

**DIFÚZNÍ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ Z POHLEDU NOVÝCH  
TEPELNĚ TECHNICKÝCH NOREM**

Petr Slanina

# DIFÚZNÍ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ Z POHLEDU NOVÝCH TEPELNĚ TECHNICKÝCH NOREM

Ing. Petr Slanina

Fsv, ČVUT v Praze, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, ČR, petr.slantina@fsv.cvut.cz

*In last year 2005 new Czech thermal-technical standards ČSN 730540-3 and ČSN730540-4 were effect. The standards bring new evaluation of diffusion properties of material and moisture transport in constructions. These changes are not always with accord of known information in this branch and still forgetting some important influences in officiating of water vapour condensation inside the constructions. It can lead to incorrect assessment of results then to incorrect design of whole envelop construction.*

## 1. Difúzní veličiny

### 1.1 Vzájemné vztahy veličin popisujících difúzní vlastnosti

V minulém roce 2005 nabyly platnost nové tepelně technické normy ČSN 730540-3 a ČSN 730540-4. Tyto normy přinášejí změny v hodnocení difúzních vlastností materiálů, jejichž difúzní vlastnosti se nově popisují podle tzv. suchých veličin (suchý faktor difúzního odporu, suchá hodnota ekvivalentní tloušťky a suchý součinitel difúzní vodivosti) respektive mokrých veličin (mokrý faktor difúzního odporu, mokrá hodnota ekvivalentní tloušťky a suchý součinitel difúzní vodivosti). Vzájemné vztahy veličin se nemění a jsou popsány následujícím vztahem:

$$s_{dx} = \mu_x d = \frac{\delta_o}{\delta_{px}} d = \frac{d}{N \delta_{px}} \quad (1)$$

kde  $d$ ..... je tloušťka materiálu [m],  
 $s_{dx}$ .....suchá/mokrá hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťka materiálu [m],  
 $\mu_x$  .....suchý/mokrý faktor difúzního odporu [m],  
 $\delta_{px}$ .....suchý/mokrý součinitel difúzní vodivosti materiálu [kg/(Pa.s.m)],  
 $\delta_o$ ..... součinitel difúzní vodivosti vzduchu [kg/(Pa.s.m)],  
 $N$ ..... je teplotní difúzní funkce [s<sup>-1</sup>].

Za písmeno „x“ v předcházejícím vztahu se dosadí písmeno „d“ (dry) v případě suché veličiny, v případě mokré veličiny písmeno „w“ wet. Jednotlivé typy veličin by se nesmí mezi sebou zaměňovat.

Součinitel difúzní vodivosti vzduchu  $\delta_o$  závisí na teplotě a barometrickém tlaku, ale tyto vlivy jsou v normě ČSN EN ISO 13788 zanedbány a je uvažováno s hodnotou  $\delta_o = 2 \times 10^{-10}$  [kg/(Pa.s.m)]. Lépe je možno použít hodnotu  $\delta_o = 1,8824 \times 10^{-10}$  [kg/(Pa.s.m)], která je stanovena při atmosférickém tlaku  $p_a = 98066,5$  Pa a teplotě 10°C, což byly hodnoty, které se dříve uplatňovaly při měření difúzních vlastností materiálů. Přesněji lze součinitel difúzní vodivosti podle vztahu uvedeného v normě ČSN 730540-3.

### 1.2 Zdůvodnění dělení difúzních veličin a jejich použití

Nová norma se snaží rozdělením difúzních veličin na suché a mokré přesněji popsat transport vlhkosti i upřesnit hodnoty veličin poskytovaných od výrobců stavebních materiálů. Norma stanoví, že suché veličiny by se měly používat v případě, kdy relativní vlhkost ve vnitřním prostředí pro zimní období je menší nebo rovna 60%. Mokré veličiny se používají pro vyšší relativní vlhkost vnitřního prostředí nad 60%, ale i pro přesnější hodnocení konstrukce. Toto dělení vychází z laboratorního měření difúze – miskových metod, které se provádí dvěma odlišnými způsoby. Je to metoda WET-CUP „mokra miska“

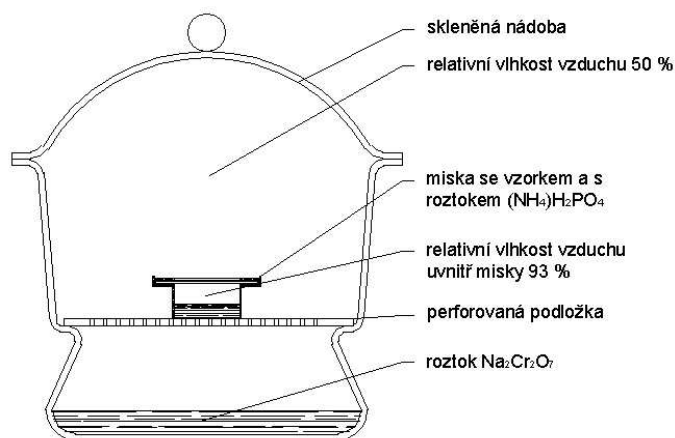
a DRY-CUP „suchá miska“. Obě metody vycházejí z podobných principů, kdy měřeným vzorkem difunduje vodní pára a v závislosti na čase se vypočte potřebná difúzní veličina. Obě metody se liší rozdílnými okrajovými podmínkami.

Při metodě WET-CUP Obr.1 se používá relativní vlhkosti vzduchu 50% a 95% při konstantní teplotě 23°C. Vzhledem k stejné teplotě a rozdílné relativní vlhkosti vzduchu dochází k difundaci vodních par skrze měřený vzorek z prostředí s vyšší relativní vlhkostí vzduchu tj. z prostředí s vyšším parciálním tlakem vodních par. Vážením zkušební misky i se vzorkem se vypočtou difúzní vlastnosti vzorku; například mokrá hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky se vypočte z následujícího vztahu.

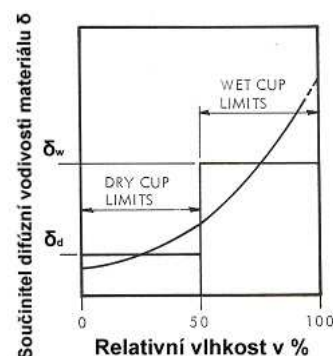
$$s_{dw} = \frac{\delta_o A \Delta t \Delta p}{\Delta m} \quad (2)$$

kde A..... je plocha vzorku [m<sup>2</sup>],  
 $\Delta t$ ..... časový rozdíl [s],  
 $\Delta p$ ..... rozdíl částečných tlaků vodních par [Pa],  
 $\Delta m$ ..... změna hmotnosti [kg].

Při metodě DRY-CUP se používají hodnoty relativní vlhkosti vzduchu 0% a 50% opět při konstantní teplotě 23°C. Hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky vzorku se vypočte podle vztahu (2). Přesnější popis a použití miskových metod lze nalézt v technických normách [4,5,7].



Obr.1 Schéma měření difúzních vlastností materiálů – metoda WET-CUP



Obr.2 Graf závislosti součinitele difúzní vodivosti materiálu na relativní vlhkosti [1,2]

Rozdíl ve výsledcích obou metod tkví v tom, že materiál je propustný pro vodní páry v závislosti na relativní vlhkosti, ve které se zkoumaný vzorek nachází. Na grafu Obr. 2[1,2] je zobrazena závislost součinitele difúzní vodivosti materiálu a relativní vlhkosti, ve které se vzorek nachází.

Z grafu je patrné jak dochází k rozdílu ve výsledcích obou metod měření i jak okrajové podmínky (relativní vlhkost prostředí) ovlivňují výsledky měření. Graf na obr. 2, kde hodnota součinitele difúzní vodivosti materiálu roste se vzrůstající relativní vlhkostí. Tento graf je pouze pro propustné materiály (např. tepelné izolace, papíry, difúzně propustné nátěry apod.). Pro málo propustné materiály (hydroizolační pásy, parotěsnící zábrany atd.) se podle [1] hodnoty součinitele difúzní vodivosti materiálu mění minimálně v závislosti na relativní vlhkosti. Tyto výsledky jsou v rozporu s normou ČSN EN ISO 12572, kde je uvedeno, že při vyšších vlhkostech dochází k snížení transportu vodní páry.

Podle nové normy ČSN 730540-3 je pro metodu DRY-CUP možno použít i jiných okrajových podmínek než je uvedeno výše, a to pro relativní vlhkosti prostředí 0% a 85%.

Požítí těchto okrajových podmínek povede podle grafu Obr.2 k jiným naměřeným výsledkům než u běžné metody DRY-CUP a tyto okrajové podmínky nekorrespondují s definicí metody DRY-CUP podle normy ČSN EN ISO 12572.

Norma ČSN 730540-3 taktéž zpřísňuje měření difúzních vlastností materiálů, neboť stanovuje minimálně 6ti měření od jednoho vzorku, aby mohla být vyjádřena jeho hodnota difúzní veličiny (například mokrá hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky). Naproti tomu norma ČSN EN ISO 12572, která popisuje metodu měření propustnosti vodních par stavebních výrobků, předepisuje s náležitou přesností provést pouze tři měření od jednoho vzorku materiálu respektive pět měření od daného materiálu, pokud plocha vzorku je menší než 0,02 m<sup>2</sup>.

V normě ČSN 730540-3 je uvedena hranice použití jednotlivých metod na hodnotě relativní vlhkosti vzduchu v interiéru 60%. Vzhledem k principu měření difúzních vlastností podle miskových metod by bylo v hodnější tuto hranici snížit na relativní vlhkost 50%.

V normách ČSN 730540-4 a ČSN EN ISO 12524 se najdou suché difúzní vlastnosti materiálů, neboť experimentální výsledky pro stanovení mokrých difúzních veličin nejsou k dispozici. V normách jsou především uváděny hodnoty pro homogenní materiály a pro nehomogenní pouze pro zdící prvky. Přitom hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky málo propustných materiálů výrazně klesá s počtem četných nehomogenit (otvory způsobené prostupujícími prvky nebo nedokonalým napojením pásů).

## 2. Nehomogenita materiálů a jejich difúzní vlastnosti podle nových norem

Ve stavební fyzice a českých normách ČSN 730540-4, ČSN EN ISO 13788 se setkáváme se vztahem popisující transport vlhkosti, který vychází z Fickova zákona difúze:

$$\vec{g} = -\delta \text{ grad } p \quad (3)$$

kde  $\delta$ ..... součinitel difúzní vodivosti materiálu,  
 $p$ ..... částečný tlak vodní páry,  
 $\vec{g}$  ..... hustota difúzního toku.

Hnací silou transportu vlhkosti je zde gradient částečného tlaku vodní páry, který samozřejmě působí ve všech směrech stejně. Vlastnosti materiálu vyjadřuje součinitel difúzní vodivosti  $\delta$ . Vnější vlivy ovlivňující transport vlhkosti nejsou v tomto vztahu vyjádřeny.

Avšak výpočet kondenzace vlhkosti ve stavebních konstrukcích se v současné době počítá pomocí Glaserových metod, které jsou popsány v normách ČSN EN ISO 13788 nebo ČSN 730540-4. Při těchto výpočtech se pro výpočet kondenzace vodních par v konstrukci zjednodušuje vztah (3) na vztahy:

$$g = \delta_p \cdot \frac{\Delta p}{d} = \frac{\delta_o}{\mu} \cdot \frac{\Delta p}{d} = \delta_o \cdot \frac{\Delta p}{s_d} \quad (4)$$

kde jednotlivé veličiny jsou popsány výše.

Tyto jednoduché vztahy uvažují pouze jednorozměrnou hustotu difúzního toku vlhkosti a to nejčastěji pouze ve směru kolmém na souvrství stavební konstrukce. Toto zjednodušení je možné pouze v případě homogenních vlastností použitých materiálů a rovinného uspořádání celé konstrukce. Ve skutečnosti však materiály zabudované do stavební konstrukce jsou často nehomogenní ať už v důsledku poškození nebo konstrukčního uspořádání. Současně se objevují i konstrukční detaily, které nemají rovinný ráz, a tudíž pro ně nelze aplikovat normové metody pro výpočet zkondenzované vlhkosti.

Norma ČSN 73 05 40-4 zohledňuje konstrukce, kde nelze uvažovat jednorozměrné šíření vlhkosti pomocí difúzního odporu celé konstrukce. Tento vztah vyjádřený pomocí ekvivalentní hodnoty ekvivalentní difúzní tloušťky je:

$$s_{d,ekv} = \frac{\sum A_j}{\sum \frac{A_j}{s_{d,j}}} \quad (5)$$

kde  $s_{d,ekv}$ ... je ekvivalentní hodnota ekvivalentní difúzní tloušťky nehomogenní vrstvy konstrukce [m],  
 $A_j$ ..... je plocha j-tého výseku konstrukce stanoveného tak, aby byl homogenní [m<sup>2</sup>],  
 $s_{d,j}$ ..... je ekvivalentní difúzní tloušťka j-tého výseku konstrukce o ploše  $A_j$ , stanovený pro jednorozměrné šíření vlhkosti [m].

Problematické je ve vztahu (5) doplnit vlastnot například v místě proděravění materiálu, takovým způsobem, aby daný vztah šlo aplikovat na konkrétní případy nehomogenních materiálů. Tento problém bude uveden v přednášce.

### 3. Závěr

Tímto příspěvkem bych rád upozornil na některé nové poznatky, které se objevily v tepelně technických normách ČSN 730540-3 a ČSN 730540-4 jejich některé rozporu.

- 1) Nové tepelně technické normy definují difúzní veličiny materiálů na mokré a suché tj. podle metod experimentálního měření difúze.
- 2) Normy sice stanovují při jakých podmínkách lze tyto nově definované difúzní veličiny použít, ale toto rozdělení neodpovídá experimentálnímu měření difúzních vlastností.
- 3) Nové normy upravují a zpřísňují experimentální měření difúzních vlastností materiálu, což je v rozporu s normami [4,6,7], které popisují tyto metody měření.
- 4) Nové normy stále bohužel neřeší vícerozměrné šíření vlhkosti. To může vést až k chybným návrhům obalových konstrukcí a zkrácení jejich životnosti.

**Text byl zpracován za podpory MSM 6840770001**

### Literatura:

- [1] TRECHSEL, H.P. *Manual on Moisture Control in Buildings*, Series ASTM manual series, MNL 18. 1994
- [2] HUTCHEON, B., HANDEGORD, G. *Building Science for a Cold Climate*. National Research Council of Canada: 1983. 440 p. ISBN 0-471-79763-4.
- [3] ČSN 730540-1-4 : 2005 *Tepelná ochrana budov – Část 1 až Část 4*.
- [4] ČSN 727030 : 2000 *Stanovení součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů. Všeobecná část*.
- [5] ČSN 72 70 31: 1975 *Měření součinitele difúze vodní páry stavebních materiálů metodou bez teplotního spádu*.
- [6] ČSN EN 12524: 2001 *Stavební materiály a výrobky – Tepelně vlhkostní vlastnosti – Tabulkové návrhové hodnoty*.
- [7] ČSN EN ISO 12572: 2002 *Tepelně vlhkostní chování stavebních materiálů a výrobků. Stanovení prostupu vodní páry*.
- [8] ČSN EN ISO 13788: 2002 *Tepelně vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody*.