



## **Středoškolská technika 2013**

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT**

### **ŠETŘÍLEK**

**Martin Koutník, Jan Hubáček**

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Kladno  
Jana Palacha 1840  
272 01 KLADNO

# Obsah

Úvod .....	2
Proč zateplovat .....	2
Náš projekt šetřílek .....	2
Čeho se zateplení a výpočet týká? .....	2
Převodní výpočty a jednotky .....	2
Teorie výpočtu tepelných ztrát objektu .....	3
Výpočet tepelných ztrát prostupem bytové jednotky Kladno Lány .....	4
Návratnost investice do zateplení a výměny oken .....	10
Závěr .....	10
Použitá literatura .....	10

## Poděkování

Za pomoc s vypracováním děkujeme vyučujícím odborných praxí Jánů Hýblovi a Ing. Jaroslavu Mlejnkovi. Dále Mgr. Šárce Čechrdlové za koordinaci a formální kontrolu práce. Samozřejmě i společnosti Progredior Kybernetés s.r.o., která nám zapůjčila jeden motor s příslušenstvím pro naše laborování.

# Úvod

Od 1. ledna 2013 si všichni stavitelé a vlastníci budov (včetně společenství vlastníků) musí pořizovat k novým budovám štítek informující o energetické náročnosti nemovitosti a dále při prodeji, pronájmu či větší přestavbě budovy stávající. Jestliže budete pronajímat pouze část domu (typicky například byt nebo kancelář), platí pro vás povinnost opatřit si energetický štítek až od roku 2016.

Domy, které již stojí (a neprodávají se, nově nepronajímají ani nepřestavují) se budou muset povinně průkazy energetické náročnosti vybavit až později, postupně v letech 2015 až 2019.

## Proč zateplovat?

Obecně se uvádí, že nejvíce tepla uniká okny – celých 30 až 40 % a dveřmi, na druhém a třetím místě stojí obvodové konstrukce a střecha – každý kolem 20 až 30 %. Zateplením můžeme ušetřit až 50 % úspor nákladů na vytápění. Proto jakákoliv fungující regulace se neobejde bez zateplení. Díky němu budeme mít doma v zimě teplo a v létě příjemně chladno, snížíme nadměrný hluk a vznik plísní

## Náš projekt Šetřílek

Jedná se o jednoduchý cenový propočet rozdílu tepelných ztrát bytu (bytové jednotky) bez zateplení a se zateplením. Náš název projektu Šetřílek souvisí s několika technickými parametry stavebních a izolačních materiálů. Jednoduchými matematickými prostředky spočítáme předběžný cenový rozdíl tepelných ztrát bez zateplení a se zateplením.

Zdůrazňujeme, že počítáme tepelné ztráty bytu, nikoli celkovou potřebu tepla na vytápění objektu. Není tedy potřeba výpočtu tepelné náročnosti celého bytového objektu a s tím související další výpočty zahrnující další podmínky jako například tepelné mosty, frekvence a doba odvětrání bytových prostor, poloha budovy vůči světovým stranám, lokální povětrnostní podmínky a není potřeba zohledňovat tepelné zisky například ze slunečního záření, počtu osob v místnosti a výkonu elektrických spotřebičů a osvětlení.

## Čeho se zateplení a výpočet týká?

Jedná se o zateplení stěn, stropu a výměny oken konkrétní bytové jednotky v bytovém objektu Kladno Lány, ke kterému došlo v roce 2011. Tedy těch stavebních částí, do kterých je potřeba investovat k snížení celkových energetických ztrát. Výpočet se týká zjištění energetických ztrát bez zateplení a po zateplení a celkové návratnosti investic do zateplení vložených.

## Převodní výpočty a jednotky

Joule – jednotka práce a energie

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

$$1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ Ws}$$

Převod GJ na kWh

$$1 \text{ GJ} = 277,8 \text{ kWh}$$

# Teorie výpočtu tepelných ztrát objektu

Teplo může z domu unikat různými způsoby. Nejčastější je vedení tepla (kondukce), dále proudění (konvekce) a sálání (radiace)

- **Šíření tepla vedením (kondukce)**

Teplo se šíří hmotou z teplého místa do studeného. Mluvíme o tepelném toku. Pokud se jedná o místo, v němž je lokálně vyšší tepelný tok, mluvíme o tepelném mostu. Pokud se jedná o tepelný most vzniklý v místě styku dvou různých konstrukcí (např. okno a stěna), mluvíme o tepelných vazbách. Jako tepelný most jsou označována všechna ostatní místa (např. maltové lože v cihelné zdi).

- **Šíření tepla prouděním (konvekce)**

Zde dochází k pohybu plynů, či kapalin (obvykle vzduchu). Teplý vzduch proudí na studenější místa v nichž předává teplo svému okolí, a naopak studený vzduch proudí na teplejší místa, kde se ohřívá.

- **Šíření tepla sáláním (radiace)**

Protože teplo je pouze určitý druh elektromagnetického vlnění stejně jako například světlo, šíří se zářením. To je možné pouze v prostředí, které je pro příslušnou vlnovou délku prostupné.

Tepelný odpor konstrukce  $R[m^2.K/W]$  závisí na síle materiálu a jeho vlastnostech. Tepelná vodivost  $\lambda [W/m^2K]$  je převrácená hodnota tepelného odporu.

Hodnoty tepelné vodivosti  $\lambda$  některých stavebních materiálů jsou uvedené v příloze 1. Čím je tepelný odpor větší/tepelná vodivost menší/, tím méně nám uniká tepla. Pokud je vrstev více, jejich jednotlivé tepelné odpory se sčítají. K tepelnému odporu jednotlivých vrstev je ještě nutné připočítat součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, protože nepohyblivá vrstvička vzduchu na povrchu konstrukce představuje určitý tepelný odpor. Jeho velikost závisí na rychlosti proudění vzduchu okolo konstrukce.

Přesný postup výpočtu tepelné ztráty se děje podle ČSN EN ISO 13 789 a ČSN EN 832. Zde je definována potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty takto:

## Tepelná ztráta prostupem

$$Q_p = \Sigma(U * S) * (t_i - t_e) [W]$$

S je plocha konstrukce v  $m^2$

$t_i$  je teplota interiéru, pro obytné budovy se rovná  $+21 \text{ }^\circ\text{C}$

$t_e$  je teplota exteriéru

$t_e$  volíme jako průměrnou teplotu v dané lokalitě, interní teplotu  $t_i$  volíme  $21 \text{ }^\circ\text{K}$ .

U je součinitel prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla nám udává, kolik energie proteče jedním  $m^2$  konstrukce při tepelném rozdílu 1 K, nebo také  $1^\circ\text{C}$ . Z tohoto je logické, že pokud tento součinitel vynásobíme rozdílem teplot vevnitř a venku a plochou, dostaneme množství tepla, které uniká. Pokud tuto energii vynásobíme časovým obdobím, v němž nám energie uniká, získáme množství energie, kterou jsme ztratili. K těmto únikům je ještě nutné připočítat teplo, které nám uniká tepelnými mosty. To je možné realizovat například tak, že součinitel prostupu tepla U zvětšíme o  $\Delta U = 0,1 W/(m^2.K)$ .

# Výpočet tepelných ztrát prostupem bytové jednotky Kladno Lány

plocha stěn: 41,55 m<sup>2</sup>

plocha stropu: 51,30 m<sup>2</sup>

plocha oken: 25,55 m<sup>2</sup>



Obr. 1 bytová jednotka Kladno Lány



Obr. 2 bytová jednotka Kladno Lány



Obr. 3 bytová jednotka Kladno Lány

k výpočtu tepelných ztrát prostupem použijeme dosazovací kalkulačtor dostupný na [www](http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci) adrese:

<http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/68-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>

do tabulky dosadíme tyto údaje:

Stěny se zateplením	
omítka vápenná	2 cm
YTONG P4-500 (tl. 250) vnější tvárnice	25 cm
polystyren pps	16 cm
ytong universální omítka	5 mm

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 08 0210:1994)  $t_i = 20$  °C ???

Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí  $t_{ap} = t_i + 1$ )  $t_{ap} = 21$  °C ???

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si} = 0,25$  m<sup>2</sup>K/W ???  $t_{si,0} = 18,97$  °C ???

Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
1. Omítka vápenná	0.020	0.88	<input type="text" value="0.023"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,1} = 18,79$ °C ???
2. YTONG P4-500 (tl. 250) vnější tvárnice	0.250	0.15	<input type="text" value="1.667"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,2} = 5,28$ °C ???
3.	0.000	0.000	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,3} = -$ °C ???
4. YTONG univerzální omítka	0.005	0.8	<input type="text" value="0.006"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,4} = 5,22$ °C ???
5.	0.000	0.000	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,5} = -$ °C ???
6.	0.000	0.000	<input type="text" value="-"/>	m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,6} = -$ °C ???

$\Sigma d = 0,275$  m  $R_N = 1,7$  m<sup>2</sup>K/W ???

Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W ???  $t_e = 4,9$  °C ???

Součinitel prostupu tepla  $U = 0,5$  W/m<sup>2</sup>K Tepelný odpor konstrukce  $R_T = 1,99$  m<sup>2</sup>K/W ???

### Průběh teplot ve stavební konstrukci

INTERIÉR

EXTERIÉR

Povrchové teploty: 0 1 21

Vrstvy: 1 2 4

Plocha konstrukce  $S = 41,55$  m<sup>2</sup> Prostup tepla konstrukcí  $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 316$  W

Obr. 4 Stěny bez zateplení, chybí polystyren

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994)  $t_i = 20$  °C ???

Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí  $t_{ap} = t_i + 1$ )  $t_{ap} = 21$  °C ???

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si} = 0,25$  m<sup>2</sup>KW ???  $t_{si,0} = 20,21$  °C ???

Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
1. Omítka vápenná	0.020	0.88	R1 = 0.023	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,1} = 20,14$ °C ???
2. YTONG P4-500 (tl. 250) vnější tvárnice	0.250	0.15	R2 = 1.667	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,2} = 14,9$ °C ???
3. Pěnový polystyren - PPS	0.160	0.051	R3 = 3.137	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,3} = 5,05$ °C ???
4. YTONG univerzální omítka	0.005	0.8	R4 = 0.006	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,4} = 5,03$ °C ???
5.	0.000	0.000	R5 = -	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,5} = -$ °C ???
6.	0.000	0.000	R6 = -	m <sup>2</sup> KW	$t_{si,6} = -$ °C ???

$\Sigma d = 0,435$  m  $R_N = 4,83$  m<sup>2</sup>KW ???

Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>KW ???  $t_e = 4,9$  °C ???

Součinitel prostupu tepla  $U = 0,2$  W/m<sup>2</sup>K Tepelný odpor konstrukce  $R_T = 5,12$  m<sup>2</sup>KW ???

**Průběh teplot ve stavební konstrukci**

INTERIÉR

EXTERIÉR

Povrchové teploty 0 1 2 3 3a

Plocha konstrukce  $S = 41,55$  m<sup>2</sup> Prostup tepla konstrukcí  $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 122$  W

Obr. 5 Stěny se zateplením

do tabulky dosadíme tyto údaje:

Střecha se zateplením	
omítka vápenná	2 cm
beton	20 cm
polystyren pps	35 cm
sádkokarton	10 cm
omítka vápenná	5 mm

Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 08 0210:1994)  $t_i = 20$  °C ???

Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí  $t_{ap} = t_i + 1$ )  $t_{ap} = 21$  °C ???

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si} = 0,25$  m<sup>2</sup>KW ???  $t_{si,0} = 18,84$  °C ???

Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
1. Omítka vápenná	0.005	0.88	R1 =	0.006 m <sup>2</sup> KW	$t_{si,1} = 18,8$ °C ???
2. Sádrokarton	0.100	0.22	R2 =	0.455 m <sup>2</sup> KW	$t_{si,2} = 14,88$ °C ???
3.	0.000	0.000	R3 =	- m <sup>2</sup> KW	$t_{si,3} = -$ °C ???
4. Beton strusko-pazderový	0.200	0.18	R4 =	1.111 m <sup>2</sup> KW	$t_{si,4} = 5,29$ °C ???
5. Omítka vápenná	0.005	0.88	R5 =	0.006 m <sup>2</sup> KW	$t_{si,5} = 5,24$ °C ???
6.	0.000	0.000	R6 =	- m <sup>2</sup> KW	$t_{si,6} = -$ °C ???
$\Sigma d = 0,31$ m			$R_N = 1,58$ m <sup>2</sup> KW ???		

Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>KW ???  $t_e = 4,9$  °C ???

Součinitel prostupu tepla  $U = 0,54$  W/m<sup>2</sup>K Tepelný odpor konstrukce  $R_T = 1,87$  m<sup>2</sup>KW ???

**Průběh teplot ve stavební konstrukci**

INTERIÉR

EXTERIÉR

Povrchové teploty: 01, 2, 45

Vrstvy: 1, 2, 4, 5

Plocha konstrukce  $S = 51,30$  m<sup>2</sup> Prostup tepla konstrukcí  $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 415$  W

Obr. 6 Strop bez zateplení, chybí polystyren



Vnitřní výpočtová teplota místnosti (podle ČSN 06 0210:1994)  $t_i = 20$  °C ???

Výpočtová teplota vnitřního vzduchu (dle ČSN 73 0540 se pro obytné budovy volí  $t_{ap} = t_i + 1$ )  $t_{ap} = 21$  °C ???

Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce  $R_{si} = 0,25$  m<sup>2</sup>K/W ???  $t_{si,0} = 20,54$  °C ???

Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/mK]			
1. Omítka vápenná	0.005	0.88	R1 =	0.006 m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,1} = 20,53$ °C ???
2. Sádrokarton	0.100	0.22	R2 =	0.455 m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,2} = 19,69$ °C ???
3. Pěnový polystyren - PPS	0.350	0.051	R3 =	6.863 m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,3} = 7,03$ °C ???
4. Beton strusko-pazderový	0.200	0.18	R4 =	1.111 m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,4} = 4,98$ °C ???
5. Omítka vápenná	0.005	0.88	R5 =	0.006 m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,5} = 4,97$ °C ???
6.	0.000	0.000	R6 =	- m <sup>2</sup> K/W	$t_{si,6} = -$ °C ???

$\Sigma d = 0,66$  m  $R_N = 8,44$  m<sup>2</sup>K/W ???

Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce  $R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>K/W ???  $t_e = 4,9$  °C ???

Součinitel prostupu tepla  $U = 0,11$  W/m<sup>2</sup>K Tepelný odpor konstrukce  $R_T = 8,73$  m<sup>2</sup>K/W ???

### Průběh teplot ve stavební konstrukci

INTERIÉR

EXTERIÉR

Povrchové teploty: 01, 02, 03, 04

Vrstvy: 1, 2, 3, 4, 5

Plocha konstrukce  $S = 51,30$  m<sup>2</sup> Prostup tepla konstrukcí  $Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) = 89$  W

Obr. 7 Strop se zateplením

$\lambda$ 1,1 [ Wm <sup>2</sup> /K]	2 sklo	13,61m <sup>2</sup>
0,6	3 sklo	11,94m <sup>2</sup>
2,2	1 sklo	25,553m <sup>2</sup>

### Tepelná ztráta prostupem:

- 1 sklo:

$$Q_p = (U * S) * (t_i - t_e) \text{ [W]}$$

$$Q_p = 2,2 * 25,553 * (21 - 4,9) = 905 \text{ W}$$

- 2 sklo:

$$Q_p = 1,1 * 13,61 * (21 - 4,9) = 241 \text{ W}$$

- 3 sklo:

$$Q_p = 0,7 * 11,94 * (21 - 4,9) = 135 \text{ W}$$

Celkové ztráty tepla prostupem bez zateplení a s původními okny:

Stěny: 316 W

Strop: 451 W

Okna: 905 W

Celkem: 1672 W

Celkové ztráty tepla prostupem se zateplením a s novými okny:

Stěny: 122 W

Strop: 90 W

2sklo: 241 W

3sklo: 135 W

Celkem: 588 W

Ušetřeno:  $1672 - 588 = \underline{1088 \text{ W}}$

Vzhledem k zanedbání vlivu tepelných mostů celkové množství ušetřeného tepla snížíme o 10 %

$$1088 * 0,9 = 980 \text{ W} = 0,98 \text{ kW}$$

Celkové množství ušetřených kWh během topné sezóny:

$$\text{Ušetřené teplo v kWh} * \text{počet dní v topné sezóně} * 24 \text{ hodin} = 0,98 * 242 * 24 = 5692 \text{ kWh}$$

Při průměrné ceně 746,72 Kč za 1 GJ = 277,8 kWh, vychází cena jedné kWh 2,69 Kč

Celkově ušetřeno Kč během topné sezony:  $5692 * 2,69 = \underline{15311 \text{ Kč}}$

# Návratnost investice do zateplení a výměny oken

- Plocha stěn objektu 1179,7 m<sup>2</sup>
- Plocha oken 875 m<sup>2</sup>
- Plocha na zateplení  $1179,7 - 875 = 304,7$  m<sup>2</sup>
- Cena fasádního polystyrénu EPS 70 F – 16 cm, 50x100 cm, je celkem 77 972 Kč
- Práce na zateplení včetně pronájmu lešení 778100 Kč
- Celkové náklady na zateplení  $77972 + 778100 = 856072$  Kč
- Počet bytových jednotek 48
- Náklady na jednu bytovou jednotku na zateplení  $856072 / 48 = 17834$  Kč
- Cena výměna oken v konkrétní bytové jednotce 144178 Kč
- Celková investice bytové jednotky do zateplení  $17834 + 144178 = 162012$  Kč
- Návratnost investice  $162012 / 15311 = 10,58$  roku

Vlastník nebo osoba vlastním pověřená		Konečný spotřebitel - uživatel bytu číslo: 1						
Milan Landa U Stadionu 1688 274 01 Slaný		Hubáček Jan U Lipky 354 270 61 Lánský						
Dodané teplo	432,00 GJ	Vytápěná plocha bytu	91,10 m <sup>2</sup>					
Náklady na vytápění	322 581,54 Kč	Započítatelná podlahová plocha bytu	91,10 m <sup>2</sup>					
Průměrná cena tepla	746,72 Kč/GJ	Výhláška 372/2001 Sb., §4 odst.4	114,90 %					
Základní složka úhrady 40 %	129 032,62 Kč	Součet (Dp-Dk) zúčtovací jednotky	14 048,00					
Spotřební složka úhrady 60 %	193 548,92 Kč	Součet Ds zúčtovací jednotky	156 642,34					
Celková vytápěná plocha	1 085,47 m <sup>2</sup>	Měrná spotřeba tepla	0,31 GJ/m <sup>2</sup>					
Celková započítatelná podlahová plocha	1 408,35 m <sup>2</sup>	Průměrná teplota venkovního vzduchu	5,9 °C					
<b>Základní složka úhrady za byt:</b>		<b>129 032,62 / 1 408,35 * 91,10 * 1,000 = 8 346,56 Kč</b>						
<b>Spotřební složka úhrady podle místnosti:</b>								
Místnost	Plocha (m <sup>2</sup> )	Dp	Dk	Dp-Dk	Ds	dt	Kč/m <sup>2</sup>	Úhrada Kč
kuchyně	20,00	813	649	164	2695,33	-0,4	166,52	3 330,38
ložnice 1	12,20	776	620	156	1708,78	-0,1	173,06	2 111,99
ložnice 2	11,00	807	658	149	1425,48	-0,9	160,12	1 761,94
pracovna	8,70	784	607	177	1286,89	0,6	182,77	1 580,10
obytvací pokoj	39,20	Neměřené hodnoty - rozpočet proveden podle vyhlášky						6 835,10
								<b>15 628,30</b>
<b>Spotřební složka úhrady za byt:</b>		<b>15 628,30 * 1,000 = 15 628,30 Kč</b>						
Zaplacená záloha na vytápění:	18 500,00 Kč	Vytápění za byt celkem:	23 974,86 Kč					
<b>Ostatní služby:</b>		<b>Služby VIPA:</b>	463,80 Kč					
Dašší služby celkem	5 102,66 Kč	<b>Ostatní služby celkem:</b>	-497,34 Kč					
Zálohy na dašší služby celkem	-5 600,00 Kč	<b>Váš nedoplatek činí:</b>	5 441 Kč					
Reklamací vyúčtování je možno uplatnit u správce objektu do 21 dnů od jeho obdržení. Způsob finančního vypořádání nedoplatku nebo přeplatku bude uveden v ročním vyúčtování služeb.								
Interní údaje: K1 = 1,24 K2 = 1,00 Gm = 10,31 A = 31,29 ID bytu = 1 757 427 B1 = 0,31 GJ/m <sup>2</sup> B2 = 0,40 GJ/m <sup>2</sup> C1 = 228,05 Kč/m <sup>2</sup> C2 = 297,18 Kč/m <sup>2</sup>								
Zpracoval: VIPA CZ s.r.o. Dne: 11.10.2012 VIPA CZ s.r.o. Kadlická 20, 460 15 Liberec 15, tel. / fax: 482 750 457-8, e-mail: vipa@vipa.cz, web: www.vipa.cz Zpracovano programem VIPACALC 2.0, r0 1999 - 2012 Jan Ševčík, http://www.andas.cz								

Obr. 8 Náklady na vytápění

## Závěr

Na výpočtu konkrétní bytové jednotky je návratnost přibližně 10,5 roku.

Poměrně dlouhá doba návratnosti je způsobena velkou plochou vyměňovaných oken /dvojskla, trojskla/ i přesto, že byla zvolena okna s výborným poměrem - cena / technické parametry.

## Použitá literatura

Šubrt Roman: Zateplování nakl. BEN

Jaga media: Vše o úsporách energií nakl. BEN

Zdroj: Wikipedia