

Prof. Ing. Karel HEMZAL, CSc.  
 ČVUT v Praze, Fakulta strojní,  
 techniky prostředí

# Podmínky pro vznik plísní na silikátových stěnách



Ústav techniky prostředí

## Conditions for Moulds Originating on Silicate Walls

Recenzent  
 Ing. Marcel Kadlec

Autor v článku uvádí podmínky pro kondenzaci vodní páry ze vzduchu na povrchu stavebních konstrukcí. Dle zahraničních měření a podkladů upřesňuje relativní vlhkosti vnitřního vzduchu, při kterých již dochází ke kondenzaci v pórech silikátových stěn a tím i k tvorbě plísní. Z uvedeného rozboru vyplývá, že naši stavební normou požadovaný konstantní odstup povrchové teploty 3 K od teploty rosného bodu nemusí být vždy dostatečný.

**Klíčová slova:** plísně, kondenzace vlhkosti, parametry vnitřního prostředí

In the article the author presents conditions for water vapour condensing from the air on the surfaces of construction engineering structures. According to foreign measurements and data the author defines the relative humidity of indoor air at which the condensation takes place in the pores of silicate walls and in turn, initiates growth of moulds. It follows from the analysis that the surface temperature-to-dew point temperature ratio of 3 K, required by the Czech construction standard, may not be always sufficient.

**Key words:** moulds, humidity condensation, indoor environment parameters

### STANOVENÍ KONDENZACE VODNÍ PÁRY UVNITŘ KONSTRUKCE

Vodní pára kondenzuje v místech konstrukce, ve kterých klesne teplota  $t_x$  tak, že je tlak páry větší než tlak sytých par

$$p_D(t_x) \geq p_D''(t_x),$$

což bývá v zimě u venkovní strany stěny, obr. 1. V grafu je v závislosti na místní teplotě ve stěně (v zimě od  $-15^\circ\text{C}$  na venkovním povrchu do  $+20^\circ\text{C}$  uvnitř vytápěné místnosti) vynesena tlak sytých par při lineárním průběhu teploty v homogenní stěně.

Na tomto grafu je znázorněn příznivý vliv tepelné izolace na vnějším povrchu, která vyloučí kondenzaci zvýšením teploty uvnitř stěny. Velmi příznivý účinek má dobrá parotěsná vrstva umístěná u vnitřního povrchu stěny, která zmenšuje přísun páry do stěny (není zobrazeno).

Samostatným problémem je výpočet celoroční bilance zkondenzované a odpařené vody v konstrukci. Návod je v ČSN 73 0540.

Nepříznivé působení kondenzace spočívá ve zvětšení tepelné vodivosti konstrukce, které způsobí zvýšení tepelné ztráty stěnou. Pokud klesnou teploty ve stěně se zkondenzovanou vlhkostí pod nulu, stěna promrzá, trhá se a rychle probíhá její devastace. Zvláště namáhané jsou venkovní (obvodové) stěny v budovách a v místnostech s velkou relativní vlhkostí a teplotou přes  $5^\circ\text{C}$ . Příkladem mohou být stavby živočišné výroby, bazény, prádelny, propařovací tunely žampionového substrátu a některé jiné technologické provozy.

Materiál stěn a konstrukce stěn jsou vždy průvzdušné. Toky vodní páry ven lze zabránit vnitřním podtlakem, který zajistí pronikání venkovního (v zimě suchého) vzduchu dovnitř. Potřebnou velikost podtlaku lze zajistit podtlakovým nuceným větráním, kde převahu odvodu vzduchu nad přívodem určíme z průvzdušnosti spár a konstrukce.

**Kondenzace na vnitřním povrchu skel** (pro páru nepropustných) nastává při poklesu jejich teploty pod rosný bod.

**U silikátových stěn** dochází ke kondenzaci v jejich pórech (při pohledu neprůhledné), a to již při poklesu vnitřní povrchové teploty stěny pod hod-

notu, která odpovídá relativní vlhkosti 75 % [4] při dané měrné vlhkosti vnitřního vzduchu! Proto nadokenní překlady v kuchyních, ložnicích příp. koupelnách ve venkovních stěnách jsou napadány plísněmi, zejména při nedostatečném větrání, k němuž dochází např. po výměně oken za těsná (např. plastová nebo kovová) bez větracích štěrbin nebo bez nuceného větrání prostoru.

Uvedené kritérium podle [4] bylo zjištěno přímým měření v prostorách bytů v Budapešti. Ještě přísnější kritérium lze najít v amerických podkladech, např. nepřekročitelnou mez 70% **povrchové vlhkosti** po celý rok [2], příp. až 65% [3]. International Energy Agency (1999) požaduje udržovat průměrnou měsíční hodnotu této veličiny pod 80 %.

Pro růst plísní musí být teplota stěny (při r.v. 80 %) vyšší než  $5^\circ\text{C}$ . Pod touto teplotou nevytváří akumulace vlhkosti ve stěně podmínky vhodné pro růst mikroorganismů. Naše stavební norma 730540 řeší tento problém požadavkem konstantního odstupu povrchové teploty 3 K od teploty rosného bodu.

Parotěsnost tepelné izolace je důležitá u studené strany chladicích zařízení a rozvodů chladu, kde nesmí docházet ke kondenzaci na kovovém povrchu.

#### Příklad

V místnosti je  $t = 24,5^\circ\text{C}$ , relativní vlhkost  $\varphi = 0,58$  (při atmosférickém tlaku  $p = 98 \text{ kPa}$ ). Stanovíme teplotu okenního skla, při které nastane kondenzace a povrchovou teplotu silikátové stěny, v jejíž pórech vzniknou vhodné podmínky pro vznik plísní.

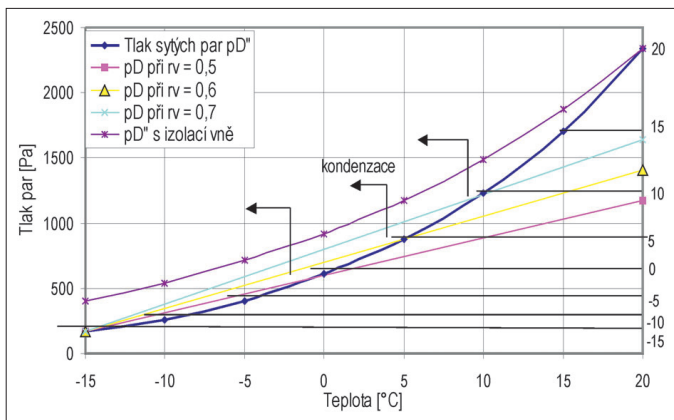
#### Řešení

a) sklo – ke kondenzaci dojde při poklesu  $t_p$  na teplotu rosného bodu  $t_r$

$$\text{Určíme tlak sytých par [1] } p_D'' = \exp \left[ 23,58 - \frac{4044,2}{235,6 + t} \right] = 3076 \text{ Pa}$$

$$\text{tlak par } p_D = \varphi \cdot p_D'' = 0,58 \cdot 3076 = 1784 \text{ Pa}$$

$$\text{povrchová teplota } t_p \leq t_r = \left[ 4404,2 / (23,58 - \ln p_D) \right] - 235,6 = 15,7^\circ\text{C}$$



Obr. 1 Průběh tlaku par v rovině stěně – stacionární stav: venkovního povrchu  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , r.v. 100 %, vnitřního povrchu  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , r.v. 70, 60, 50 % a parciální tlak sytých par (r.v. 100 %) při místní teplotě

b) stěna – ke kondenzaci v pórech dojde při poklesu povrchové teploty na hodnotu  $t_{0,75}$  odpovídající  $\phi = 0,75$ . Z podmínky (s využitím skutečnosti, že  $p_D = p_{Dr}''$ )

$$\exp\left[4044,2\left(\frac{1}{235,6 + t_{0,75}} - \frac{1}{235,6 + t_r}\right)\right] - 0,75 = 0$$

po dosažení za  $t_r = 15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  s použitím „řešitele“ v Excelu dostaneme  $t_{0,75} = 20,3\text{ }^{\circ}\text{C}$

Postup je zřejmý po zakreslení do  $h-x$  diagramu, odkud lze také výsledky odečíst.

Schematické znázornění je v obr. 2.

V obr. 3 jsou odstupy povrchových teplot od teplot rosného bodu, při kterých by nemělo docházet k podmínkám vhodným pro vznik plísní. Je zřejmé, že potřebný rozdíl převyšuje hodnotu 3 K, doporučenou některými normami.

Zkrácený příspěvek byl otištěn ve sborníku semináře: *Sálavé systémy vytápění a chlazení, operativní teplota*. STP 2006, ISBN 80-02-01785-4

**\* Energetický štítek pro klimatizační jednotky**

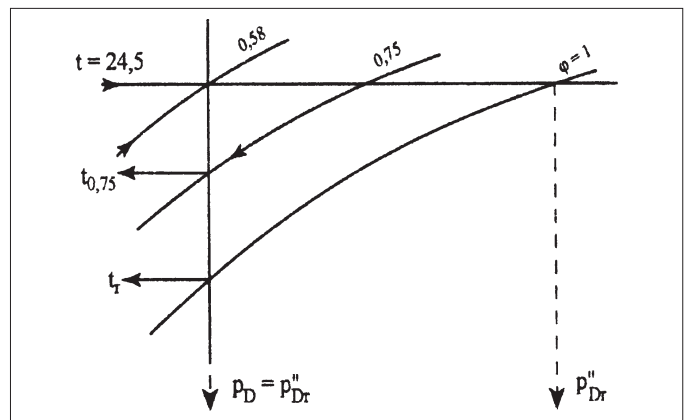
V prosinci 2004 vydalo Spolkové ministerstvo práce a hospodářství SRN nařízení o opatřování klimatizačních jednotek štítky o spotřebě energie.

To znamená, že od roku 2005 musejí být „vnitřní“ klimatizační jednotky do chladicího výkonu 12 kW opatřovány podobnými štítky, jaké byly dosud používány u chladicích jednotek.

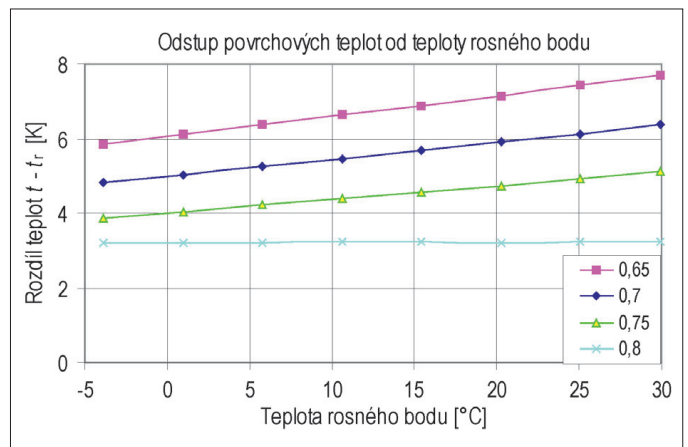
U klasifikovaných jednotek se pak měří odevzdávaný tepelný (chladicí) výkon a elektrický příkon, načež vydělením obou dostaneme výkonové číslo (např. při chladicím výkonu 3 kW a elektrickém příkonu 1 kW je výkonové číslo 3). Na základě tohoto čísla se pak zařazují jednotky do 7 tříd od A (nejlepší) až po G (nejhorší). Např. pro jednotky s oddělenou chladicí částí (split) pro provoz chlazení pro třídu A je výkonové číslo od 3,2 výše, pro třídu B od 3 do 3,2, pro třídu C od 2,8 do 3 atd. až po třídu G pod 2,2. Na štítku, kromě chladicího a topného výkonu je též uváděn údaj elektrické práce, který se vypočítá na základě výsledků zkoušek po 500 hodinách plného provozu.

CCI 3/2005

(Ku)



Obr. 2 Zobrazení odstupu teplot od rosného bodu v  $h-x$  diagramu. Příklad r.v. = 0,75



Obr. 3 Vypočtené rozdíly teplot při relat. vlhkosti 0,65, 0,7, 0,75 a 0,8 a teplot rosného bodu

Poděkování: Příspěvek byl vytvořen s podporou výzkumného záměru Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy, MSMT-6840770011

**Použité zdroje:**

- [1] Chyský J., Hemzal K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce 31. Bolit Brno 1993
- [2] 1997 ASHRAE Fundamentals Handbook. Kapitola 22
- [3] 2005 ASHRAE Fundamentals Handbook. Kapitola 23
- [4] Prof. Zöld na XI. Mezinárodní konferenci v Piešťanech, 1991. ■

**\* USA systém klasifikace energetické účinnosti budov LEED**

Zatímco ve státech EU architekti, projektanti a výrobci komponentů technického vybavení budov (TVB) diskutují o připravované směrnici (EPBD), je v USA již běžně v používání systém LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), k němuž bylo počátkem roku 2005 dobrovolně přihlášeno již více než 5000 členů.

Na rozdíl od EPBD posuzuje koncept LEED bodovým systémem, kromě energetické potřeby zařízení a systémů TVB i jiné faktory, jako ekologickou stálost budovy, její vodní hospodářství, použité materiály, tepelnou pohodu a kvalitu vnitřního ovzduší. Maximální počet dosažitelných bodů je 69 a na základě toho je pak daná budova hodnocena jako „platinová“ dosahuje-li více než 52 bodů, „zlatá“ s 39 až 51 body, „stříbrná“ s 33 až 38 body a „certifikovaná“ s 26 až 32 body.

Pro zajímavost, guvernér státu Washington vydal koncem roku 2004 nařízení, že všechny nové státní budovy s užitnou plochou přes 2500 m<sup>2</sup> musejí mít přinejmenším status „stříbrný“.

CCI 3/2005

(Ku)