

doc. Ing. Vladimír ZMRHAL, Ph.D.
Ing. Jindřich BOHÁČ, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
Ústav techniky prostředí

Tepelná ztráta větráním podle ČSN EN 12831-1

Heat Loss by Ventilation According to ČSN EN 12831-1

Recenzent
prof. Ing. Karel Kabele, CSc.

Článek popisuje princip výpočtu tepelné ztráty větráním podle aktuálně platné normy ČSN EN 12 831-1 s komentářem. Norma obsahuje zjednodušený a univerzální výpočet. V článku jsou diskutovány některé údaje pro výpočet tepelné ztráty větráním obálkou budovy. Výpočet tepelné ztráty větráním je aplikován na jednoduchém příkladu rodinného domu s nuceným rovnotlakým větráním.

Klíčová slova: větrání, tepelná ztráta, vzduchotěsnost, obálka budovy, infiltrace

The article presents the principle of calculating the heat loss by ventilation according to the currently valid ČSN EN 12 831-1 standard, with an explanatory commentary. The standard contains a simplified and universal calculation method. The article discusses some data for calculation of the heat loss by ventilation through the building envelope. The calculation of heat loss by ventilation is applied to a simple example of a family house with forced equal-pressure ventilation.

Keywords: ventilation, heat loss, air tightness, building envelope, infiltration

ÚVOD

V roce 2017 vešla v platnost norma ČSN EN 12831-1, která byla v roce 2018 opatřena českým překladem [7]. Proti předchozí normě ČSN EN 12831 z roku 2005 [8] obsahuje aktuální verze nový výpočetní postup stanovení tepelné ztráty větráním, který je ale značně nepřehledný. Norma obsahuje zjednodušený a univerzální výpočetní postup, který se realizuje pro:

- budovu (build),
- zónu (z),
- prostor – místnost (i).

Ze zkušeností se ukazuje, že výpočet realizovaný pro zónu nemá příliš praktické uplatnění. Ve většině případů slouží výpočet tepelných ztrát současně i k návrhu otopných ploch v daném prostoru. Následující vysvětlující text se zaměřuje na výpočet vztahující se k prostoru – místnosti.

Pozn.: V textu tohoto příspěvku je použito značení, které odpovídá konvencím zavedeným v časopisu VVI. Objemový průtok vzduchu je označen \dot{V} [m^3/h] (v normě q), tepelná ztráta \dot{Q} [W] (v normě Φ), teplota t [$^{\circ}\text{C}$] (v normě θ) a výtokový součinitel otvoru μ [-] (v normě C_p). Indexování veličin je zachováno.

ZJEDNODUŠENÝ VÝPOČET

Zjednodušený výpočet se použije pro objekty bez nuceného větrání s vysokou mírou vzduchotěsnosti n_{50} (pozn.: vysoká míra vzduchotěsnosti není na národní úrovni definována), kdy je možné infiltraci vzduchu netěsnostmi v obálce budovy zanedbat. V takovém případě se tepelná ztráta větráním stanoví pouze na základě minimálního průtoku větracího vzduchu.

$$\dot{Q}_{v,i} = \dot{V}_{v,\min,i} \rho c_p (t_{\text{int},i} - t_e) \quad [\text{W}] \quad (1)$$

kde je:

- $\dot{V}_{v,\min,i}$ minimální průtok větracího vzduchu přiváděného do místnosti [m^3/h],
- ρ hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě $t_{\text{int},i}$ [kg/m^3],
- c_p měrná tepelná kapacita vzduchu při $t_{\text{int},i}$ [$\text{Wh}/(\text{kg}\cdot\text{K})$], $c_p = 0,34$
- $t_{\text{int},i}$ vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru [$^{\circ}\text{C}$],
- t_e venkovní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$].

Minimální průtok větracího vzduchu se stanoví jako:

$$\dot{V}_{v,\min,i} = n_{\min,i} V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2)$$

kde je:

- $n_{\min,i}$ minimální intenzita větrání [h^{-1}],
- V_i vnitřní objem místnosti [m^3].

Norma ČSN EN 12831-1 stanovuje minimální intenzitu větrání v obytných a pobytových místnostech pro výpočet tepelných ztrát $n_{\min} = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Pro místnosti pomocné a vnitřní místnosti bez oken (např. chodby) je $n_{\min} = 0 \text{ h}^{-1}$.

UNIVERZÁLNÍ VÝPOČET

Univerzální výpočet se použije v případě, že je prostor (zóna nebo budova) vybaven nuceným větráním, nebo pokud budova nedosahuje požadované vzduchotěsnosti a infiltrace vzduchu ovlivňuje výslednou tepelnou bilanci. Tepelnou ztrátu větráním způsobuje:

- průtok vzduchu obálkou budovy,
- průtok vzduchu nuceným větráním,
- průtok převáděného vzduchu.

Tepelná ztráta větráním prostoru se určí jako:

$$\dot{Q}_{v,i} = \dot{Q}_{v,\text{env},i} + \dot{Q}_{v,\text{sup},i} + \dot{Q}_{v,\text{transfer},i} \quad [\text{W}] \quad (3)$$

kde je:

- $\dot{Q}_{v,\text{env},i}$ tepelná ztráta větráním obálkou budovy [W],
- $\dot{Q}_{v,\text{sup},i}$ tepelná ztráta nuceným větráním [W],
- $\dot{Q}_{v,\text{transfer},i}$ tepelná ztráta převodem vzduchu ze sousední místnosti [W].

1. Tepelná ztráta větráním obálkou budovy

Tepelná ztráta větráním obálkou budovy zohledňuje průtok vzduchu způsobený podtlakem, infiltrací, větracími otvory a rozlehlými stavebními otvory (např. vjezdovými vraty). Tento průtok se porovnává s minimálním průtokem větracího vzduchu, který musí být zajištěn. Tepelná ztráta větráním obálkou budovy se stanoví následovně:

$$\dot{Q}_{v,env,i} = \max(\dot{V}_{v,env,i} + \dot{V}_{v,open,i}; \dot{V}_{v,min,i} - \dot{V}_{v,techn,i}) \rho c_p (t_{int,i} - t_e) \quad [W] \quad (4)$$

kde je:

- $\dot{V}_{v,env,i}$ průtok venkovního vzduchu prostupujícího obálkou budovy do místnosti [m^3/h],
- $\dot{V}_{v,open,i}$ průtok venkovního vzduchu přiváděného rozlehlými (otevřenými) otvory [m^3/h],
- $\dot{V}_{v,techn,i}$ průtok venkovního vzduchu přiváděného do místnosti pro technické systémy [m^3/h].

Stanovení průtoku vzduchu obálkou budovy

Průtok venkovního vzduchu prostupujícího obálkou budovy do místnosti se stanoví jako:

$$\dot{V}_{v,env,i} = \frac{\dot{V}_{v,inf-add,z}}{\dot{V}_{v,env,z}} \min(\dot{V}_{v,env,z}; \dot{V}_{v,leak+ATD,i} f_{dir,z}) + \frac{\dot{V}_{v,env,z} - \dot{V}_{v,inf-add,z}}{\dot{V}_{v,env,z}} \dot{V}_{v,leak+ATD,i} \quad [m^3/h] \quad (5)$$

kde je:

- $\dot{V}_{v,env,z}$ průtok venkovního vzduchu prostupujícího obálkou budovy do zóny [m^3/h],
- $\dot{V}_{v,inf-add,z}$ průtok venkovního vzduchu vnikajícího do zóny dodatečnou infiltrací,
- $\dot{V}_{v,leak+ATD,i}$ průtok venkovního vzduchu vnikajícího do prostoru netěsnostmi a větracími otvory pro přirozené větrání [m^3/h],
- $f_{dir,z}$ součinitel orientace zóny ($f_{dir,z} = 2$) [-].

Průtok venkovního vzduchu procházejícího obálkou budovy do zóny $\dot{V}_{v,env,z}$ může být způsoben jednak podtlakem, který vytváří vzduchotechnika, a dále přirozeným prouděním vzduchu do budovy infiltrací a větracími otvory (např. fasádními mřížkami).

$$\dot{V}_{v,env,z} = \max(\dot{V}_{v,exh,z} + \dot{V}_{v,comb,z} - \dot{V}_{v,sup,z}; 0) + \dot{V}_{v,inf-add,z} \quad [m^3/h] \quad (6)$$

kde je:

- $\dot{V}_{v,exh,z}$ průtok nuceně odváděného vzduchu ze zóny [m^3/h],
- $\dot{V}_{v,sup,z}$ průtok nuceně přiváděného venkovního vzduchu do zóny [m^3/h],
- $\dot{V}_{v,comb,z}$ průtok spalovacího vzduchu nebo jiného vzduchu potřebného pro technické systémy [m^3/h].

Průtok vzduchu proudícího do budovy dodatečnou infiltrací se stanoví dle vztahu:

$$\dot{V}_{v,inf-add,z} = (\dot{V}_{env,50} A_{env,z} + \dot{V}_{v,ATD,50,z}) f_{qv,z} f_{e,z} \quad [m^3/h] \quad (7)$$

kde je:

- $\dot{V}_{env,50}$ měrná průvzdušnost obálky budovy při rozdílu tlaků 50 Pa [m^3/m^2h],
- $\dot{V}_{v,ATD,50,z}$ průtok venkovního vzduchu prostupujícího do zóny větracími otvory pro přirozené větrání při rozdílu tlaků 50 Pa [m^3/h],
- $f_{qv,z}$ součinitel objemového průtoku [-],
- $f_{e,z}$ opravný součinitel zohledňující dodatečný rozdíl tlaků způsobený nerovnotlakým větráním [-].

Součinitel $f_{qv,z}$ nabývá, podle tabulky B.8 uvedené v normě, hodnot 0,03 až 0,11; součinitel $f_{e,z}$ se stanoví podle vztahu:

$$f_{e,z} = \frac{1}{1 + \frac{f_{fac,z}}{f_{qv,z}} \left(\frac{\dot{V}_{v,exh,z} + \dot{V}_{v,comb,z} - \dot{V}_{v,sup,z}}{\dot{V}_{env,50} A_{env,z} + \dot{V}_{v,ATD,50,z}} \right)^2} \quad [-] \quad (8)$$

kde je:

$f_{fac,z}$ opravný součinitel zohledňující počet nechráněných fasád [-].

V případě, že počet nechráněných fasád je větší než 1, je $f_{fac,z} = 8$. Pro jednu nechráněnou fasádu se volí $f_{fac,z} = 12$ v souladu s ČSN EN ISO 13 789 [4].

Průtok vzduchu netěsnostmi (index „leak“) a větracími otvory (index „ATD“) do prostoru se stanovuje jako poměrná část z příslušného průtoku do zóny (z):

$$\dot{V}_{v,leak+ATD,i} = \dot{V}_{v,leak,z} \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + \dot{V}_{v,ATD,z} \frac{\dot{V}_{v,ATD,design,i}}{\dot{V}_{v,ATD,design,z}} \quad [m^3/h] \quad (9)$$

kde je:

- $A_{env,i}$ plocha obálky místnosti [m^2],
- $A_{env,z}$ plocha obálky zóny [m^2].

Pozn.: Pojem ATD (Air Terminal Device) se v praxi vztahuje i na vyústky různého typu používané ve vzduchotechnice. V normě je pojem využíván pouze pro otvory (mřížky) sloužící pro přirozené větrání.

Průtok vzduchu netěsnostmi v obálce budovy je:

$$\dot{V}_{v,leak,z} = (1 - a_{ATD,z}) \dot{V}_{v,env,z} \quad [m^3/h] \quad (10)$$

Průtok vzduchu větracími otvory pro přirozené větrání:

$$\dot{V}_{v,ATD,z} = a_{ATD,z} \dot{V}_{v,env,z} \quad [m^3/h] \quad (11)$$

Poměr (autorita) $a_{ATD,z}$ vyjadřuje podíl průtoku vzduchu proudícího do zóny větracími otvory k celkovému průtoku přirozeně přiváděného vzduchu do zóny při tlakovém rozdílu 50 Pa:

$$a_{ATD,z} = \frac{\dot{V}_{v,ATD,50,z}}{\dot{V}_{v,ATD,50,z} + \dot{V}_{env,50} A_{env,z}} \quad [-] \quad (12)$$

Měrnou průvzdušnost obálky budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa lze odečíst z tabulky B.6 předmětné normy. Hodnota $\dot{V}_{env,50}$ se pohybuje v rozmezí 2 až 12 [$m^3/h.m^2$]. Pro většinu budov v ČR, u kterých se neprovádí zkouška vzduchotěsnosti, bude podle uvedené tabulky $\dot{V}_{env,50} = 6$ až 12 [$m^3/h.m^2$], což jsou hodnoty poměrně vysoké (viz diskuze).

Pro praktické výpočty se doporučuje průtok vzduchu $\dot{V}_{env,50}$ stanovit podle rovnice:

$$\dot{V}_{env,50} = \frac{n_{50} V_{build}}{A_{env,build}} \quad [m^3/h.m^2] \quad (13)$$

kde je:

- n_{50} intenzita větrání při rozdílu tlaků 50 Pa [h^{-1}],
- V_{build} vnitřní objem vzduchu budovy [m^3],
- $A_{env,build}$ plocha obálky budovy [m^2].

Plocha obálky budovy $A_{env,build}$ pro účely stanovení průvzdušnosti budovy je dle normy ČSN EN ISO 9972 [6] definována jako plocha povrchu všech stěn vytápěného prostoru, které jsou v kontaktu s venkovním prostředím vč. podlahy nad zemí. Určuje se z vnitřních rozměrů.

Průtok vzduchu otvory pro přirozené větrání při tlakovém rozdílu 50 Pa se stanoví přepočtem z návrhového objemového průtoku při návrhovém rozdílu tlaků:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{v,ATD,50,z} &= \dot{V}_{v,ATD,design,z} \left(\frac{50}{\Delta p_{ATD,design,z}} \right)^{leak,z} = \\ &= \dot{V}_{v,ATD,design,z} \left(\frac{50}{4} \right)^{0,67} = 5,43 \cdot \dot{V}_{v,ATD,design,z} \end{aligned} \quad (14)$$

kde je:

$\dot{V}_{v,ATD,design,z}$ návrhový průtok venkovního vzduchu větracími otvory [m^3/h],

$v_{leak,z}$ tlakový exponent = 0,67,

$\Delta p_{ATD,design,z}$ návrhový rozdíl tlaků = 4 [Pa].

Stanovení průtoku vzduchu pro technické systémy

Tento průtok vzduchu v sobě zahrnuje nucené větrání prostoru, vzduch převáděný a vzduch potřebný pro spalování, nebo jinak spotřebovaný vzduch:

$$\dot{V}_{v,techn,i} = \max(\dot{V}_{v,sup,i} + \dot{V}_{v,transfer,ij}; \dot{V}_{v,exh,i} + \dot{V}_{v,comb,i}) \quad [m^3/h] \quad (15)$$

kde je:

$\dot{V}_{v,sup,i}$ průtok venkovního vzduchu nuceně přiváděného do místnosti [m^3/h],

$\dot{V}_{v,transfer,ij}$ průtok převáděného vzduchu z místnosti j do místnosti i [m^3/h],

$\dot{V}_{v,exh,i}$ průtok nuceně odváděného vzduchu z místnosti [m^3/h],

$\dot{V}_{v,comb,i}$ průtok spalovacího vzduchu, nebo vzduchu odváděného z místnosti jiným technickým systémem [m^3/h].

Stanovení průtoku vzduchu rozlehlými (otevřenými) otvory

Výpočet průtoku vzduchu rozlehlými (otevřenými) otvory je uveden v příloze G předmětné normy ČSN EN 12831-1 [7]. S ohledem na rozsah příspěvků je v tomto odstavci popsán pouze principiální přístup k výpočtu.

Průtok vzduchu otvorem vyvolaný přirozeným vztlakem pro jednostranné větrání je:

$$\dot{V}_{v,open,th,i} = \frac{1}{3} \mu A_{open} \sqrt{\frac{gh \Delta t_{i-e}}{T_e}} 3600 \quad [m^3/h] \quad (16)$$

Pro oboustranné větrání pak:

$$\dot{V}_{v,open,1-2,th,i} = \mu A_{eff,i} \sqrt{\frac{2gh_{1-2,i} \Delta t_{i-e}}{T_e}} 3600 \quad [m^3/h] \quad (17)$$

kde je:

μ výtokový součinitel otvoru (pro plně otevřené otvory $\mu = 0,61$ [-]),

$A_{open,th,i}$ účinná plocha otvoru v místnosti pro jednostranné větrání [m^2],

$A_{eff,i}$ účinná plocha velkých otvorů pro oboustranné větrání [m^2],

g tíhové zrychlení [m/s^2],

h průměrná výška otvorů v místnosti (i) pro jednostranné větrání [m],

$h_{1-2,i}$ průměrný výškový rozdíl mezi středy ploch otvorů ve fasádě orientované směrem 1 a 2 [m],

T_e venkovní výpočtová teplota [K],

Δt_{i-e} rozdíl mezi vnitřní a venkovní výpočtovou teplotou [K].

V literatuře [2] je vztah (16) uveden ve tvaru:

$$\dot{V}_{v,open,th,i} = \frac{1}{3} \mu A_{open} \sqrt{\frac{gh(\rho_e - \rho_i)}{\rho_e}} 3600 \quad [m^3/h] \quad (18)$$

kde je:

ρ_e hustota venkovního vzduchu [kg/m^3],

ρ_i hustota vnitřního vzduchu [kg/m^3].

Průtok vzduchu vyvolaný účinkem větru pro jednostranné větrání je:

$$\dot{V}_{v,open,1-2,w,i} = 0,05 A_{open,1-2,w,i} v_{fac} 3600 \quad [m^3/h] \quad (19)$$

Pro oboustranné větrání pak:

$$\dot{V}_{v,open,1-2,w,i} = \mu A_{eff,i} \sqrt{\Delta C_p} v_{fac} 3600 \quad [m^3/h] \quad (20)$$

kde je:

v_{fac} místní průměrná rychlost větru v okolí fasády [m/s],

ΔC_p rozdíl mezi tlakovými součiniteli na návětrné a závětrné straně [-].

Celkový průtok vzduchu rozlehlými otvory pro příslušně orientovanou fasádu bude:

$$\dot{V}_{v,open,1-2,w,i} = \sqrt{\dot{V}_{v,open,1-2,w,i}^2 + \dot{V}_{v,open,1-2,w,i}^2} \quad [m^3/h] \quad (21)$$

Výsledný průtok rozlehlým otvorem pak bude:

$$\dot{V}_{v,open,i} = \max(\dot{V}_{v,open,1-2,w,i} + \dot{V}_{v,open,1-2,w,i}; \dot{V}_{v,open,1-2,w,i}) \quad (22)$$

kde 1 a 2 jsou čísla protilehlých fasád.

2. Tepelná ztráta nuceným větráním

Tepelná ztráta větráním způsobená nuceným přívodem venkovního vzduchu se stanoví jako:

$$\dot{Q}_{v,sup,i} = \dot{V}_{v,sup,i} \rho c_p (t_{int,i} - t_{rec,z}) \quad [W] \quad (23)$$

kde je:

$\dot{V}_{v,sup,i}$ průtok nuceně přiváděného venkovního vzduchu [m^3/h],

$t_{rec,z}$ teplota vzduchu za výměníkem ZZT [°C].

Pozn.: Intenzitu větrání v obytných budovách stanovuje norma ČSN EN 15665/Z1 [9] v rozsahu 0,3 až 0,5 h^{-1} pro obytné místnosti.

Tato část tepelné ztráty větráním se započítá do tepelné ztráty místnosti tehdy, pokud je hrazena otopnou soustavou v místnosti, tj. pokud větrací zařízení nedohřívá vzduch na požadovanou vnitřní výpočtovou teplotu $t_{int,i}$. Typickým příkladem je nucené větrání rodinného domu se zpětným získáváním tepla, kdy vzduch po průchodu výměníkem zpětného získávání tepla (ZZT) není v jednotce dohříván a je přiváděn do prostoru – viz diskuze.

V případě, že větrací zařízení pokrývá tepelnou ztrátu větráním (dohřívá vzduch na $t_{int,i}$ v ohříváči), nezapočítává se tato část do tepelné ztráty místnosti, ale musí být započítána do celkové tepelné bilance budovy pro stanovení tepelného výkonu zdroje tepla. Více o návrhu ohříváče ve VZT v souvislosti s pokrytím tepelné ztráty viz literatura [2].

Průtok venkovního vzduchu $\dot{V}_{v,sup,i}$ v rovnici (23) představuje návrhový průtok vzduchu pro trvalé větrání (nikoliv nárazové).

Teplota vzduchu za výměníkem zpětného získávání tepla $t_{rec,z}$ se stanoví z definice teplotního faktoru (účinnosti) zpětného získávání tepla:

$$t_{rec,z} = t_{e,0} \eta_{rec,z} (t_{exh,z} - t_{e,0}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (24)$$

kde je:

$t_{exh,z}$ teplota odváděného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$],
 $t_{e,0}$ venkovní výpočtová teplota v místě stavby [$^{\circ}\text{C}$],
 $\eta_{rec,z}$ teplotní faktor (účinnost) zpětného získávání tepla [-].

Pozn.: Venkovní výpočtová teplota vs. teplota venkovního vzduchu: Výpočet tepelné ztráty pracuje s venkovní výpočtovou teplotou, která je uvedena v národní příloze ČSN EN 12 831-1. S ohledem na akumuláční schopnost staveb se jedná o nejnižší hodnotu pětidenních průměrů teplot venkovního vzduchu ve sledovaném období [1].

Projektanti vzduchotechniky nepracují s průměrnou teplotou, ale pro výpočet tepelné ztráty větráním, která slouží pro návrh ohřivače, používají minimální teplotu venkovního vzduchu. Ta se od venkovní výpočtové teploty liší, zpravidla je o 3 až 5 K nižší. Parametry venkovního vzduchu pro dimenzování výměníků tepla jsou uvedeny v ČSN 12 7010/Z1 [11].

3. Tepelná ztráta převodem vzduchu

Tepelná ztráta převodem vzduchu se stanoví:

$$\dot{Q}_{v,transfer,i} = \dot{V}_{v,transfer,ij} \rho c_p (t_{int,i} - t_{transfer,ij}) \quad [\text{W}] \quad (25)$$

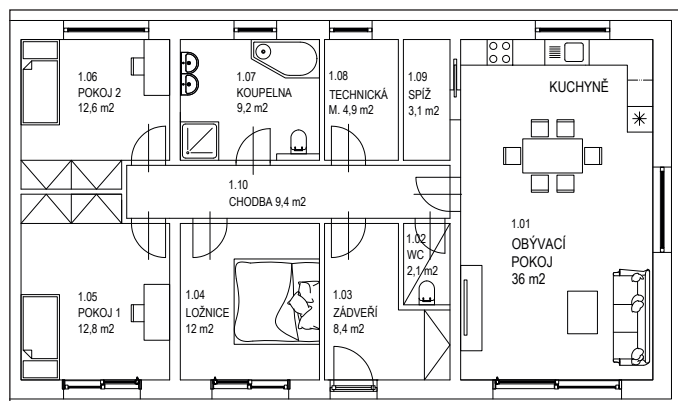
kde je:

$\dot{V}_{v,transfer,ij}$ průtok převáděného vzduchu [m^3/h],
 $t_{transfer,ij}$ teplota převáděného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$].

Příkladem tepelné ztráty převodem vzduchu v RD je situace, kdy je z koupelny s vnitřní výpočtovou teplotou 24 $^{\circ}\text{C}$ odváděn vzduch, který je přisáván z vedlejší místnosti vytápěné na 20 $^{\circ}\text{C}$ (viz příklad).

PŘÍKLAD VÝPOČTU

Předmětem návrhu je jednopodlažní rodinný dům (tzv. bungalov) umístěný na okraji Prahy bez výrazných zdrojů znečištění, v husté zástavbě, kde lze předpokládat výrazné stínění. Rodinný dům obývá čtyřčlenná rodina – 2 dospělí a 2 děti. Půdorys rodinného domu (RD) je znázorněn na obr. 1. Vnější rozměry domu jsou 15,7 × 8,9 m, světlá výška podlaží 2,7 m. Rodinný dům je vybaven nuceným rovnotlakým větráním, které zajišťuje větrací jednotka se zpětným získáváním tepla. Nucené větrání rodinného domu je navrženo tak, aby v obytných místnostech byla zajištěna alespoň doporučená intenzita větrání 0,5 h^{-1} podle ČSN EN 15665/Z1 [9].



Obr. 1 Půdorys řešeného rodinného domu

Fig. 1 Floor plan of the family house

Tab. 1 Tabulka místností s průtoky větracího vzduchu pro trvalé větrání

Tab. 1 Table of rooms with ventilation air flow rates of continuous ventilation

Místnost	Plocha podlahy S [m^2]	Objem místnosti V_i [m^3]	Vnitřní výpočtová teplota $t_{int,i}$ [$^{\circ}\text{C}$]	Trvalé větrání	
				Přívod vzduchu $\dot{V}_{v,sup,i}$ [m^3/h]	Odvod vzduchu $\dot{V}_{v,exh,i}$ [m^3/h]
1.01 OBYVACÍ POKOJ + + KK	36	97,2	20	55	40
1.02 WC	2,1	5,7	20	-	25
1.03 ZÁDVEŘÍ	8,4	22,7	20	-	10
1.04 LOŽNICE	12	32,4	20	40	-
1.05 POKOJ 1	12,8	34,6	20	20	-
1.06 POKOJ 2	12,6	34,0	20	20	-
1.07 WC, KOUPELNA	9,2	24,8	24	-	50
1.08 TECHNICKÁ M.	4,9	13,2	20	-	10
1.09 SPIŽ	3,1	8,4	20	-	-
1.10 CHODBA	9,4	25,4	20	-	-
CELKEM	111	298	-	135	135

Tab. 2 Vstupní hodnoty

Tab. 2 Input values

Veličina	Značka	Hodnota	Odkaz na ČSN EN 12 831-1	Poznámka
Venkovní výpočtová teplota	t_e [$^{\circ}\text{C}$]	-15	tabulka NA.1	
Převažující vnitřní výpočtová teplota	t_i [$^{\circ}\text{C}$]	20	-	podle projektu
Vnitřní objem vzduchu v budově	ΣV_i [m^3]	298	-	tab. 1
Minimální intenzita větrání	$n_{min,i}$ [h^{-1}]	0,5	B.2.11	minimální hodnota pro obytné místnosti dle ČSN EN 15665/Z1 je 0,3 h^{-1}
Intenzita větrání při rozdílu tlaků 50 Pa	n_{50} [h^{-1}]	1,5	6.3.3.4/rovnice (32)	podle ČSN 730540-2
Teplotní faktor ZZT	$\eta_{rec,z}$ [%]	80		údaj výrobce
Návrhový rozdíl tlaků	$\Delta p_{ATD,design,z}$ [Pa]	4	B.2.13	
Návrhový průtok venkovního vzduchu větracími otvory	$\dot{V}_{v,ATD,design,z}$ [m^3/h]	0	-	podle projektu
Průtok přiváděného venkovního vzduchu do zóny	$\dot{V}_{v,sup,z}$ [m^3/h]	135	-	tab. 1/podle projektu
Průtok odváděného vzduchu ze zóny	$\dot{V}_{v,exh,z}$ [m^3/h]	135	-	tab. 1/podle projektu
Průtok spalovacího vzduchu aj.	$\dot{V}_{v,comb,z}$ [m^3/h]	0	-	podle projektu
Součinitel orientace zóny	$f_{dir,z}$ [-]	2	B.2.15	
Opravný součinitel zohledňující počet nechráněných fasád	$f_{fac,z}$ [-]	8	B.2.16	
Součinitel objemového průtoku	$f_{qv,z}$ [-]	0,03	B.2.12	
Tlakový exponent netěsnosti	$v_{leak,z}$ [-]	0,67	B.2.14	

V tab. 1 je uveden seznam místností řešeného rodinného domu vč. základních parametrů a průtoků nuceně přiváděného venkovního vzduchu pro zajištění trvalého větrání.

Vstupní hodnoty

V tab. 2 jsou uvedeny vstupní hodnoty výpočtu tepelné ztráty větráním vč. odkazu na zdroj informací. Základem pro výpočet je volba vzduchotěsnosti n_{50} , měření nebylo realizováno. Pro řešený dům byla zvolena hodnota $n_{50} = 1,5 [h^{-1}]$ (viz diskuze). Jedná se o běžnou výstavbu rodinného domu typu bungalov.

Výpočet dílčích průtoků vzduchu

Na základě vstupních hodnot (tab. 2) se stanoví objemové průtoky vzduchu a další parametry pro řešenou zónu (tab. 3). Zónu tvoří skupina místností, která je podle návrhu propojena vnitřním vzduchem (například otevřenými dveřmi). V tomto příkladu tvoří zónu rodinný dům. Plocha obálky budovy je stanovena z celkových vnitřních rozměrů, podle ČSN EN ISO 9972 [6]. Průvzdušnost obálky budovy $\dot{V}_{env,50}$ byla stanovena podle rovnice (13) na základě zvolené hodnoty celkové intenzity větrání n_{50} pro tento typ RD.

Tab. 3 Vypočítané údaje pro zónu – rodinný dům

Tab. 3 Calculated data for the zone – family house

Veličina	Značka	Hodnota	Odkaz na ČSN EN 12 831-1	Poznámka
Plocha obálky budovy	$A_{env,build} = A_{env,z} [m^2]$	359,9	6.3.3.6/rovnice (34)	-
Měrná průvzdušnost obálky budovy při rozdílu tlaků 50 Pa	$\dot{V}_{env,50} [m^3/h.m^2]$	1,33	B.2.10	rovnice (13)
Průtok vzduchu přiváděného do zóny větracími otvory při rozdílu tlaků 50 Pa	$\dot{V}_{v,ATD,50,z} [m^3/h]$	0	6.3.3.3.5/rovnice (30)	rovnice (14)
Opravný součinitel zohledňující nerovnotlaké větrání	$f_{e,z} [-]$	1,0	6.3.3.3.5/rovnice (29)	rovnice (8)
Průtok vzduchu přiváděného do zóny dodatečnou infiltrací	$\dot{V}_{v,inf-add,z} [m^3/h]$	14,4	6.3.3.3.5/rovnice (29)	rovnice (7)
Průtok venkovního vzduchu přiváděného do zóny obálkou budovy	$\dot{V}_{v,env,z} [m^3/h]$	14,4	6.3.3.3.4/rovnice (24)	rovnice (6)
Autorita větracích otvorů v zóně	$a_{ATD,z} [-]$	0	6.3.3.3.2/rovnice (22)	rovnice (12)
Průtok venkovního vzduchu přiváděného do zóny netěsnostmi	$\dot{V}_{v,leak,z} [m^3/h]$	14,4	6.3.3.3.2/rovnice (20)	rovnice (10)
Průtok venkovního vzduchu přiváděného do zóny větracími otvory	$\dot{V}_{v,ATD,z} [m^3/h]$	0	6.3.3.3.2/rovnice (21)	rovnice (11)
Teplota vzduchu za výměníkem ZT	$t_{rec,z} [^{\circ}C]$	13	6.3.3.7/rovnice (37)	rovnice (24)

Tab. 4 Vypočítané hodnoty – objemové průtoky vzduchu pro místnosti

Tab. 4 Calculated values — volumetric airflow rates for the rooms

Místnost	Minimální průtok vzduchu $\dot{V}_{v,min,i} [m^3/h]$	Průtok venkovního vzduchu přiváděného obálkou budovy $\dot{V}_{v,env,i} [m^3/h]$	Průtok venkovního vzduchu přiváděného netěsnostmi a větracími otvory $\dot{V}_{v,leak+ATD,i} [m^3/h]$	Průtok vzduchu přiváděného pro technické systémy $\dot{V}_{v,techn,i} [m^3/h]$	Průtok vzduchu přiváděného ze sousední místnosti $\dot{V}_{v,transfer,i,j} [m^3/h]$
1.01 OBÝVACÍ POKOJ + KK	48,6	9,6	4,8	55	0
1.02 WC	0,0	0,4	0,2	25	25
1.03 ZÁDVEŘÍ	11,3	2,1	1,1	10	10
1.04 LOŽNICE	16,2	2,8	1,4	40	0
1.05 POKOJ 1	17,3	4,1	2,1	20	0
1.06 POKOJ 2	17,0	3,5	1,7	20	0
1.07 WC, KOUPELNA	12,4	2,3	1,2	50	50
1.08 TECHNICKÁ M.	6,6	1,3	0,6	10	10
1.09 SPÍŽ	0,0	0,9	0,4	0	0
1.10 CHODBA	0,0	1,7	0,8	0	0
CELKEM	129,5	28,7	14,3	-	-

Řešený rodinný dům není opatřen žádnými větracími otvory pro přirozené větrání, autorita větracích otvorů $a_{ATD,z}$ a průtok venkovního vzduchu větracími otvory do zóny (z) je roven 0 (tab. 3). Opravný součinitel $f_{e,z}$ je při rovnotlakém větrání rodinného domu roven 1. Objemové průtoky vzduchu přiváděného do zóny obálkou budovy netěsnostmi a infiltrací se dále stanoví podle rovnic uvedených v tomto příspěvku, na které odkazuje tab. 3.

Z hodnot určených pro zónu (v tomto případě rodinný dům) v tab. 3 se následně stanoví objemové průtoky vzduchu vztahující se k jednotlivým místnostem. Pro vysvětlení je uveden postup výpočtu průtoků vzduchu pro místnost 1.01. Výsledné průtoky vzduchu pro všechny místnosti rodinného domu jsou uvedeny v tab. 4.

Minimální objemový průtok vzduchu do místnosti 1.01 se stanoví jako:

$$\dot{V}_{v,min,i} = n_{min,i} V_i = 0,5 \cdot 97,2 = 48,6 \quad [m^3/h]$$

Minimální intenzita větrání byla zvolena na základě údaje uvedeného v normě ČSN EN 12 831-1 [7], tj. $n_{min,i} = 0,5 h^{-1}$, což je poněkud v roz-

poru s minimálním požadavkem na větrání obytných místností dle ČSN EN 15665/Z1, kde je $n_{\min,i} = 0,3 \text{ h}^{-1}$. Při výpočtu tepelných ztrát by se měla používat vyšší z obou hodnot. V prezentovaném příkladu nemá volba této hodnoty na výsledek vliv, neboť skutečný průtok přiváděného venkovního odpovídá $n_i > 0,5 \text{ h}^{-1}$.

Objemový průtok venkovního vzduchu přiváděného do místnosti obálkou budovy se stanoví podle rovnice (5).

$$\dot{V}_{v,env,i} = \frac{\dot{V}_{v,inf-add,z}}{\dot{V}_{v,env,z}} \min(\dot{V}_{v,env,z}; \dot{V}_{v,leak+ATD,i} \cdot f_{dir,z}) + \frac{\dot{V}_{v,env,z} - \dot{V}_{v,inf-add,z}}{\dot{V}_{v,env,z}} \dot{V}_{v,leak+ATD,i} = \frac{14,4}{14,4} \cdot \min(14,4; 4,8 \cdot 2) + \frac{14,4 - 14,4}{14,4} \cdot 4,8 = 9,6 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Průtok venkovního vzduchu přiváděného netěsnostmi a větracími otvory $\dot{V}_{v,leak+ATD,i}$ se stanoví dle rovnice (9), kde obálka místnosti v kontaktu s vnějším prostředím (vypočítaná podle vnitřních rozměrů, včetně podlahy) $A_{env,i} = 120,7 \text{ m}^2$.

$$\dot{V}_{v,leak+ATD,i} = \dot{V}_{v,leak,z} \frac{A_{env,i}}{A_{env,z}} + \dot{V}_{v,ATD,z} \frac{\dot{V}_{v,ATD,design,i}}{\dot{V}_{v,ATD,design,z}} = 14,4 \cdot \frac{120,7}{359,9} + 0 \cdot \frac{0}{0} = 4,8 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Objemový průtok vzduchu přiváděného do místnosti pro technické systémy $\dot{V}_{v,techn,i}$ se stanoví podle rovnice (15). Průtok spalovacího (nebo jiného technicky požadovaného) vzduchu pro místnost 1.01 $\dot{V}_{v,comb,i} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$\dot{V}_{v,techn,i} = \max(\dot{V}_{v,sup,i} + \dot{V}_{v,transfer,ij}; \dot{V}_{v,exh,i} + \dot{V}_{v,comb,i}) = \max(55 + 0; 40 + 0) = 55 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

Objemový průtok vzduchu převáděného ze sousední místnosti se stanoví podle projektu, resp. informace o podtlaku, který je v dané místnosti vyvolán vlivem působení nuceného větrání. Místnost 1.01 je na základě průtoků uvedených v tab. 1 v mírném přetlaku, čili $\dot{V}_{v,transfer,ij} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$.

Průtok vzduchu rozlehlými (otevřenými) otvory je u řešeného rodinného domu $\dot{V}_{v,open,i} = 0 \text{ m}^3/\text{h}$. Tento průtok by se uplatnil například u vytápěné garáže přirozeně větrané mřížkami v obvodové stěně.

Tepelná ztráta větráním

V tab. 5 jsou uvedeny výsledky výpočtu tepelné ztráty větráním pro všechny místnosti rodinného domu vč. celkové tepelné ztráty větráním. Tepelná ztráta větráním byla stanovena podle rovnic (4), (23) a (25). V rovnici (23) byla teplota vzduchu za výměníkem zpětného získávání tepla stanovena z rovnice (24) s tím, že teplota odváděného vzduchu je rovna převažující vnitřní teplotě vzduchu $t_{exh,z} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Hodnota teplotního faktoru (účinnosti) ZZT $\eta_{rec,z} = 80 \%$ byla odečtena z podkladu výrobce vzduchotechnické jednotky pro jmenovitý průtok vzduchu, tj. $135 \text{ m}^3/\text{h}$. Podle rovnice (24) se stanoví $t_{rec,z} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tepelná ztráta převodem vzduchu se uplatní pouze v koupelně 1.07, kde je návrhová teplota vnitřního vzduchu $24 \text{ }^\circ\text{C}$. Z místnosti je trvale odváděn vzduch, který je přisáván z okolních místností vytápěných na $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Výpočet podle rovnice (25) je:

$$\dot{Q}_{v,transfer,i} = \dot{V}_{v,transfer,ij} \rho c_p (t_{int,i} - t_{transfer,ij}) = 50 \cdot 1,2 \cdot 0,28 \cdot (24 - 20) = 67 \quad [\text{W}]$$

Tab. 5 Výsledky výpočtu tepelné ztráty větráním

Tab. 5 Results of the calculation of the heat loss by ventilation

Místnost	Tepelná ztráta větráním obálkou budovy $\dot{Q}_{v,env,i}$ [W]	Tepelná ztráta nuceným větráním $\dot{Q}_{v,sup,i}$ [W]	Tepelná ztráta převodem vzduchu $\dot{Q}_{v,transfer,i}$ [W]	Celková tepelná ztráta větráním $\dot{Q}_{v,i}$ [W]
1.01 OBÝVACÍ POKOJ + KK	113	129	0	243
1.02 WC	5	0	0	5
1.03 ZÁDVEŘÍ	25	0	0	25
1.04 LOŽNICE	33	94	0	127
1.05 POKOJ 1	49	47	0	96
1.06 POKOJ 2	41	47	0	88
1.07 WC, KOUPELNA	31	0	67	98
1.08 TECHNICKÁ M.	15	0	0	15
1.09 SPÍŽ	10	0	0	10
1.10 CHODBA	20	0	0	20
CELKEM	341	318	67	725

DISKUZE

Tepelná ztráta větráním představuje v tepelné bilanci nově stavěných budov nezanedbatelnou položku. Výpočet tepelné ztráty větráním podle normy ČSN EN 12 831-1 z roku 2017 obsahuje řadu parametrů, které mohou výsledek ovlivnit.

Vzduchotěsnost budovy

Při výpočtu infiltrace se uvažuje s měrou průvzdušnosti budovy $\dot{V}_{env,50}$ v rozsahu 2 až $12 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ podle tab. 6 (kompletní tabulka viz ČSN EN 12 831-1, příloha B). V normě je uvedeno, že v budovách, kde nejsou k dispozici údaje o vzduchotěsnosti, lze předpokládat nízké požadavky na vzduchotěsnost. V ČR není běžnou praxí měřit vzduchotěsnost budovy po dokončení stavby, výjimkou je výstavba pasivních rodinných domů, kdy je protokol o měření vzduchotěsnosti povinnou přílohou žádosti o dotaci.

Tab. 6 Měrná průvzdušnost obálky budovy $\dot{V}_{env,50}$ podle ČSN EN 12 831-1

Tab. 6 Specific air permeability of the envelope $\dot{V}_{env,50}$ according to ČSN EN 12 831-1

Kritéria pro členění vzduchotěsnosti		$\dot{V}_{env,50}$ [m ³ /(m ² ·h)]
Zkouška vzduchotěsnosti	Požadavky na vzduchotěsnost	
Zkouška vzduchotěsnosti bude po dokončení stavby provedena	Vysoká úroveň	2
	Střední úroveň	3
Zkouška vzduchotěsnosti nebyla a ani nebude provedena	Střední úroveň	6
	Nízká úroveň	12

Pro praktické výpočty je možné využít doporučené údaje intenzity větrání $n_{50,N}$ uvedené v požadavkové normě ČSN 73 0540-2 [10] (tab. 7) a průvzdušnost obálky budovy $\dot{V}_{env,50}$ stanovit podle rovnice (13).

Tab. 7 Doporučené hodnoty celkové intenzity větrání $n_{50,N}$ podle ČSN 73 0540-2

Tab. 7 Recommended values of total ventilation intensity $n_{50,N}$ according to ČSN 73 0540-2

Větrání budovy	Doporučená hodnota celkové intenzity větrání $n_{50,N}$	
	Úroveň I	Úroveň II
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se ZTZ	1,0	0,8
Nucené se ZTZ v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

Při návrhu rodinných domů je možné využít údaje z literatury [4], které zpracovala Asociace Blower Door CZ. Jedná se o databázi zejména rodinných domů z let 1996 až 2015, u kterých byla realizována zkouška vzduchotěsnosti, tzv. „blower door test“. Výsledky testů jsou vyhodnocovány statisticky a jejich stručný výčet je uveden v tab. 8. Databáze obsahuje celkem 418 rodinných domů, z toho bylo 284 pasivních.

Tab. 8 Intenzita větrání při rozdílu tlaků 50 Pa na základě realizovaných zkoušek vzduchotěsnosti [4]

Tab. 8 Ventilation intensity for a pressure difference of 50 Pa based on the performed airtightness tests [4]

Rodinné domy	Běžné domy	Nizkoenergetické domy	Pasivní domy
n_{50} [h ⁻¹]			
Běžný rozsah (1. až 3. kvartil)	1,21 až 4,35	0,73 až 1,61	0,31 až 0,76
Průměrná hodnota	3,49	1,34	0,70
Medián	2,22	0,96	0,46

Součinitel objemového průtoku

Součinitel objemového průtoku $f_{qv,z}$ nabývá hodnoty 0,03 až 0,11 a závisí na počtu nechráněných fasád, stínění okolní zástavbou, výšce budovy a výšce objektu (zóny) nad úrovní terénu. Hodnoty pro rodinné domy, resp. budovy do výšky 5 m, jsou uvedeny v tab. 9 (kompletní tabulka viz ČSN EN 12 831-1, příloha B).

Tab. 9 Součinitele objemového průtoku $f_{qv,z}$ pro rodinné domy podle ČSN EN 12 831-1

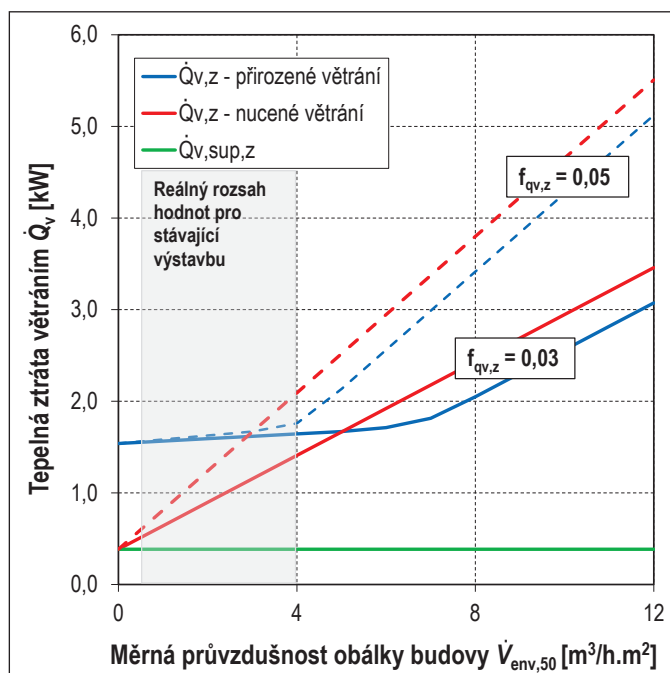
Tab. 9 Volume flow rate coefficients $f_{qv,z}$ for family houses according to ČSN EN 12 831-1

Stínění	Příklad zástavby	$f_{qv,z}$
Intenzivní	Hustá zástavba v centru města nebo hustý les	0,03
Běžné	Budova volně obklopená několika budovami nebo stromy	0,05
Žádné	Volné prostranství	0,07

Analýza zadaného příkladu

Na obr. 2 je znázorněna závislost tepelné ztráty větráním $\dot{Q}_{v,z}$ na měrné průvzdušnosti $\dot{V}_{env,50}$ a součiniteli objemového průtoku $f_{qv,z}$ pro řešený rodinný dům (viz příklad). Z uvedeného grafu je vidět, jak obě hodnoty ovlivňují výsledek.

Na obr. 2 jsou znázorněny výsledky výpočtu tepelné ztráty větráním podle uvedeného univerzálního výpočtového postupu. Modře jsou vyneseny výsledky pro přirozené větrání, červeně pro nucené větrání RD. Zelená



Obr. 2 Závislost tepelné ztráty větráním řešeného RD na měrné průvzdušnosti obálky budovy $\dot{V}_{env,50}$ a součiniteli $f_{qv,z}$

Fig. 2 Dependence of the family house heat loss by ventilation on the specific air permeability of the building envelope $\dot{V}_{env,50}$ and the coefficient $f_{qv,z}$

závislost je tepelná ztráta větráním způsobená nuceným přívodem větracího vzduchu po ohřátí ve výměníku ZTZ dle rovnice (23).

Tepelná ztráta nuceným větráním

Výpočet tepelné ztráty nuceným větráním podle vztahu (23) není univerzální a respektuje pouze ohřev ve výměníku ZTZ. Tepelná ztráta místnosti způsobená nuceným větráním se obecně stanoví podle vztahu:

$$\dot{Q}_{v,sup,i} = \max(\dot{V}_{v,sup,i} \rho c_p (t_{int,i} - t_{sup,z}); 0) \quad [W]$$

kde je:

$t_{sup,z}$ teplota přiváděného vzduchu.

Z pohledu projekční praxe je takový postup logický, neboť norma ČSN EN 12831-1 je základní normou, s níž pracují zejména projektanti profese vytápění, kteří dimenzují mj. otopné plochy. Tepelná ztráta větráním (někdy i prostupem při teplovzdušném vytápění), může být hrazena v ohřivači vzduchotechnické jednotky. Tuto hodnotu pak stanovuje projektant vzduchotechniky a v rámci součinnosti obou profesí nárokuje potřebný tepelný výkon zdroje tepla u projektanta vytápění.

Je pravdou, že nové normy v oboru vycházejí zejména z požadavků na energetickou náročnost budov a projekční praxi často vůbec nerespektují. Na druhou stranu norma ČSN EN 12831-1 slouží pro stanovení tepelného výkonu obecně a měla by respektovat všechny varianty, které přicházejí do úvahy.

ZÁVĚR

Příspěvek popisuje výpočet tepelné ztráty větráním podle aktuálně platné normy ČSN EN 12 831-1, který obsahuje řadu vstupních údajů a dílčích výpočtů. Účelem tohoto příspěvku je obeznámit odbornou veřejnost s výpočtním postupem, který je značně nepřehledný. I když řada projektantů používá pro výpočet tepelné ztráty výpočtní software, je vždy

účelné vědět, jak výpočetní postup pracuje a jaké vstupní údaje ovlivňují výsledek. Ukazuje se, že v nově stavěných, dobře zateplených budovách představuje tepelná ztráta větráním podstatnou položku v tepelné bilanci objektu. V případě výpočtu tepelné ztráty větráním je potřeba dbát na správné zadání vstupních hodnot týkajících se zejména průvzdušnosti obálky budovy.

Kontakt na autora: Vladimir.Zmrhal@fs.cvut.cz, Jindrich.Bohac@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] BROŽ, K. *Vytápění*. Vysokoškolské skriptum. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01313-8.
- [2] DRKAL, F., ZMRHAL, V. *Větrání*. Vysokoškolské skriptum. 2. vydání. Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2018. ISBN 978-0-01-06378-1.
- [3] NOVÁK, F. *Vzduchotěsnost obvodových pláštů budov*. Grada Publishing a.s. Praha 2008. ISBN 978-80-247-6217-3.
- [4] TYWONIAK, J. a kol. *Nízkoenergetické domy 3 – Nulové, pasivní a další*. Grada, 2012. ISBN: 978-80-247-3832-1.
- [5] ČSN EN ISO 13789:2019. Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky pro vstupem tepla a větráním – Výpočtová metoda.
- [6] ČSN EN ISO 9972:2017. Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda.
- [7] ČSN EN 12831-1:2018. Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.
- [8] ČSN EN 12831: 2005. Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.
- [9] ČSN EN 15665/Z1:2009. Větrání budov – Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov.
- [10] ČSN 730540-2:2011. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.
- [11] ČSN 12 7010/Z1:2016. Vzduchotechnická zařízení – Navrhování větracích a klimatizačních zařízení – Obecná ustanovení.
- [12] TNI 12 7095:2020. Vzduchotechnická zařízení – Koncept větrání.



VVI Poradna

Příspěvky a informace uveřejňované v časopisu *Vytápění, větrání, instalace* mají především naplnit potřeby členů Společnosti pro techniku prostředí.

Časopis připravil pro pravidelné čtenáře novou rubriku s názvem VVI Poradna.
<http://www.stpcr.cz/cz/vvi-poradna>

Prostřednictvím formuláře na webových stránkách STP (v sekci časopisu VVI) můžete vznášet dotazy, které se týkají problematiky techniky prostředí.

Nejzajímavější dotazy a odpovědi vybraných odborníků budeme průběžně zveřejňovat v našem časopisu.

Redakce VVI



BETA - 9/8



- obousměrná větrací jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do 8000 m³h⁻¹
- při splnění požadavků „Nařízení EK č. 1253/2014“ jmenovitý vzduchový výkon 7000 m³h⁻¹
- volná oběžná kola s EC motory s proměnlivými otáčkami
- protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností rekuperace až 82 %
- pro zvýšení komfortu možnost vybavení kondenzačním plynovým teplovodním kotlem
- automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti ETHERNET
- distribuce vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústkou