

1) Stěna o ploše $S = 200 \text{ m}^2$ je složena ze dvou vrstev. Vnitřní vrstva (vnitřní zateplení) je tvořena vláknitou minerální izolací ($d_1 = 0,16 \text{ m}$, $\lambda_1 = 0,04$, $\mu_1 = 1$), vnější vrstva je cihlová ($d_2 = 0,32 \text{ m}$, $\lambda_2 = 0,8$, $\mu_2 = 10$). Součinitel difúzní vodivosti vodní páry vzduchem uvažujte $\delta = 2 \cdot 10^{-10} \text{ kg m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{Pa}^{-1}$
 Vnější podmínky: $\theta_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_{h_e} = 95 \%$, odpor při přestupu tepla vnější $R_{se} = 0,04$
 Vnitřní podmínky: $\theta_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_{h_i} = 60 \%$, odpor při přestupu tepla vnitřní $R_{si} = 0,25$
 Parciální tlak vodních par na povrchu konstrukce uvažujte stejný, jaký je v přilehlém prostředí.

Vypočtěte:

- a. Celkový tepelný odpor stěny R (1b)
 $R = R_{si} + R_1 + R_2 + R_{se} = R_{si} + d_1 / \lambda_1 + d_2 / \lambda_2 + R_{se} = 0,25 + 4 + 0,4 + 0,04 = \underline{4,69 \text{ m}^2\text{KW}^{-1}}$
 - b. Teplotu vnitřního povrchu stěny θ_{si} (2b)
 Vypočteme měrný tepelný tok $q = (\theta_i - \theta_e) / R = 4,264 \text{ Wm}^{-2}$ a s jeho pomocí vypočteme úbytek teploty na odporu při přestupu R_{si} : $\Delta\theta_{si} = \theta_i - \theta_{si} = q \cdot R_{si} = 4,264 \cdot 0,25 = 1,07 \text{ }^\circ\text{C}$.
 Odtud $\theta_{si} = \theta_i - \Delta\theta_{si} = \underline{18,93 \text{ }^\circ\text{C}}$.
 - c. Teplotu na rozhraní izolace a cihlové stěny θ_x (2b)
 Podobně jako v předešlém bodě, jen místo R_{si} použijeme $(R_{si} + R_1)$. Tedy $\Delta\theta_x = \theta_i - \theta_x = q \cdot (R_{si} + R_1)$. Odtud $\theta_x = \theta_i - \Delta\theta_x = 20 - 4,264 \cdot (0,25 + 4) = \underline{1,88 \text{ }^\circ\text{C}}$
 - d. Tepelné ztráty celou plochou stěny za 24 hodin (2b)
 $H = t \cdot q \cdot S = 24 \cdot 3600 \cdot 4,264 \cdot 200 = \underline{73,6 \text{ MJ (nebo } 20,5 \text{ kWh)}}$
 - e. Ekvivalentní difúzní tloušťku stěny S_d (2b)
 $S_d = d_1 \cdot \mu_1 + d_2 \cdot \mu_2 = 0,16 \cdot 1 + 0,32 \cdot 10 = \underline{3,36 \text{ m}}$
 - f. Parciální tlak vodní páry v interiéru a exteriéru (1b)
 V tabulce zjistíme tlak sytých par při vnitřní teplotě $p_{is} = 2334 \text{ Pa}$ a přenásobíme relativní vlhkostí. Tedy $p_i = p_s \cdot R_{h_i} = 2334 \cdot 0,6 = \underline{1400,4 \text{ Pa}}$. Podobně v exteriéru: $p_e = 609 \cdot 0,95 = \underline{578,6 \text{ Pa}}$.
- Dále předpokládejte, že v konstrukci *nedochází* ke kondenzaci a určete
- g. Měrný hmotnostní tok vodní páry konstrukcí. (2b)
 $j = \delta \cdot \Delta p / S_d = 2 \cdot 10^{-10} \cdot (1400,4 - 578,6) / 3,36 = \underline{4,89 \cdot 10^{-8} \text{ kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}}$
 - h. Množství vodní páry, které projde celou plochou stěny za 24 hodin. (2b)
 $m = j \cdot S \cdot t = 4,89 \cdot 10^{-8} \cdot 200 \cdot 24 \cdot 3600 = \underline{0,84 \text{ kg}}$
 - i. Směr šíření vodní páry (zdůvodněte!). (1b)
 Vodní pára se difúzí šíří z místa, kde je vyšší parciální tlak vodní páry na místo, kde je tento tlak nižší. V tomto případě tedy z interiéru do exteriéru.
 - j. Určete parciální tlak vodní páry na rozhraní izolace a cihlové stěny p_x . (3b)
 Za předpokladu, že v konstrukci *nedochází* ke kondenzaci, je měrný hmotnostní tok vodní páry konstantní v celé konstrukci. Musí tedy platit $j = \delta \cdot (p_i - p_x) / (d_1 \cdot \mu_1)$, odtud $p_x = p_i - j \cdot d_1 \cdot \mu_1 / \delta$, $p_x = 1400,4 - 4,89 \cdot 10^{-8} \cdot 0,16 \cdot 1 / 2 \cdot 10^{-10} = 1361 \text{ Pa}$.
 - k. Určete, zda na rozhraní tepelné izolace a cihlové stěny přeci jen *nedochází* ke kondenzaci vodní páry a závěr zdůvodněte. (2b)
 Na rozhraní izolace a cihlové stěny je teplota $1,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Při této teplotě je tlak sytých par asi 700 Pa (odečteno přibližně z tabulky). Vypočtený tlak $p_x = 1361 \text{ Pa}$ je vyšší než tlak sytých par. Ke kondenzaci tedy pravděpodobně v tomto místě dochází (zcela jistě dochází ke kondenzaci v konstrukci – k přesnému určení kondenzační zóny by bylo potřeba zkonstruovat tečny ke křivce sytých par.)

Tabulka tlaku sytých par v závislosti na teplotě:

| | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| θ (°C) | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | |
| p_s (Pa) | 2334 | 2194 | 2061 | 1935 | 1816 | 1703 | 1597 | 1496 | 1401 | 1311 | |
| θ (°C) | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| p_s (Pa) | 1226 | 1146 | 1071 | 1000 | 933 | 870 | 811 | 756 | 704 | 655 | 609 |

2) Napište, co je to Newtonův zákon ochlazování a jeho meze platnosti (4b)

Tento zákon popisuje chladnutí malých těles. Platí pro malá tělesa vyrobená z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. Přesněji:

$$\theta(t) = \exp(-hAt/cpV) \cdot (\theta_i - \theta_e) + \theta_e$$

Platí pro $Bi < 0,1$ kde $Bi = hL_c/\lambda$, Bi je Biotovo číslo.

3) Jaké znáte termodynamické procesy? (4b)

Relaxační, izochorický, izobarický, izotermický, adiabatický...