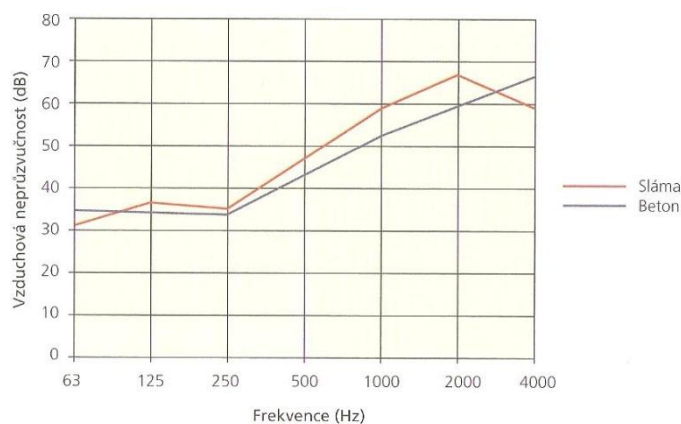
Hlavním důvodem limitujícím použití slámy ve stavbách bývá její hořlavost. Obecně můžeme říci, že jednotlivá stébla slámy hoří velice dobře, ale lisované balíky nikoliv. Je to dáno tím, že pro hoření v takto lisovaných útvarech není dostatečné množství kyslíku. (Chybík, 2009)

Sláma slisovaná do slaměných balíků, podobně jako dřevo, ohořívá na povrchu a oheň velmi obtížně proniká do hmoty. Na povrchu se vytváří zuhelnatěná vrstva, která zabraňuje dalšímu pronikání ohně do středu balíku. Nebezpečí ohně je však vysoké při výstavbě, kdy uvolněná sláma při manipulaci a dělení balíků, může při kontaktu s ohněm velice snadno vzplanout. Proto je důležité na stavbě striktně dodržovat zásady požární bezpečnosti. (Chybík, 2009)

Pro balíky s objemovou hmotností  $\rho = 90 \text{ kg.m}^{-3}$  až  $\rho = 180 \text{ kg.m}^{-3}$  byla zjištěna třída reakce na oheň E a hořlavost B2, což znamená normálně hořlavé, uvádí (Enz & Hastings, 2006).

## Akustické vlastnosti

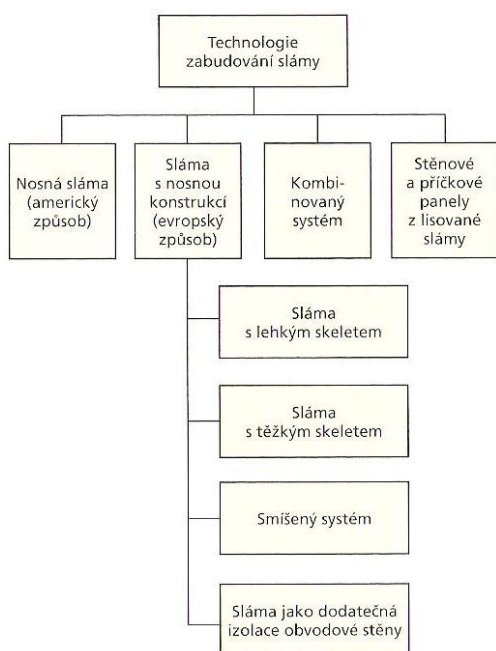
Akustické vlastnosti jsou patrné z grafu na *obrázku 4.18*, kde byla posuzována zvuková neprůzvučnost oboustranně omítnutých slaměných balíků tloušťky 450 mm a betonové konstrukce o tloušťce 120 mm. Sláma měla objemovou hmotnost  $\rho = 120 \text{ kg.m}^{-3}$  až  $\rho = 130 \text{ kg.m}^{-3}$  a tloušťky hliněných omítek 25 mm a 35 mm. Výsledky pochází ze zkoušky provedené na nizozemské univerzitě v Eindhoven.



**Obr. 4.19** Vzduchová neprůzvučnost betonové stěny tl. 120 mm a stěny ze slámy tl. 450 mm (Minke, 2009)

#### 4.6.4 Použití a manipulace

Sláma v nosných konstrukcích má čtyři základní podoby, *obrázek 4.19*. Může být použita jako nosný prvek svislých konstrukcí nebo výplň nosné konstrukce z jiného materiálu, popřípadě je vložena do kombinovaného systému nebo je slisována do tuhých desek. Je třeba si uvědomit, že stěna ze slámy bude mít větší tloušťku, než je tomu u většiny jiných konstrukčních řešení. Tento fakt poněkud zabraňuje užití slámy v urbanisticky sevřených městech. (Chybík, 2009)



**Obr. 4.20** Přehled technologií využití slámy ve stavbách (Chybík, 2009)

#### Americký způsob

Americký způsob se nejvíce používá ve Spojených státech a nese po jeho zakladatelích také název – styl Nebraska (Enz & Hastings, 2006). Pracuje se samonosnými slaměnými stěnami staženými mezi věnec a základ. Stěny jsou vyskládané ze slaměných balíků, které se převazují podobně jako cihly o polovinu své délky a mají za úkol přenášet zatížení od vodorovných konstrukcí stropů a podlah. Zároveň plní funkci jednovrstvé tepelné izolace. Stěny se potahují pletivem a prošívají vázacím drátem a oboustranně se omítnou. V České republice je zatím tento systém obtížně průchodný při stavebním řízení, což je způsobeno malými zkušenostmi s tímto použitím slámy.

Méně používané je užití slámy v konstrukcích podlah nebo šikmých či plochých střech. Sláma jako střešní krytina se v dnešní době používá podobně jako rákos už jen velice málo. (Chybík, 2009)

### **Evropský způsob**

Při tomto systému se slaměné balíky vkládají do nosného skeletu, pro který se nejlépe hodí hranoly a fošny. Výhodou tohoto systému je, že na skeletu je možné vybudovat střechu, která slámu ochrání před možným deštěm v průběhu jejího zabudování.

Do této kategorie také spadá kontaktní způsob zateplování, kde se slaměné balíky přikládají jako tepelně izolační materiál ke stávající stěně. Z vnitřní strany se se sláma nejčastěji opatří hliněnou omítkou a z venkovní strany je oblíbené použití dřevěného obkladu s provětrávanou mezerou. (Chybík, 2009)

### **Třetí způsob**

Závisí na schopnosti slámy stlačit ji a vytvořit tuhé, slisované desky. Takovéto desky se uplatňují jako nenosná konstrukce dělicích příček či opláštění stěn. Existují také speciální panely ze slisované slámy, které jsou schopny plnit nosnou funkci, *obrázek 4.20*. (Chybík, 2009)



*Obr. 4.21 Řez nosným panelem z lisované slámy (Chybík, 2009)*

## 4.7 Rákos

Rákos obecný (*Phragmites australis*) patří mezi čtyři druhy rodu. Jsou to vytrvalé vysoké trávy s podzemními oddenky výrazně olistěnými silnými stébly. Druhy rákosu jsou rozšířeny po celém světě, hlavně v mírném pásu. Je to výběžkatá tráva s velmi dlouhými a silnými podzemními oddenky, ze kterých vyrůstají 2 – 4 m vysoká, vzpřímená a silná stébla. Tyto stébla se stříhají v zimě nebo na jaře, uvádí (Hrázský & Král, 2010).

Ve stavebnictví se k rákosu vracíme jako k tradiční surovině používané nejčastěji jako střešní krytiny, nosiče omítek nebo tepelně izolační desky. (Chybík, 2009)

### 4.7.1 Zpracování rákosu a výroba izolací

Po sklizni, která se provádí buď kombajnem, nebo starým způsobem pomocí kosáku, se stébla krátkou dobu skladují na břehu a suší na vzduchu. Po vysušení se rákos očistí a hřebenem pročeše. Tím se odstraní suché listy a zlomená stébla. Očištěná stébla se svazují do snopů, přibližně 20 cm od dolního konce a snopy se až do dalšího zpracování skladují pod širým nebem. (Chybík, 2009)

Při výrobě tepelně izolačních desek nebo rohoží jsou jednotlivá stébla rákosu těsně slisována a strojně provázána pozinkovaným drátem. V podélném směru jsou pak tyto rohože tvarovatelné, a proto je možno je použít i na izolování oblých konstrukčních dílců. Při výrobě nejsou přidávány žádné další látky, tudíž jsou výrobky bezproblémově recyklovatelné. (Hrázský & Král, 2010)

Jako vstupní surovina pro výrobu izolačních desek, se používá také rákosový granulát, který se lisuje s přísádkem klíždla na vodní bázi. Po vyschnutí se desky řezou běžnou pilou a používají se zejména pro izolaci tvarově komplikovaných míst, uvádí (Morávková, 2009).

#### 4.7.2 Vlastnosti

Na rozdíl od slámy je rákos výrazně tvrdší, nepodléhá biologickému rozkladu a díky vysokému obsahu kyseliny křemičité je značně sníženo riziko samovznícení. Lisováním vrstev se přispívá ke zvýšení požární odolnosti. (Chybík, 2009)

Rákosové izolační desky můžeme zařadit podle DIN 4102 do třídy B2, tedy normálně hořlavý. Rákos je velice dobře rezistentní vůči vlhkosti, což je předností zejména v přímořských oblastech. V důsledku vysoké hustoty a velkého podílu vzduchu působí rákos účinně při vyrovnávání teplot a vlhkosti. V létě přispívají tyto vlastnosti k příznivému klimatu ve vnitřních prostorách objektu. Tepelná kapacita rákosu se pohybuje kolem hodnoty  $\lambda = 1300 \text{ J.kg}^{-1}\text{K}^{-1}$ . (Hrázský & Král, 2010) Objemová hmotnost rákosu se pohybuje mezi  $\rho = 140 \text{ kg.m}^{-3}$  až  $180 \text{ kg.m}^{-3}$  a tepelná vodivost kolísá v rozmezí  $\lambda = 0,04 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$  až  $0,06 \text{ W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}$ , uvádí (Chybík, 2009). Faktor difúzního odporu se u rákosových výrobků pohybuje mezi hodnotami  $\mu = 2 - 5$ . (Hall, 2010)

Tyto výborné vlastnosti však poněkud kazí fakt, že kvalitní rákos pro výrobu tepelně izolačních rohoží se do Evropy dovážel nejčastěji z Turecka, v současné době se ale také používá rákos maďarský a český. (Morávková, 2009)

#### 4.7.3 Použití a zabudování rákosu ve stavbách

Rákosové rohože se používají jako podkladní vrstva prkenných stopů a stěn díky dobré přilnavosti a hrubé struktuře jako nosiče omítek, kde zároveň plní i funkci tepelné izolace. (Morávková, 2009) Na podkladový materiál se přitloukají hřebíky nebo se upevňují pomocí vruty s pomocí talířových hmoždinek. (Chybík, 2009)

Rákosové desky je možno použít jako vnější i vnitřní tepelnou izolaci stěn koncipovaných pro difúzně propustné obvodové pláště. Hodí se také pro dodatečné zaizolování roubených dřevěných trámů. Při vnitřním zaizolování stěn je vhodné rákosové desky omítnout hliněnou omítkou. Má totiž schopnost přijmout velké množství vlhkost a tím plní funkci parobrzdy, která zpomalí nebo zabráni transportu vodních par do dřevěné části konstrukce a jejich následné kondenzaci. (Chybík, 2009)

Přibližně od konce druhé světové války použití rákosu jako střešní krytiny téměř vymizelo. Vytratila se řemeslná dovednost a zmizely zkušenosti, bez kterých

s touto technologií nelze v praxi dosáhnout velkých úspěchů, uvádí autor (Chybík, 2009). V dnešní době se rákos jako střešní krytina používá jen velmi málo i když, jak vyplývá z textu od autora (Chybík, 2009), při dobrém technologickém postupu a nemalé zručnosti řemeslníků, může mít takto provedená střecha velice dobré výsledky.



*Obr. 4.22 Rákosové rohože (www.mujdum.cz)*



*Obr. 4.23 Rákosové role (www.zdrave-bydleni.cz)*

## 4.8 Dřevo

Dřevo jako takové je díky svým dobrým mechanickým vlastnostem vhodné spíše pro nosnou konstrukci, než jako tepelná izolace. I když v případě roubených staveb plní obě tyto funkce. Vlastnosti nevyhovující tepelně izolační funkci, jako jsou anizotropie, rozměry omezené velikostí kmene a relativně vysoká teplotní vodivost, vedly k výrobě materiálů, které tyto vlastnosti určitým způsobem eliminují. Vychází z článku autora (Kráal, 2009).

Mezi nejpoužívanější materiály na bázi dřeva, které se používají jako tepelné izolace dřevostaveb, patří měkké dřevovláknité desky. Výroba těchto desek prošla od poloviny minulého století velkým vývojem. Dříve byl tento materiál především pro tepelně a zvukově izolační účely, např. vnějších dveří, lehkých dřevostaveb a podobně. Vyvinutí izolačních materiálů na bázi plastů, minerálních látek, skla apod. byly dřevovláknité desky téměř vytlačeny z používání ve stavebnictví. Avšak v posledním desetiletí se jejich výroba opět rozšířila. Především je oceňován jejich přírodní charakter a difúzně otevřená struktura, která umožňuje prostup vlhkosti. Dříve byly měkké dřevovláknité desky známé pod obchodním názvem Hobra. V současné době se do České republiky importují nejčastěji ze Slovenska pod obchodním názvem Hofatex. (Böhm, 2011)

Dřevocementové desky, které jsou známé pod dřívějším produktovým názvem Heraklit, už stojí na přechodu mezi přírodními a syntetickými izolačními materiály a konstrukcích dřevostaveb se s nimi nesetkáme tolik jako s dřevovláknitými deskami. Proto se s nimi v této práci nebudu podrobněji zabývat.

### 4.8.1 Výroba dřevovláknitých desek

Dřevovláknité desky dříve známé názvem Hobra, se vyrábějí v řadě tvrdostí a tloušťek. Výroba těchto desek se částečně podobá výrobě celulózy a papíru.

Odkorněné dřevo se zpracovává na štěpky, které tvoří základní surovinu pro výrobu dřevovláknitých desek. Štěpky bývají většinou z jehličnatého dřeva (nejčastěji smrku).

Před vlastním rozvlákněním se štěpky třídí na vibračních sítích, kde dochází k odstranění příliš hrubé a příliš jemné frakce. Vytríděné štěpky se následně propírají a zbavují nečistot, zejména písku.



V další fázi výroby se štěrky rozvlákňují (defibrují) na jednotlivá vlákna nebo shluky vláken. Nejčastěji používaným principem v Evropě je termomechanické rozvlákňování, při kterém se štěrky nejprve zahřívají (u jehličnatých dřev se teplota pohybuje okolo 175 °C, u listnatých kolem 165 °C) a následně putují do mlecí komory, kde jsou pomocí rýhovaných disků rozděleny na vlákna. Předehřátím štěpek dochází k plastifikaci střední lamely, což usnadňuje následné rozvlákňování a snižuje energetickou náročnost procesu.

Získaná dřevní vlákna lze dále zpracovávat dvojím způsobem. Starší a energetický způsob výroby je tzv. **mokrý proces výroby**, který spočívá na přidání chemikálií a následném formování vláknité suspenze na podložní síto, kde dochází k odvodňování, lisování a tvrzení desek. Dnes se tento způsob používá jen velmi málo z důvodů energetické náročnosti a velkého množství odpadní vody, která musí být recyklována.

Druhý používanější způsob, je **suchý proces výroby**, při kterém se na mokré, u některých technologiích až na suché vlákno nanáší lepidlo a přídavné hydrofobizační, fungicidní nebo biocidní prostředky. Po usušení na vlhkost 5 až 10 % se vlákna vrství na pás do koberce podle požadované tloušťky. Navrstvený koberec je pak předlisován, lisován a podle potřeby egalizován.

Zpracovaný způsob výroby vychází z výukových materiálů předmětu „Materiály na bázi dřeva“ (Böhm, 2011).

Autorka (Morávková, 2009) ve svém článku uvádí, že v případě mokrého procesu výroby se využívá vlastních pojivových vlastností dřevěných vláken a při suché výrobě se dřevní vlákna obalují v polyuretanové pryskyřici.

#### **4.8.2 Vlastnosti**

Jako tepelné izolace se používají tzv. měkké vláknité desky, jejichž hustota nepřesahuje 400 kg.m<sup>-3</sup>. Například firma Hofatex vyrábí dřevovláknité desky o objemové hmotnosti  $\lambda = 120 \text{ kg.m}^{-3}$  až  $\lambda = 270 \text{ kg.m}^{-3}$ . (Hofatex, 2011) Podle autorky (Morávková, 2009) se pomocí mokrého procesu vyrábějí desky o surové hustotě 100 – 300 kg.m<sup>-3</sup> a tloušťce 3 až 32 mm, které lze v případě potřeby vrstvit až do síly 200 mm. Výsledkem suché výroby jsou pak desky, jejichž surová hustota



se pohybuje od 40 až do 230 kg.m<sup>-3</sup>. Takovéto desky mohou mít tloušťku 20 – 240 mm.

Dřevovláknité desky jsou ekologicky nenáročné, jelikož základem je přirozeně obnovitelná surovina z účelově pěstovaných lesů a navíc se při výrobě zužitkuje i odpad dřevozpracujícího průmyslu. Také následná likvidace nijak nezatěžuje životní prostředí. Desky, které nebyly opatřeny impregnačním nátěrem lze kompostovat nebo se likvidují spalováním. (Morávková, 2009)

V porovnání s jinými tepelně izolačními hmotami je velkou výhodou dřevovláknitých desek jejich dobré mechanické parametry, ze kterých je nejvýraznější jejich pevnost. (Chybík, 2009)

Mají schopnost velice dobře akumulovat teplo, a proto se velmi dobře hodí pro dodatečné zateplení budov i pro tvorbu obvodových plášťů dřevostaveb. Jejich měrná tepelná kapacita je  $c = 2100 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  až  $c = 2300 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ , uvádí (Chybík, 2009).

Porézní struktura desek umožňuje konstrukci „dýchat“ a zároveň při použití na jinější straně obvodových konstrukcí zlepšuje vzduchotěsnost pláště. (Morávková, 2009) Faktor difúzního odporu se u desek s objemovou hmotností vyšší než  $\rho = 150 \text{ kg.m}^{-3}$  pohybuje v rozmezí  $\mu = 5$  až 10. (Chybík, 2009)

Podobně jako např. ovčí vlna mají dřevovláknité desky schopnost přijímat (absorbovat) nebo uvolňovat (desorbovat) vzdušnou vlhkost. Podle typu materiálu a stupně hydrofobizace jsou desky schopny pojmout 12 až 20 % vlastní hmotnosti. (Chybík, 2009)

Zvláště v konstrukcích dřevostaveb pak lze ocenit jejich vysokou požární odolnost. Obecně se uvádí, že deska tloušťky 60 mm zajistí vnější stěně dřevostavby požární odolnost na 90 až 120 minut. Uvádí autorka (Morávková, 2009). Podle normy EN 13501-1 se řadí do třídy E. (Chybík, 2009)

### 4.8.3 Použití a manipulace

Dřevovláknité desky jsou všestranně použitelný materiál, díky jejich pozitivním mechanickým a tepelněizolačním vlastnostem. Mohou se používat jako vnější izolační vrstva pod omítku nebo závěsnou fasádu, jako jádrová izolace dvouploškových stěn (sendvičů), střešní izolace, vnější i vnitřní izolace stropů a podlah nebo jako izolace vnitřních nosných i nenosných zdí. Protože jejich povrchová struktura umožňuje úpravu tenkovrstvými omítkami, používají se také často jako náhrada sádkartonových desek. A také na rozdíl od sádkartonu daleko méně praskají. (Morávková, 2009)

Desky se upevňují pomocí spon se širokými hřbety nebo pomocí vrutů s velkými podložkami. Lze je velice snadno řezat pomocí běžných prostředků, např. okružní, ruční nebo přímočarou pilou. Dodávají se ve dvou provedeních, buď s - rovným, nebo profilovaným okrajem pro spojení pero a drážku. Některé desky určené pro povrchovou úpravu mají zpevněný povrch, což snižuje riziko mechanického poškození při manipulaci na stavbě. (Chybík, 2009)



*Obr. 4.24 Dřevovláknité izolační desky ([www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz))*

## 4.9 Srovnání materiálů

V této kapitole uvedu několik tabulek, které by měli sloužit k porovnání vlastností jednotlivých tepelně izolačních materiálů. V *tabulce 4.2* záměrně uvádím také parametry nejčastěji používaných anorganických izolačních materiálů, aby bylo možné posoudit jejich odlišnost od materiálů přírodního charakteru. Kokosová vlákna a mořská tráva, které jsem v této práci blíže nepopisoval, uvádím pouze jako kuriozitu.

Materiál	$\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$c$ [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$\mu$ [-]	Reakce na oheň dle EN 13501-1	PEI [MJ/kg]	GWP [kg CO2 ekv /kg]	AP [kg SO2 ekv /kg]
<b>ORGANICKÉ</b>								
Konopí	20-25	0,040	1600	1-2	E	31,1	-0,133	0,00539
Len	20-40	0,040	1600	1	E	34,0	0,121	0,00772
Dřevovláknité desky	160-250	0,040-0,060	2100	5-10	E	19,5	-0,577	0,00657
Korek	75-125	0,040-0,050	2100	2-8	E	7,1	-1,230	0,00274
Ovčí vlna	20-25	0,035-0,047	1700	1-2	E	14,7	-0,2887	0,00266
Celulóza	35-65	0,039-0,042	1800-2000	1-2	E	7,0	-0,907	0,00314
Slaměné balíky	90-110	0,052-0,080	2000	2	E	16,8	-	-
Seno	30-65	0,040	2196	1-2	E	-	-	-
Rákos	190-225	0,045-0,055	-	1-2	E	-	-	-
Mořská tráva	70-80	0,045	2000	1-2	E	-	-	-
Kokosová vlákna	75-125	0,045-0,05	-	5-10	E	-	-	-
<b>ANORGANICKÉ</b>								
Izolace na bázi skla	14-45	0,030-0,040	840-940	1-3,3	A1	49,8	2,26	0,0160
Izolace na bázi čediče	25-115	0,035-0,040	840-1010	1-2	A1	23,3	1,64	0,0105
Izolace na bázi PUR	3,3-80	0,025-0,037	800-1300	3,3-80	E-F	102,0	4,04	0,0264

**Tab. 4.2** Vybrané vlastnosti organických a anorganických izolačních materiálů zpracované od několika autorů (Chybík, 2009; Minke, 2009; Dřevo & Stavby, 2010)

Material	Výrobce/Dodavatel	Obchodní název produktu	Objemová hmotnost $\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Měrná tepelná kapacita c [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Faktor difúzního odporu $\mu$ [-]	Reakce na oheň podle normy EN 13501-1	Dostupné tloušťky [mm]
Konopí	CANABEST	CANABEST PLUS	36	0,04	1200	1,9	E	40-180
Konopí	CANABEST	CANABEST BASIC	24	0,04	1600	1,9	E	40-160
Konopí	HOCK	TEMO-KONOPI	30-42	0,04	1600	1-2	E	30-220
Konopí	SMREČINA HOFATEX	HOFATEX CANNATHERM	30	0,04	1600	1,9	E	40-180

Ovčí vlna	FALTYS	GOLD	23	0,04	1700	1-2	E	80-100
Ovčí vlna	FALTYS	COMFORT	14	0,04	1700	1-2	E	40
Ovčí vlna	SOLENA	OPTIMAL	18	0,04	1760	1-2	E	30-200
Ovčí vlna	SOLENA	PREMIUM	20	0,04	1760	1-2	E	60-300
Ovčí vlna	SOLENA	KLEMMFILZ	30	0,04	1760	1-2	E	30-80
Ovčí vlna	TUMAG	ISOWOOL	12,5	0,05	1760	1-2	E	40
Ovčí vlna	VALTEX-CZ	NATURWOOL	10	0,04	1760	1-2	E	50

Celulóza	CIUR	CLIMATIZER PLUS	40-60	0,04	2000	1,2	E	**
Celulóza	ENROLL CZ	TEMPELAN	35-65	0,04	1800	1,2-2	E	**
Celulóza	ISOCELL	ISOCELL	38-65	0,04	1900	1	E	**

Dřevo	HOMATHERM	HOLZFLEX-PROTECT	55	0,04	2100	5	E	30-200
Dřevo	HOMATHERM	HOLZFLEX-STANDARD	40	0,04	2100	5	E	40-200
Dřevo	HOMATHERM	HDP-Q11 STANDARD	110	0,04	2100	3	E	40-220
Dřevo	SMREČINA HOFATEX	HOFATEX THERM	150	0,04	2100	5	E	20-120
Dřevo	SMREČINA HOFATEX	HOFATEX THERM DK	150	0,04	2100	5	E	40-100
Dřevo	STEICO	STEICO FLEX	50	0,04	2100	1-2	E	40-200

Len	FLACHSHAUS	THERMOLEN	30	0,04	1550	1	E	40-160
-----	------------	-----------	----	------	------	---	---	--------

Korek	KOREK JELÍNEK	KORKOVÁ DRŤ 3-15 MM	65-75	0,04	2100	2-8	E	**
-------	---------------	---------------------	-------	------	------	-----	---	----

\*\* Materiál se aplikuje sypáním nebo foukáním. Tloušťka se určena vymežující konstrukcí

**Tab. 4.3** *Souhrn druhů přírodních tepelných izolací a jejich parametrů (Dřevo & Stavby, 2010)*

## 5. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo vytvořit přehled izolačních materiálů používaných ve dřevostavbách. A to z pohledu jejich zabudování do staveb, technologie jejich výroby a samozřejmě z pohledu jejich tepelně technických vlastností, které je důležité poznat, aby bylo možné materiály správně použít.

Myslím si, že člověk, který se rozhodne pro stavbu dřevostavby, by měl usilovat o zachování přírodního charakteru stavby použitím obnovitelných materiálů. Nejen z environmentálního hlediska, ale také z hlediska jejich příznivých vlastností v kombinaci se dřevem. Proto jsem se v této práci zaměřil právě na materiály přírodního původu.

Při volbě tepelné izolace do dřevostavby je důležité volit materiály s otevřenou pórovitostí, nejčastěji s vláknitou strukturou. V zásadě proto, aby byl zajištěn volný průchod vodní páry a nedocházelo tak ke kondenzaci vody uvnitř konstrukce (tzv. difúzně otevřená skladba stěny). Tuto materiálovou schopnost udává faktor difúzního odporu. Přičemž platí obecné konstrukční pravidlo, které říká, že aby skladba stěny zajišťovala volný průchod par, je třeba umisťovat materiály tak, aby difúzní odpor klesal směrem zevnitř ven. Nad konstrukčním řešením difúzně otevřené skladby dřevostaveb však panuje stále ještě mnoho otázek a proto jsem toto téma blíže nerozebíral. Bezesporu má své výhody i nevýhody, které musí každý investor sám zvážit.

Přestože ve stavebnictví stále převládá trend v použití materiálů, jako jsou beton, ocel nebo cihly, dřevo si stále udržuje své jedinečné místo a tradici v tomto odvětví. Dřevo jako stavební materiál představuje široké uplatnění, zvláště pak v kombinaci s jinými materiály. Hlavní nepřítel těchto materiálů je však cena, která je stále poněkud vyšší. A to také bohužel často vede investory k výběru „tradičních materiálů“.

Domnívám se, že v České republice je zatím stavba dřevostaveb a s ní spojené použití materiálů v poměru k celkové výstavbě stále malá. A proto zbývá pouze doufat, že postupem času se ceny těchto jinak výborných materiálů sníží a počet takovýchto staveb začne přibývat.

## 6. Citovaná literatura

### *Použitá literatura*

- Chybík, Josef. 2009.** *Přírodní stavební materiály*. Praha : Grada Publishing, a.s., 2009. ISBN 978-80-247-2532-1.
- Enz, Daniela a Hastings, Robert. 2006.** *Innovative wald konstruktionen*. Heidelberg : C.F. Müller Verlag, 2006. str. 150. ISBN 978-3-7880-7791-4.
- Halahyja, Martin, Chmúrny, Ivan a Sternová, Zuzana. 1998.** *Stavebná tepelná technika - tepelná ochrana budov*. Bratislava : Vydavateľstvo Jaga, 1998. ISBN 80-88905-04-4.
- Hall, Matthew R. 2010.** *Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings*. místo neznámé : Woodhead publishing limited, 2010. ISBN 978-1-84569-526-2.
- King, Bruce. 2006.** *Design of Straw Bale Buildings*. San Rafael : Green Building Press, 2006. str. 260. ISBN 0-9764911-1-7.
- Minke, Gernot. 2009.** *Příručka hliněného stavitelství*. Bratislava : Pagoda, 2009. str. 288. ISBN 978-80-969698-2-1.
- Novotný, Marek, Keim, Lubomír, Šála, Jiří a Svoboda, Zbyněk. 1994.** *Tepelné izolace a stavební tepelná technika*. Praha : ABF nadace pro rozvoj architektury a stavitelství, 1994. ISBN 80-901608-0-8.
- Šubrt, Roman. 2008.** *Tepelné izolace v otázkách a odpovědích*. Praha : Nakladatelství BEN, 2008. ISBN 978-80-7300-234-3.
- Tobolka, Zdeněk a Svoboda, Luboš. 1996.** *Stavební izolace 1, 2*. místo neznámé : Vydavatelství ČVUT, 1996. ISBN 80-01-00924-6.
- Vilikovský, Václav. 1928.** *Zemědělské technologie*. Praha : Ministerstvo zemědělství Československé republiky, 1928.

### *Časopisy*

- Hejhálek, Jiří. 2010.** Součinitel prostupu tepla a jak se počítá. *Stavebnictví a interiér*. 2010, 11.
- Hrázský, Jaroslav a Král, Pavel. 2010.** Izolační materiály z obnovitelných zdrojů. *Stolársky magazín*. 2010, 7-8, stránky 6-7.
- Mohapl, Martin. 2010.** Konopí znovu objevené. *Dřevo & Stavby*. listopad - prosinec 2010, stránky 62 - 64.
- Mohapl, Martin. 2010.** Ovčí vlna - výjimečný tepelný izolant. *Dřevo & Stavby*. 2010, 4, stránky 56-58.
- Mohapl, Martin. 2010.** Přírodní, nebo průmyslové? *Dřevo & Stavby*. leden - únor 2010, 1, str. 46.
- Mohapl, Martin. 2010.** Více tepla s celulózou. *Dřevo & Stavby*. 2010, 2, stránky 54-58.
- Morávková, Jana. 2009.** Dřevovláknité desky a korek. *Dřevo & Stavby*. 2009, 2, stránky 38-42.
- Morávková, Jana. 2009.** Tajemství přírodních vláken. *Dřevo & Stavby*. 2009, 4 -5.
- Morávková, Jana. 2009.** Zateplení z českých polí. *Dřevo & Stavby*. 2009, 3, stránky 36 - 39.
- Nešťák, Pavel. 2010.** Přírodní izolace z ovčí vlny. *Střechy, fasády, izolace*. 10 2010, 17, stránky 49-51.

**Škopek, Ing. Jan. 2010.** Stavebí izolace z technického konopí. *Střechy, fasády, izolace*. 10 2010, stránky 40-42.

**Stavby, Dřevo &. 2010.** Tepelná izolace. *Profi speciál*, 2010, stránky 34-37.

### *Sborníky z konferencí*

**Hájek, Petr. 2005.** *Udržitelná výstavba budov - východiska a principy*.

Brno : Centrum pasivního domu, 2005. sborník z konference Pasivní domy. stránky 8-14.

**Kierulf, Bjørn. 2008.** *Ekologická výstavba EPD*. Brno : Centrum pasivního domu, 2008. sborník z konference Pasivní domy 2008. stránky 62-68.

### *Elektronické prameny*

**Chybík, Josef. 2010.** tzbinfo - technická zařízení budov. [Online] 20. 9 2010. [Citace: 4. 4 2011.] <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6791-drevene-konstrukce-a-prirodni-izolacni-materialy>.

**Čuprová, Danuše. 2009.** *Občanská výstavba*. [Online] 5. 6 2009. [Citace: 27. 3 2011.] <http://www.obcanskavystavba.cz/clanek/prirodni-izolace-z-konopi/>.

**Dřevo&Stavby. 2009.** Špunty stromy neničí. *Dřevo & Stavby*. červen - červenec 2009, 2, str. 42.

**Grmela, Daniel a Čuprová, Danuše. 2010.** iMateriály. [Online] 5. 2 2010. [Citace: 5. 4 2011.] <http://www.imaterialy.cz/Drevene-a-montovane-konstrukce/Tepelny-odpor-slamenych-konstrukci.html>.

**Isolena. 2011.** Izolace z ovčí vlny. [Online] 2011. [Citace: 30. 3 2011.] <http://www.isolena.cz>.

**Jarušková, Radka. 2011.** nezeleno.cz. [Online] 5. 1 2011. [Citace: 14. 4 2011.] <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace/tepelne-izolace-slama-a-zkusenosti-z-praxe.aspx>.

**Král, Pavel. 2009.** ABS - architektura, stavebnictví, byznis. [Online] 17. 12 2009. [Citace: 12. 4 2011.] <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/konstrukce-a-prvky/konstrukce-a-prvky-ze-dreva/neni-drevo-jako-drevo-1658.html>.

**Krňanský, Jan. 2010.** ASB - architektura, stavebnictví, byznis. [Online] 2010. [Citace: 30. 3 2011.] <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/tepelne-izolace/tepelna-izolace-z-ovci-vlny-1694.html>. <http://www.mta.cz/Documents/Products/termolen-prospekt.pdf>.

**M.T.A, spol. s.r.o. 2011.** Thermolen [Online] 2011. [Citace: 30. 3 2011.] <http://www.mta.cz/Documents/Products/termolen-prospekt.pdf>

**Nezdara, Vladislav. 2008.** ABS - architektura, stavebnictví, byznis. [Online] 31. 10 2008. [Citace: 5. 4 2011.] <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/tepelni-izolace/tepelna-a-zvukova-korkova-izolace-816.html>.

**Rejthárková, Petra. 2003.** Stavocentrum - server o bydlení a stavebnictví. [Online] 12. 9 2003. [Citace: 12. 4 2011.] [http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c\\_id=573](http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=573). Šťastník,

**Stanislav, Steuer, Radek a Kmínová, Hana. 2006.** tzbinfo - technická zařízení budov. [Online] 24. 4 2006. [Citace: 12. 4 2011.] <http://www.tzb-info.cz/3233-slamene-desky-ve-stavebnictvi>.

**Vodičková, Erika. 2008.** ABS - architektura, stavebnictví, byznis. [Online] 18. 9 2008. [Citace: 2. 4 2011.] <http://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/materialy-a-vyroby/teplni-izolace/izolace-ze-dreva-a-celulozy-689.html>.

**Wikipedia. 2011.** *Wikipedia*. [Online] 2011. [Citace: 30. 3 2011.] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Len>.

**Wikipedie. 2011.** Wikipedie. [Online] 2011. [Citace: 30. 3 2011.] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1\\_vodivost](http://cs.wikipedia.org/wiki/Tepeln%C3%A1_vodivost).

**Wronová, Michaela. 2010.** nazeleno.cz. [Online] 23. 4 2010. [Citace: 30. 3 2011.] <http://www.nazeleno.cz/stavba/izolace-2/ovci-vlna-jako-izolace-zeleny-vymysl-nebo-uzitecne-reseni.aspx>.

**Zach, Jiří a Sedlářová, Ivana. 2008.** *iMateriály*. [Online] 29. 2 2008. [Citace: 29. 3 2011.] <http://www.imaterialy.cz/Materialy/Moznosti-uplatneni-technickeho-konopi-pri-vyrobe-tepelneizolacnich-materialu.html>.

**Zach, Jiří. 2011.** tzbinfo - technická zařízení budov. [Online] 28. 3 2011. [Citace: 31. 3 2011.] <http://stavba.tzb-info.cz/izolace-strechy-fasady/7290-komplexni-hodnoceni-vlastnosti-prirodnich-izolacnich-materialu-z-technickeho-konopi-urcenyh-do-podlah>.

**Zlatník, Tomáš. 2004.** Stavocentrum. [Online] 20. 11 2004. [Citace: 31. 3 2011.] [http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c\\_id=632](http://www.stavocentrum.cz/index.php?none=1&action=clanek&c_id=632).

**www.casopisstavebnictvi.cz.** [Online] [Citace: 10. 4 2011.] [http://www.casopisstavebnictvi.cz/materialy-pro-drevostavby\\_A2048\\_I28](http://www.casopisstavebnictvi.cz/materialy-pro-drevostavby_A2048_I28).

**www.ekopanely.cz.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://www.ekopanely.cz/insofleece.html>.

**www.fixnews.co.cc.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://fixnews.co.cc/ouate.html>.

**www.imexbb.com.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://www.imexbb.com/cork-insulating-board-10831775.htm>.

**www.izolace-konopi.cz.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://www.thermo-hanf.de/4/ke-staen-/index.html>.

**www.mujdum.cz.** [Online] [Citace: 12. 4 2011.] [http://www.mujdum.cz/rubriky/alternativy/novy-zivot-odepsanych-materialu\\_162\\_fotogalerie.html](http://www.mujdum.cz/rubriky/alternativy/novy-zivot-odepsanych-materialu_162_fotogalerie.html).

**www.sheepwoolinsulation.ie.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] [http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/comfort\\_insulation.asp](http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/comfort_insulation.asp).

**www.sheepwoolinsulation.ie.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] [http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/comfort\\_insulation.asp](http://www.sheepwoolinsulation.ie/products/comfort_insulation.asp).

**www.sruby-roubenky.cz.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://www.sruby-roubenky.cz/fotogalerie/srub-Melechov/izolace/index.html>.

**www.zdrave-bydleni.cz.** [Online] [Citace: 13. 4 2011.] <http://www.zdrave-bydleni.cz/?cim-se-zabyvame&i=3>.

### *Výukové materiály*

**Böhm, Martin. 2011.** Výukové materiály předmětu "Materiály na bázi dřeva". Fakulta lesnická a dřevařská, ČZU v Praze, 2011

### *Firemní prospekty*

**CIUR. 2011.** Climatizer Plus. 2011.

**Hofatex. 2011.** 2011.



