

3. 5. 2016 | Autor: Ing. Martin Varga

Zásady výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy (Uem) stanovuje norma ČSN 73 0540-2. Výpočetní postup dle této normy je určen pro výpočet budovy jako celku nebo výpočet jedné konkrétní zóny. Nestanovuje zásady výpočtu Uem pro vícezónové budovy, ani popis, jak započítat vnitřní dělicí konstrukce. Parametr Uem byl vyhláškou 78/2013 Sb. zaveden jako jedno z dílčích kritérií hodnocení energetické náročnosti. Do vyhlášky 78/2013 Sb. byl převzat normový výpočetní postup a pro stanovení celkového Uem pro vícezónové budovy bylo zavedeno průměrování Uem jednotlivých zón přes objemy vzduchu. Pravidla pro započítávání vnitřních konstrukcí oddělujících zóny vytápěné na různou teplotu samotná vyhláška nestanovuje. Určité vodítko pro započítávání těchto konstrukcí dává zákon 406/2000 Sb. v definici obálky budovy. Tímto článkem chceme popsat úskalí výpočetních postupů Uem pro vícezónové budovy a navrhnout možné úpravy připravované novely vyhlášky 78/2013 Sb.

Co je průměrný součinitel prostupu tepla - Uem [W/m2K]

Tento údaj představuje průměrnou hodnotu měrné tepelné ztráty prostupem tepla skrz obálku budovy nebo zóny tj. vztaženou na 1m2 obalové plochy budovy nebo zóny při rozdílu teplot 1°C, resp. 1 K. Při přenásobení Uem příslušným rozdílem teplot $\Delta\theta_{ie}$ [°C] (interiér - exteriér) a plochou obálky budovy nebo zóny A [m2] získáme tepelnou ztrátu prostupem tepla Q [W] pro daný teplotní rozdíl pro budovu nebo zónu.

Pro vícezónové budovy platí toto pravidlo pro stanovení Uem celé budovy:

$$U_{em} = \sum (U_{em,i} * V_i) / \sum V_i$$

Jedná se o průměrování Uem jednotlivých zón přes objemy jednotlivých zón.

Co patří do obálky budovy

Obálka budovy nebo zóny je v čl. 3.1 normy ČSN 73 0540-2 definována jako Soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu. (stejná definice je i opsána v zákoně 406/2000 Sb. o hospodaření energií v aktuálním znění v §2 odstavci (1) pod písmenem t).

Nutno dodat, že **systémová hranice** je plocha ohraničující prostor, pro který má být proveden výpočet, resp. sestavena bilance, tedy budova nebo zóna.

Výše uvedená definice obálky budovy se zdá na první pohled poměrně jasná. Při podrobnějším pohledu ale může být tato definice dost problematická pro zahrnování konstrukcí oddělujících dvě zóny vytápěné na různou teplotu. Podle této definice bychom měli do obálky budovy/zóny započítat oddělující konstrukci jen při stanovování Uem zóny vytápěné na vyšší teplotu. Při stanovování Uem zóny vytápěné na nižší teplotu bychom tuto konstrukci měli ignorovat. Pro stanovení celkového Uem se nic zvláštního neděje, ale pokud chceme s Uem dále pracovat při výpočtu potřeby tepla na vytápění, což při výpočtech energetické náročnosti pro účely PENB děláme, nastává problém. Ve výpočtovém modelu máme zahrnut tepelný tok z jedné zóny do druhé, ale ve druhé se tento tepelný tok neprojevuje jako tepelný zisk. Toto nám uměle zvyšuje potřebu na vytápění u zóny vytápěné na nižší teplotu a celkový výpočtový model je nekonzistentní. Pro zachování konzistence výpočtu Uem zóny s výpočtem potřeby tepla na vytápění zóny, je logičtější započítávat vnitřní konstrukci při výpočtu Uem u obou zón.

Pro názornou ukázkou vlivu uvažování vnitřních konstrukcí na Uem, tepelné ztráty nebo potřebu tepla, budeme nadále v článku pracovat se všemi možnými variantami zahrnutí vnitřních dělicích konstrukcí

mezi zónami do výpočtu:

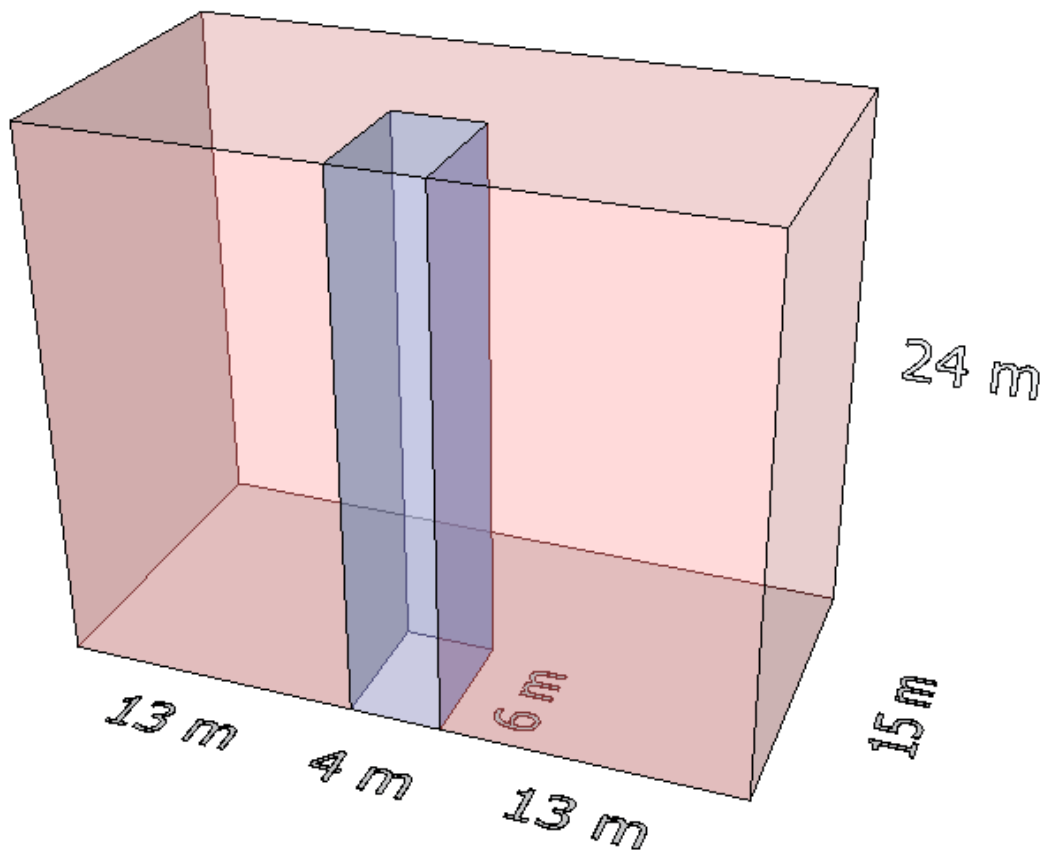
VARIANTA 1 - konstrukci oddělující dvě na různé teploty vytápěné zóny zahrnujeme do výpočtu U_{em} u obou zón

VARIANTA 2 - konstrukci oddělující dvě na různé teploty vytápěné zóny zahrnujeme pouze do výpočtu U_{em} zóny vytápěné na vyšší teplotu. U zóny vytápěné na nižší teplotu konstrukci ignorujeme.

VARIANTA 3 - konstrukci oddělující dvě na různé teploty vytápěné zóny nezahrnujeme do výpočtu U_{em} ani u jedné ze zón

Vzorový dům

Pro účely článku zvolíme dvouzónový model představující klasický bytový dům se schodištěm uvnitř hlavní hmoty objektu. Návrhová teplota obytné části (byty) 20°C , návrhová teplota schodiště např. 16°C (zóna schodiště je cíleně vytápěna na tuto teplotu regulovatelnými otopnými prvky umístěnými v této zóně). Z1 = obytná část, Z2 = schodiště.



Výpočty U_{em} pro jednotlivé varianty (dle platné vyhlášky)

Poznámky k výpočtům:

- pro jednoduchost byly vypuštěny přírážky na tepelné vazby (což v regulérním výpočtu samozřejmě nelze)
- redukční činitel "b" pro podlahu na terénu byl stanoven dle ČSN EN ISO 13 370 (pro tl. obvodové stěny 0,3 m a bez okrajových tepelných izolací)
- plochy výplní byly paušálně uvažovány, že tvoří 40% z celkové obvodové plochy obálky dané zóny

| 1 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--|------------------------|---|---|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H _T [W/K] | tepelné ztráty prostupem Q _T [W] | |
| Z1 - obytné místnosti | | $\theta_i = 20$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 | |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 | |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 | |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 | |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 384,0 | 3,50 | 0,11 | 153,6 | 5 376,0 | |
| celkem Z1 | 10 224,0 | 3 300,0 | - | - | 1 958,7 | 68 554,0 | |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,59 | W/K | | | |
| Z2 - schodiště | | $\theta_i = 16$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 31$ °C |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 1,00 | 23,0 | 714,2 | |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 1,00 | 76,8 | 2 380,8 | |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 1,00 | 7,7 | 238,1 | |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,34 | 4,9 | 152,3 | |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 384,0 | 3,50 | -0,13 | -173,4 | -5 376,0 | |
| celkem Z2 | 576,0 | 528,0 | - | - | -61,0 | -1 890,6 | |
| U_{em} = H_T / A | | | -0,12 | W/K | | | |
| celkem budova | | | | | | 66 663,4 | |
| U_{em} = $\sum (U_{em} * V) / \sum V$ | | | 0,56 | W/K | | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 1):

- Průměrné součinitele prostupu tepla jednotlivých zón U_{em} **JSOU STANOVENY SPRÁVNĚ** => výpočet udává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově => hodnota U_{em} je použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp.potřeby tepla na vytápění **obou zón (tj. zóny s vyšší i nižší teplotou)**

Poznámka 1: Záporná hodnota U_{em} u zóny Z2 indikuje, že tepelný zisk prostupem tepla ze Z1 do Z2 je vyšší, než tepelné ztráty prostupem ze Z2 do exteriéru. Pokud by bylo hypoteticky větrání v Z2 nulové, znamenalo by to, že prostor nebude nutné ani vytápět.

Poznámka 2: Protože každá zóna má jiný teplotný rozdíl $\Delta\theta_{ie}$ [°C], je i pro dělicí konstrukci mezi zónami Z1-Z2 uveden jiný činitel teplotní redukce "b" (0,11 vs. -0,13). Toto není ideální pro jednoduchou vizuální kontrolu. Nicméně po přenásobení měrné tepelné ztráty příslušným teplotním rozdílem příslušné zóny zjistíme, že se tyto hodnoty rovnají. Mají pouze opačná znaménka, protože v zóně s vyšší teplotou je to "tepelná ztráta" a u zóny s nižší teplotou je to tepelný "zisk".

| 2 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--|------------------------|---|---|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H _T [W/K] | tepelné ztráty prostupem Q _T [W] | |
| Z1 - obytné místnosti | | $\theta_i = 20$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 | |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 | |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 | |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 | |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 384,0 | 3,50 | 0,11 | 153,6 | 5 376,0 | |
| celkem Z1 | 10 224,0 | 3 300,0 | - | - | 1 958,7 | 68 554,0 | |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,59 | W/K | | | |
| Z2 - schodiště | | $\theta_i = 16$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 31$ °C |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 1,00 | 23,0 | 714,2 | |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 1,00 | 76,8 | 2 380,8 | |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 1,00 | 7,7 | 238,1 | |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,34 | 4,9 | 152,3 | |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | |
| celkem Z2 | 576,0 | 144,0 | - | - | 112,4 | 3 485,4 | |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,78 | W/K | | | |
| celkem budova | | | | | | 72 039,4 | |
| U_{em} = $\sum (U_{em} * V) / \sum V$ | | | 0,60 | W/K | | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 2):

- Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} **JE STANOVEN SPRÁVNĚ JEN U Z1 (zóna s vyšší teplotou), zatímco u Z2 (zóna s nižší teplotou) NENÍ STANOVEN SPRÁVNĚ** => výpočet neudává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově => hodnota U_{em} je použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp. potřeby tepla na vytápění **jen u zóny Z1 (tj. zóny s vyšší teplotou). U zóny Z2 nikoliv. Pokud hodnotu U_{em} použijeme u Z2 pro výpočet tepelných ztrát, resp. potřeby tepla na vytápění, dojde k navýšení potřeby tepla, protože není odečten tepelný zisk prostupem ze zóny Z1.**

Poznámka 1: Dalo by se říci, že výše uvedené normové definici teplosměnných konstrukcí nejvíce odpovídá způsob zadání vnitřních dělicích teplosměnných konstrukcí dle VARIANTY 2. Jenže tento způsob výpočtu není "ani ryba, ani rak". Nejsou zde správně zahrnuty tepelné toky mezi jednotlivými zónami. Navíc je chybně stanoven i tepelný tok za celou budovu, protože zatímco na jedné straně je tok pro Z1 tj. mezi Z1 a Z2 započítán (z vyšší teploty na nižší teplotu), na druhé straně pro Z2 ten samý tok, ale opačnou hodnotou samozřejmě, mezi Z2-Z1 započítán není! Z prosté logiky, pokud u Z1 k Z2 máme "tepelnou ztrátu", hledali bychom u Z2 k Z1 "tepelný zisk". Jenže u dělicí konstrukce Z2-Z1 je 0 W/m²K.

| 3 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--|------------------------|--|---------------------------------|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H_T [W/K] | tepelné ztráty prostupem QT [W] | |
| Z1 - obytné místnosti | | $\theta_i = 20$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 | |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 | |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 | |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 | |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | |
| celkem Z1 | 10 224,0 | 2 916,0 | | | 1 805,1 | 63 178,0 | |
| $U_{em} = H_T / A$ | | | 0,62 | W/K | | | |
| Z2 - schodiště | | $\theta_i = 16$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 31$ °C |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 1,00 | 23,0 | 714,2 | |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 1,00 | 76,8 | 2 380,8 | |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 1,00 | 7,7 | 238,1 | |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,34 | 4,9 | 152,3 | |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 | |
| celkem Z2 | 576,0 | 144,0 | | | 112,4 | 3 485,4 | |
| $U_{em} = H_T / A$ | | | 0,78 | W/K | | | |
| celkem budova | | | | | | 66 663,4 | |
| $U_{em} = \sum (U_{em} * V) / \sum V$ | | | 0,63 | W/K | | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 3):

- Průměrné součinitele prostupu tepla jednotlivých zón U_{em} **NEJSOU STANOVENY SPRÁVNĚ** => výpočet neudává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově => hodnota U_{em} není použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp. potřeby tepla na vytápění **obou zón (tj. zóny s vyšší i nižší teplotou)**

Poznámka 1: Průměrné U_{em} za celou budovu, by bylo stanoveno správně (protože vnitřní tepelné toky mezi zónami se vzájemně vyruší, a proto pro stanovení průměrného U_{em} za celou budovu jejich zahrnutí nebo nezahrnutí do výpočtu nemá vliv), kdyby nebylo dvou aspektů, které jsou popsány níže.

Hodnocení výpočtu U_{em} (dle platné vyhlášky)

Komentář ke způsob výpočtu při průměrování U_{em} pro celou budovu podle objemu zón:

- Průměrný součinitel prostupu tepla se vztahuje k obálce budovy nebo zóny nikoliv k objemu. Protože není jednotný poměr mezi A/V pro různé proporce zón, není ani správný průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro celou budovu průměrovat podle objemu zón. Zóna, která má A/V vyšší (plocha obálky k obestavěnému objemu), tak má při tomto způsobu průměrování nižší vliv na výsledný průměrný součinitel prostupu tepla celé budovy U_{em} , než by měla mít a naopak.
- I kdyby způsob zprůměrování U_{em} pro celou budovu byl zvolen správně, tak při takto zprůměrovaném U_{em} (podle objemů zón) pro celkovou budovu neumíme z této výsledné hodnoty zjistit tepelnou ztrátu Q [W] celé budovy, protože nevíme, jakým rozdílem teplot $\Delta\theta_{ie}$ [°C] tuto hodnotu přenásobit. Dílčí hodnoty U_{em} pro jednotlivé zóny byly stanoveny pro jiný teplotný rozdíl pro každou zónu (v tomto případě $\Delta\theta_{ie,Z1} = 35^\circ\text{C}$ a $\Delta\theta_{ie,Z2} = 31^\circ\text{C}$), tzn. že v obou případech zón konstrukce k exteriéru mají redukční činitel měrných tepelných ztrát $b=1,00$

| - průměr U_{em} podle objemů V | | | součinitel prostupu tepla | rozdíl teplot interiér-exteriér | tepelná ztráta prostupem $Q=U_{em}*A*\Delta\theta_{ie}$ |
|----------------------------------|---|---------------------|-------------------------------|---------------------------------|---|
| VARIANTA | - | A [m ²] | U_{em} [W/m ² K] | $\Delta\theta_{ie}$ [°C] | Q [W] |
| 1 | - | 3 828 | 0,56 | ? | => ? |
| 2 | - | 3 444 | 0,60 | ? | => ? |
| 3 | - | 3 060 | 0,63 | ? | => ? |

Návrh řešení

- Prvním předpokladem správného zprůměrování dílčích U_{em} za jednotlivé zóny (u vícezónových budov) je vztahovat výpočet vždy k jednomu teplotnímu rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ [°C]. Např. podle zóny s nejvyšší návrhovou teplotou v hodnocené budově => pak lze i z průměrného U_{em} za celou budovu (zprůměrované podle obálek A - viz níže) získat tepelné ztráty Q [W] pro budovu jako celek. Při tomto postupu i redukční činitele "b" budou mít pro dělicí konstrukce mezi zónami shodnou hodnotu jen s opačným znaménkem (lepší vizuální kontrola). Tzn. v tomto případě budou shodné již měrné tepelné toky a nikoliv až tepelné ztráty.

$$b = (\theta_{i \text{ zóny}} - \theta_{\text{přilehlého prostoru}}) / (\theta_i - \theta_e)$$

v děliteli použít vždy jednotný teplotní rozdíl pro všechny zóny v celé budově: $(\theta_i - \theta_e) = \Delta\theta_{ie} =$ jednotný teplotní rozdíl pro hodnocenou budovu

- Druhým předpokladem, navazujícím na první, je průměrovat dílčí U_{em} pro stanovení U_{em} pro celou budovu podle ploch obálek jednotlivých zón A [m²]. Protože, jak již bylo zmíněno v komentáři výše, U_{em} je parametr, který udává vlastnosti obálky budovy nebo zóny, nikoliv vlastnosti objemu vzduchu budovy nebo zón.

$$U_{em} = \sum (U_{em,i} * A_i) / \sum A_i$$

Výpočty U_{em} pro jednotlivé varianty (dle navrženého řešení)

Poznámky k výpočtům:

- pro jednoduchost byly vypuštěny přírážky na tepelné vazby (což v regulérním výpočtu samozřejmě nelze)
- redukční činitel "b" pro podlahu na terénu byl stanoven dle ČSN EN ISO 13 370 (pro tl. obvodové stěny 0,3 m a

bez okrajových tepelných izolací)

- plochy výplní byly paušálně uvažovány, že tvoří 40% z celkové obvodové plochy obálky dané zóny

| 1 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--|------------------------|---|---------------------------------|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H _T [W/K] | tepelné ztráty prostupem QT [W] | |
| Z1 - obytné místnosti | | $\theta_i = 20$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 | |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 | |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 | |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 | |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 384,0 | 3,50 | 0,11 | 153,6 | 5 376,0 | |
| celkem Z1 | 10 224,0 | 3 300,0 | | | 1 958,7 | 68 554,0 | |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,59 | W/K | | | |
| Z2 - schodiště | | $\theta_i = 16$ °C | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 0,89 | 20,4 | 714,2 | |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 0,89 | 68,0 | 2 380,8 | |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 0,89 | 6,8 | 238,1 | |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,30 | 4,4 | 152,3 | |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 384,0 | 3,50 | -0,11 | -153,6 | -5 376,0 | |
| celkem Z2 | 576,0 | 528,0 | | | -54,0 | -1 890,6 | |
| U_{em} = H_T / A | | | -0,10 | W/K | | | |
| celkem budova | | | | | | 66 663,4 | |
| U_{em} = $\sum (U_{em} * A) / \sum A$ | | | 0,50 | W/K | | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 1):

- Průměrné součinitele prostupu tepla jednotlivých zón U_{em} **JSOU STANOVENY SPRÁVNĚ** => výpočet udává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově => hodnota U_{em} je použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp.potřeby tepla na vytápění **obou zón (tj. zóny s vyšší i nižší teplotou)**

Poznámka 1: Záporná hodnota U_{em} u zóny Z2 indikuje, že tepelný zisk prostupem tepla ze Z1 do Z2 je vyšší, než tepelné ztráty prostupem ze Z2 do exteriéru. Pokud by bylo hypoteticky větrání v Z2 nulové, znamenalo by to, že prostor nebude nutné ani vytápět.

Poznámka 2: Měrné tepelné ztráty obou zón jsou vztaženy k jednotmu teplotnímu rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ [°C]. To má za následek i jednoduchou vizuální kontrolu redukce měrných tepelných ztrát "b" (0,11 vs. -0,11) pro dělicí konstrukci mezi zónami Z1-Z2. Stejně tak to platí i o činiteli "b" u ostatních konstrukcí, jak "si stojí" oproti tomuto jednotnému teplotnímu rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ [°C].

Poznámka 3: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} lze použít pro výpočet tepelných ztrát Q [W] celé budovy, protože známe jednotný teplotní rozdíl $\Delta\theta_{ie}$ [°C], kterým U_{em} přenásobíme, a protože byl stanoven zprůměrováním podle ploch obálek jednotlivých zón.

| 2 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | |
|---|------------------------------|-------------------------------|--|---------------------------|---|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H _T [W/K] | tepelné ztráty prostupem QT [W] |
| Z1 - obytné místnosti | | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| | | $\theta_i = 20$ °C | | | | |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 384,0 | 3,50 | 0,11 | 153,6 | 5 376,0 |
| celkem | 10 224,0 | 3 300,0 | | | 1 958,7 | 68 554,0 |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,59 | W/K | | |
| Z2 - schodiště | | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| | | $\theta_i = 16$ °C | | | | |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 0,89 | 20,4 | 714,2 |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 0,89 | 68,0 | 2 380,8 |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 0,89 | 6,8 | 238,1 |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,30 | 4,4 | 152,3 |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| celkem Z2 | 576,0 | 144,0 | | | 99,6 | 3 485,4 |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,69 | W/K | | |
| celkem budova | | | | | | 72 039,4 |
| U_{em} = $\sum (U_{em} * A) / \sum A$ | | | 0,60 | W/K | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 2):

- Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} **JE STANOVEN SPRÁVNĚ JEN U Z1 (zóna s vyšší teplotou), zatímco u Z2 (zóna s nižší teplotou) NENÍ STANOVEN SPRÁVNĚ** => výpočet neudává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově = > hodnota U_{em} je použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp. potřeby tepla na vytápění **jen u zóny Z1 (tj. zóny s vyšší teplotou). U zóny Z2 nikoliv. Pokud hodnotu U_{em} použijeme u Z2 pro výpočet tepelných ztrát, resp. potřeby tepla na vytápění, dojde k navýšení potřeby tepla, protože není odečten tepelný zisk prostupem ze zóny Z1.**

Poznámka 1: Dalo by se říci, že výše uvedené normové definice teplosměnných konstrukcí nejvíce odpovídá způsob zadání vnitřních dělicích teplosměnných konstrukcí dle VARIANTY 2. Jenže tento způsob výpočtu není "ani ryba, ani rak". Nejsou zde správně zahrnuty tepelné toky mezi jednotlivými zónami. Navíc je chybně stanoven i tepelný tok za celou budovu, protože zatímco na jedné straně je tok pro Z1 tj. mezi Z1 a Z2 započítán (z vyšší teploty na nižší teplotu), na druhé straně pro Z2 ten samý tok, ale opačnou hodnotou samozřejmě, mezi Z2-Z1 započítán není! Z prosté logiky, pokud u Z1 k Z2 máme "tepelnou ztrátu", hledali bychom u Z2 k Z1 "tepelný zisk". Jenže u dělicí konstrukce Z2-Z1 je 0 W/m²K.

| 3 | | $\theta_e = -15$ °C | | | | |
|---|---------------------------|----------------------------|--|------------------------|---|---|
| konstrukce | objem V [m ³] | plocha A [m ²] | součinitel prostupu tepla U [W/m ² K] | redukční činitel b [-] | měrná tepelná ztráta prostupem H _T [W/K] | tepelné ztráty prostupem QT [W] |
| Z1 - obytné místnosti | | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| | | $\theta_i = 20$ °C | | | | |
| obvodová stěna | - | 1 238,4 | 0,30 | 1,00 | 371,5 | 13 003,2 |
| výplně | - | 825,6 | 1,50 | 1,00 | 1 238,4 | 43 344,0 |
| střecha | - | 426,0 | 0,24 | 1,00 | 102,2 | 3 578,4 |
| podlaha | - | 426,0 | 0,45 | 0,48 | 92,9 | 3 252,4 |
| dělicí stěna Z1-Z2 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| celkem | 10 224,0 | 2 916,0 | | | 1 805,1 | 63 178,0 |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,62 | W/K | | |
| Z2 - schodiště | | | | | | pro $\Delta\theta_{ie} = 35$ °C |
| | | $\theta_i = 16$ °C | | | | |
| obvodová stěna | - | 57,6 | 0,40 | 0,89 | 20,4 | 714,2 |
| výplně | - | 38,4 | 2,00 | 0,89 | 68,0 | 2 380,8 |
| střecha | - | 24,0 | 0,32 | 0,89 | 6,8 | 238,1 |
| podlaha | - | 24,0 | 0,60 | 0,30 | 4,4 | 152,3 |
| dělicí stěna Z2-Z1 | - | 0,0 | 0,00 | 0,00 | 0,0 | 0,0 |
| celkem Z2 | 576,0 | 144,0 | | | 99,6 | 3 485,4 |
| U_{em} = H_T / A | | | 0,69 | W/K | | |
| celkem budova | | | | | | 66 663,4 |
| U_{em} = $\sum (U_{em} \cdot A) / \sum A$ | | | 0,62 | W/K | | |

Komentář ke způsobu zahrnutí teplosměnných ploch výpočtu podle VARIANTY 3):

- Průměrné součinitele prostupu tepla jednotlivých zón U_{em} **NEJSOU STANOVENY SPRÁVNĚ** => výpočet neudává správný přehled o tepelných tocích mezi zónami v budově => hodnota U_{em} není použitelná pro výpočet tepelných ztrát, resp.potřeby tepla na vytápění **obou zón (tj. zóny s vyšší i nižší teplotou)**

Poznámka 1: Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} celé budovy lze použít pro výpočet tepelných ztrát Q [W] celé budovy (vnitřní tepelné toky mezi zónami se vzájemně vyruší, a proto pro stanovení průměrného U_{em} za celou budovu jejich zahrnutí nebo nezahrnutí do výpočtu nemá vliv), protože známe jednotný teplotní rozdíl $\Delta\theta_{ie}$ [°C], kterým U_{em} přenásobíme, a protože byl stanoven zprůměrováním podle ploch obálek jednotlivých zón.

Hodnocení výsledků výpočtu (dle navrženého řešení)

Komentář ke způsob výpočtu při průměrování U_{em} pro celou budovu podle ploch obálek zón:

- Navržený způsob použití jednotného teplotního rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ pro stanovení měrných tepelných toků prostupem tepla je základním předpokladem pro správné stanovení U_{em} za celou budovu zprůměrováním dílčích U_{em} zón podle ploch obálek zón. Po těchto úpravách je i hodnota U_{em} pro celou budovu konzistentní s tepelnou ztrátou budovy, protože ji lze z celkové hodnoty U_{em} za celou budovu jednoduše stanovit.

| - průměr Uem podle ploch obálek A | | | součinitel prostupu tepla | rozdíl teplot interiér-exteriér | tepelná ztráta prostupem $Q=Uem \cdot A \cdot \Delta\theta_{ie}$ |
|-----------------------------------|---|--------|------------------------------|------------------------------------|--|
| VARIANTA | - | A [m2] | Uem [W/m2K] | $\Delta\theta_{ie}$ [°C] | Q [W] |
| 1 | - | 3 828 | 0,50 | 35 | 66 663,4 |
| 2 | - | 3 444 | 0,60 | 35 | 72 039,4 |
| 3 | - | 3 060 | 0,62 | 35 | 66 663,4 |

Závěr

- Má-li být výpočet potřeby tepla na vytápění u jednotlivých zón konzistentní s hodnotou Uem, je nutno přihlídnout ke specifikům výpočtu vícezónových budov a zejména z tohoto hlediska upravit definici obálky budovy nebo zóny pro výpočet Uem. (Do výpočtu zahrnout kladné i záporné tepelné toky mezi zónami)
- Má-li být výpočet průměrného součinitele prostupu tepla Uem za celou budovu správný, musí být stanovení měrných tepelných toků pro všechny zóny vztaženo k jednotmu teplotnímu rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ a musí být průměrován podle ploch obálek jednotlivých zón, nikoliv podle objemů zón.

| Uem - více zón | průměrování podle objemu $Uem = \sum (Uem,i \cdot Vi) / \sum Vi$ | | | průměrování podle plochy obálky $Uem = \sum (Uem,i \cdot Ai) / \sum Ai$ | | |
|---|---|---|--|--|---|--|
| | VARIANTA 1 | VARIANTA 2 | VARIANTA 3 | VARIANTA 1 | VARIANTA 2 | VARIANTA 3 |
| | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy (u sousedních zón přilehlé pouze k nižší teplotě) | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy, mimo všech přilehlých k sousedním zónám | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy NAVROVANÉ ŘEŠENÍ | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy (u sousedních zón přilehlé pouze k nižší teplotě) | všechny teplosměnné konstrukce na systémové hranici obálky budovy, mimo všech přilehlých k sousedním zónám |
| správné stanovení Uem pro zónu Z1/Z2 | ANO/ANO | ANO/NE | NE/NE | ANO/ANO | ANO/NE | NE/NE |
| lze Uem zóny použít pro výpočet tepelných ztrát zóny Z1/Z2 | ANO/ANO | ANO/NE | NE/NE | ANO/ANO | ANO/NE | NE/NE |
| správné zprůměrování Uem pro budovu | NE | NE | NE | ANO | ANO | ANO |
| lze zpřůměrované Uem budovy použít pro výpočet tepelných ztrát budovy | NE | NE | NE | ANO | NE | ANO |
| lepší vizuální kontrola měrných tepelných toků kvůli jednotnému teplotnímu rozdílu $\Delta\theta_{ie}$ pro celou budovu | NE | NE | NE | ANO | ANO | ANO |