



Oborový projekt II.

Koncepční návrh vytápění RD

1. Výpočet tepelných ztrát

Roman Vavříčka

Roman.Vavricka@fs.cvut.cz



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Neprůsvitné části – ČSN EN ISO 6946

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m R_n + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum_{n=1}^m \frac{s_n}{\lambda_n} + R_{se}}$$

kde

U – součinitel prostupu tepla stavební konstrukce [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]

R_{si} – vnitřní tepelný odpor při přestupu tepla (internal) [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

R_{se} – vnější tepelný odpor při přestupu tepla (external) [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

R_n – tepelný odpor n-té stavební konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]

s_n – tloušťka stěny n-té stavební konstrukce [m]

λ_n – součinitel tepelné vodivosti n-té stěny stavební konstrukce [$\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$]





SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Neprůsvitné části – ČSN EN ISO 6946

Vnější a vnitřní tepelný odpor pro neprůsvitné části stanovuje ČSN EN ISO 6946 pro rovinné povrchy takto:

Tepelný odpor při prostupu tepla [m ² ·K/W]	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

!!! Tabulka platí pro povrchy přilehlé ke vzduchu. Tepelný odpor při přestupu tepla dle tabulky nelze použít v kontaktu s jiným materiálem (např. přilehlou zeminou, apod.) !!!



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Neprůsvitné části – ČSN EN ISO 6946

ČSN 73 0540-2 – Tepelná ochrana budov – 2011 (výťah z normy – Tabulka č.3)

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla U [W/m ² ·K]		
		Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Stěna vnější Stěna k nevytápěné půdě Střecha strmá se sklonem > 45°	lehká	0,30	0,20	0,18 až 0,12
	těžká		0,25	
Strop pod nevytápěnou půdou (střecha bez tepelné izolace)		0,30	0,20	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem Střecha plochá a šikmá se sklonem < 45°		0,24	0,16	0,15 až 0,10
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,30	0,22 až 0,15



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Neprůsvitné části – ČSN EN ISO 6946

Příklad 1:

Při rekonstrukci domu je nutné zkontrolovat zda svíslá obvodová zeď domu vyhovuje požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2.

Zadání:

Materiál konstrukce zdi	Tloušťka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]
Vnější omítka	25	0,95
Nosná konstrukce zdi (cihla)	350	0,75
Vnitřní omítka	15	0,98

V případě, že obvodová zeď domu nevyhovuje požadovaným hodnotám součinitele prostupu tepla U_p navrhnete zateplení ze stavebního polystyrenu ($\lambda_{izolace} = 0,04$ W/m·K) tak, aby požadované hodnoty dle ČSN 73 0540-2 byly dodrženy ($U_p = 0,25$ W/m²·K).



ÚSTAV
TECHNIKY
PROJEKTŮ

Oborový projekt II.

5



SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA

Neprůsvitné části – ČSN EN ISO 6946

Příklad 1 – řešení:



ÚSTAV
TECHNIKY
PROJEKTŮ

Oborový projekt II.

6



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Celkový návrhový tepelný výkon prostoru nebo budovy nebo její funkční části:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i}$$

$\Phi_{HL,i}$ návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{T,i}$ návrhová tepelná ztráta prostupem vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{V,i}$ návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (i)	[W]
$\Phi_{hu,i}$ volitelný dodatečný zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru (i) v případě přerušovaného vytápění	[W]
$\Phi_{gain,i}$ trvalé tepelné zisky ve vytápěném prostoru (i)	[W]



ÚSTAV
TECHNICKÝ
KRESLENÍ

Oborový projekt II.

7



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,ia} + H_{T,iae} + H_{T,iaBE} + H_{T,ig}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

- H_T měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) [W/K]
- $H_{T,ie}$ - přímo do venkovního prostředí (e)
- $H_{T,ia}$ - do sousedních vytápěných prostor (a)
- $H_{T,iae}$ - do venkovního prostředí přes sousední nevytápěné prostory (např. sklep, půda) nebo sousední nevytápěné přilehlé budovy (např. zimní zahrada, garáže) (ae)
- $H_{T,iaBE}$ - do sousedních funkčních částí budovy, které jsou považovány za nevytápěné nebo vytápěné na jinou teplotu (např. sousední byt) (aBE)
- $H_{T,ig}$ - do zeminy (g)
- $\theta_{int,i}$ - vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru (i) [°C]
- θ_e - venkovní výpočtová teplota (e) [°C]



ÚSTAV
TECHNICKÝ
KRESLENÍ

Oborový projekt II.

8



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e):

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}]$$

- A_k plocha stavební části [m²],
 U_k součinitel prostupu tepla stavební části [W/m²·K],
 $f_{U,k}$ opravný čísel zohledňující vliv vlastností stavebních částí a povětrnostní vlivy, které nebyly uvažovány při stanovování příslušných U -hodnot (uvažuj = 1),
 $f_{ie,k}$ teplotní opravný čísel (uvažuj = 1),
 ΔU_{TB} přírůžka na vliv tepelných vazeb [W/m²·K]



Oborový projekt II.

9



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) přímo do venkovního prostředí (e):

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}]$$

Název	Popis	Hodnota ΔU_{TB} [W/m ² ·K]
1. Optimalizované řešení	Konstrukce téměř bez tepelných mostů - Nové budovy s vysokou úrovní tepelné izolace a ověřenou a důsledně optimalizovanou úrovní tepelných vazeb, která převyšuje obecně uznávanou praxi.	0,02
2. Typové či opakované řešení	Konstrukce s mírnými tepelnými mosty - Nové budovy s optimalizovanými tepelnými vazbami v souladu s obecně uznávanou a doporučenou praxi.	0,05
3. Standardní řešení	Konstrukce s běžnými tepelnými mosty - Nové i staré budovy s běžnými tepelnými mosty a úrovní provedení stavby v ČR.	0,10
4. Zanedbané řešení	Konstrukce s výraznými tepelnými mosty - Budovy s převážně vnitřní tepelnou izolací narušenou pronikajícími pevnými stropními konstrukcemi (např. železobeton).	0,15



Oborový projekt II.

10



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru (i) do nebo přes nevytápěné prostory (u):

$$H_{T,ia(...),k} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(...),k})$$

$f_{ia(...),k}$ teplotní opravný čísel zahrnující rozdíl teplot mezi teplotou nevytápěného prostoru nebo vytápěného na jinou teplotu a venkovní výpočtovou teplotou

$$f_{ia(...),k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ia(...)}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$\theta_{ia(...),k}$ teplota vnitřního vzduchu sousedních prostor (nevytápěných nebo vytápěných na jinou teplotu)



Oborový projekt II.

11

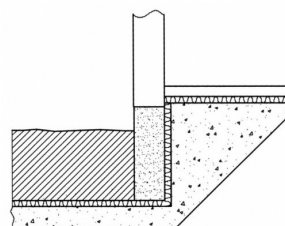


VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

Zjednodušeně – zanedbáním vlivu okrajové izolace:

$$H_{T,g} = S_{podlahy} \cdot U_{podlahy}$$



Součinitel prostupu tepla stanovení dle požadavků ČSN 73 0540
nelze pro tento výpočet použít!



Oborový projekt II.

12



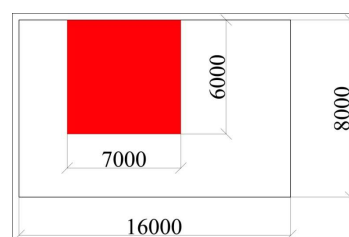
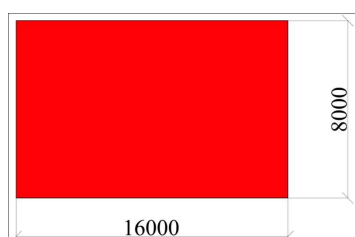
VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

$$B' = \frac{S_{\text{podlahy}}}{0,5 \cdot O_{\text{podlahy}}}$$

B' – charakteristický parametr [m]
 S – plocha podlahy [m²]
 O – obvod podlahy oddělující vytápěný prostor uvažované části podlahy od venkovního prostředí [m]

$$B' = \frac{S_{\text{podlahy}}}{0,5 \cdot O_{\text{podlahy}}} = \frac{16 \cdot 8}{0,5 \cdot 2 \cdot (16 + 8)} = 5,33 \text{ [m]} \quad B' = \frac{S_{\text{podlahy}}}{0,5 \cdot O_{\text{podlahy}}} = \frac{6 \cdot 7}{0,5 \cdot 7} = 12 \text{ [m]}$$



Oborový projekt II.

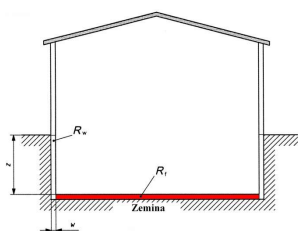
13



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

$$d_t = w + \lambda_{\text{zeminy}} \cdot (R_{si} + R_f + R_{se})$$



$$(d_t + 0,5 \cdot z) < B' \Rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{2 \cdot \lambda_{\text{zeminy}}}{\pi \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0,5 \cdot z} + 1 \right)$$

$$(d_t + 0,5 \cdot z) \geq B' \Rightarrow U_{\text{podlahy}} = \frac{\lambda_{\text{zeminy}}}{0,457 \cdot B' + d_t + 0,5 \cdot z}$$

kde

d_t – celková ekvivalentní tloušťka podlahy [m]

R_{si} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně ($R_{si} = 0,17$ – tepelný tok dolů) [m²·K/W]

R_f – tepelný odpor podlahy (celoplošně tepelně-izolačních vrstev) [m²·K/W]

R_{se} – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně ($R_{se} = 0,04$ – tepelný tok dolů) [m²·K/W]



Oborový projekt II.

14



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

Příklad 2:

Vypočítejte součinitel prostupu tepla podlahy pro kontrolu tepelné ochrany budov (ČSN 73 0540-2) a pro stanovení měrného tepelného toku do zeminy (ČSN EN ISO 13 370) u nepodsklepeného domu. Podlaha má půdorys 8 x 6 m. Tloušťka vnějších stěn viz. řešení příkladu 1, tj. $w = 0,35$ m. Součinitel prostupu tepla zeminou $\lambda_{zeminy} = 2$ W/m·K.

Materiál konstrukce podlahy	Tloušťka s [mm]	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]
Dřevěné parkety	10	0,25
Cementový potěr	40	0,8
Izolace proti vlhkosti	5	0,2
EPS deska	150	0,04
Izolace proti vlhkosti	4	0,2
Podkladní beton	80	1,1
Šterkopísek	200	1,5



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

Příklad 2 – řešení – ČSN 73 0540 -2:



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN ISO 13 370

Měrný tepelný tok do zeminy (g):

Příklad 2 – řešení – ČSN EN ISO 13 370:



Oborový projekt II.

17



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Návrhová tepelná ztráta větráním:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) = V_i \cdot n_{min,i} \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

kde

$H_{V,i}$ – měrný tepelný tok větráním [W/K]

$\theta_{int,i}$ – vnitřní výpočtová teplota [°C]

θ_e – venkovní výpočtová teplota [°C]

V_i – vnitřní objem vytápěného prostoru (vzduchu) [m³]

$n_{min,i}$ – minimální intenzita větrání [h⁻¹]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{iv} - \theta_{ev}) \cdot (1 - \eta_{ZZT})$$

Minimální intenzita větrání $n_{min,i}$ (výchozí hodnoty)	ČSN EN 12 831-1
Trvale obývané místnosti (obývací pokoje, kanceláře)	0,5
Kuchyně, koupelny, toalety (vždy s okny)	0,5
Pomocné místnosti, vnitřní místnosti bez oken	0



Oborový projekt II.

18

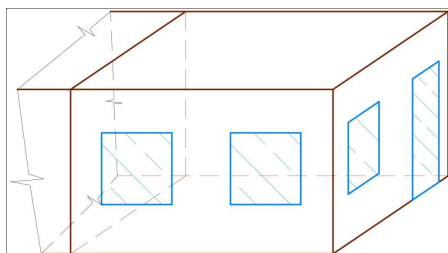


VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Příklad 3:

Vypočítejte tepelnou ztrátu místnosti dle zadání:

- součinitel prostupu tepla obvodové konstrukce – Příklad 1
- součinitel prostupu tepla podlahy – Příklad 2 (plocha podlahy 8 x 6 m)
- součinitel prostupu tepla okny (dveřmi) – $U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (rozměry oken 1,5 x 1,6 m, dveře 0,8 x 2,0 m)
- výška místnosti $h = 3 \text{ m}$
- součinitel prostupu tepla střechy – viz tabulka ČSN 73 0540



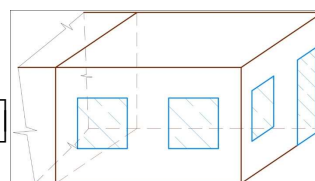
$\theta_{int,v} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – vnitřní výpočtová teplota,
 $\theta_{ev} = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ – venkovní výpočtová teplota,
 $\theta_j = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ – sousední vytápěný prostor
 $\theta_{m,e} = 4,3 \text{ }^\circ\text{C}$ – (Praha, 13 °C)



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Příklad 3 – řešení:

$$H_{T,ie} = \sum_k [A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB}) \cdot f_{U,k} \cdot f_{ie,k}]$$



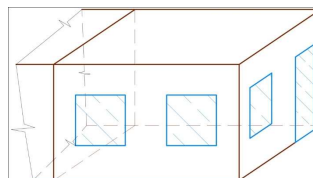
Stavební prvky	U_k [W/m ² ·K]	Plocha A_k [m ²]	$A_k \cdot (U_k + \Delta U_{TB})$ [W/K]
Stěny			
Střecha			
Okno			
Dveře			
Celkem $H_{T,ie}$			



VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Příklad 3 – řešení:

Měrný tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do zeminy dle ČSN EN ISO 13 770 – zanedbání okrajové tepelné izolace:



$$H_{T,g} = A_{podlahy} \cdot U_{podlahy} = \dots\dots\dots [W/K]$$

Měrný tepelný tok prostupem do sousedních vytápěných prostor

$$H_{T,ia(…),k} = \sum_k (A_k \cdot U_k \cdot f_{ia(…),k}) = (\dots\dots) \cdot 1,3 \cdot \dots\dots = \dots\dots [W/K]$$

$$U_{příčky} = 1,3 [W/m^2 \cdot K]$$

$$f_{ia(…),k} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{ia(…)}}{\theta_{int,i} - \theta_e} = \dots\dots\dots$$



ÚSTAV
TECHNICKÝ
KRESLENÍ

Oborový projekt II.

21

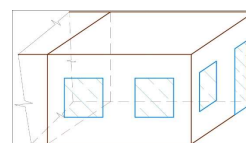


VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Příklad 3 – řešení:

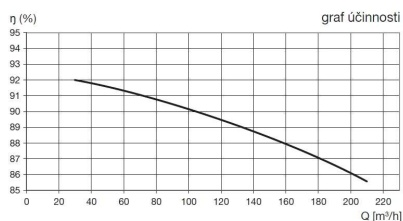
Měrný tepelný tok větráním

$$H_{V,i} = V_i \cdot n_{min,i} \cdot \rho \cdot c = \dots\dots\dots [W]$$



Měrný tepelný tok větráním se ZZT

$$H_{V,i} = V_i \cdot n_{min,i} \cdot \rho \cdot c \cdot (1 - \eta_{ZZT}) = \dots\dots\dots [W]$$



ÚSTAV
TECHNICKÝ
KRESLENÍ

Oborový projekt II.

22



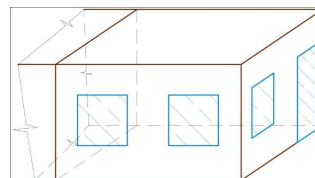
VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT ČSN EN 12 831-1

Příklad 3 – řešení:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{hu,i} - \Phi_{gain,i}$$

$$\Phi_i = \dots + \dots + \dots - \dots$$

$$\Phi_i = \dots [W]$$



$$\Phi_{n,i} = \sum (H_{n,i}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$$



Děkuji za pozornost

