



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

## OPATŘENÍ PRO ÚSPORY ENERGIE PŘI VYTÁPĚNÍ

ENERGY SAVINGS IN HEATING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Marek Menšík

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2016



# Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav  
Student: **Marek Menšík**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**  
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Opatření pro úspory energie při vytápění

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

- 1/ výpočet tepelných ztrát domu
- 2/ rešerše možných opatření pro snížení tepelných ztrát
- 3/ návrh konkrétních opatření a určení jejich dopadů na tepelné ztráty domu
- 4/ ekonomická rozvaha

### Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je návrh opatření pro úsporu tepelné energie potřebné pro vytápění rodinného domu.

### Seznam literatury:

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

ČSN 06 0210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění

ČSN EN 12831 - Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu

ČSN EN 73 0540 – 3 – Tepelná ochrana budov

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem opatření pro úsporu tepelné energie potřebné pro vytápění rodinného domu. Práce je rozdělena na tři části. První část je věnována výpočtu tepelných ztrát rodinného domu. Druhá část se zabývá možnými opatřeními pro snížení tepelných ztrát. Ve třetí části jsou navrženy konkrétní opatření, jejich dopady na tepelné ztráty domu a ekonomické zhodnocení. V závěru je uvedena nejvýhodnější varianta s nejkratší návratností investice.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

tepelná ztráta, náklady na vytápění, zateplení, návratnost investic

## **ABSTRACT**

This thesis deals with measures for the conservation of thermal energy required for heating the House. The work is divided into three parts. The first part is dedicated to the calculation of the heat loss of the family house. The second part deals with the possible measures for reducing heat loss. In the third part are designed for specific measures, their impact on the heat loss of the House and economic assessment. In conclusion, the best option is listed with the shortest return on investment.

## **KEYWORDS**

heat loss, heating costs, thermal insulation, return on investment

## **Bibliografická citace**

MENŠÍK, M. *Opatření pro úspory energie při vytápění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 87 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

**Čestné prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „*Opatření pro úspory energie při vytápění*“ vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením Ing. Marka Baláše, Ph.D.

V Brně dne 26. 5. 2016

.....  
Marek Menšík

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval Ing. Markovi Balášovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce. Dále bych také rád poděkoval manželům Žďárským za poskytnutí potřebných podkladů a informací.

# Obsah

1 Úvod.....	1
2 Popis rodinného domu .....	2
2.1 Půdorys domu .....	3
3 Výpočet tepelných ztrát.....	4
3.1 Postup výpočtu tepelných ztrát pro vytápěný prostor .....	5
3.1.1 Klimatické údaje .....	6
3.1.2 Výpočtová vnitřní teplota.....	6
3.1.3 Údaje o stavebních materiálech.....	7
3.1.4 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla.....	11
3.1.5 Tepelná ztráta větráním .....	15
3.1.6 Tepelný zátopový výkon .....	18
3.1.7 Návrhový tepelný výkon.....	19
3.2 Roční spotřeba tepla na vytápění .....	20
4 Opatření pro snížení tepelných ztrát .....	22
4.1 Zateplení .....	22
4.2 Materiály tepelných izolací .....	25
4.2.1 Pěnové materiály .....	25
4.2.2 Minerální vláknité materiály .....	28
4.2.3 Přírodní materiály.....	28
4.2.4 Aerogel .....	30
4.3 Okna s trojitým zasklením.....	34
4.3.1 Dřevěná okna .....	35
4.3.2 Plastová okna .....	36
4.3.3 hliníková okna .....	37
4.4 Větrání s rekuperací tepla.....	38
4.4.1 Centrální rekuperační jednotka .....	38
4.4.2 Lokální rekuperační jednotka .....	39
5 Výběr konkrétních opatření.....	40
5.1 Zateplení obvodového zdiva .....	40
5.2 Výměna oken .....	43
5.3 Použití rekuperační jednotky .....	45

5.4 Shrnutí použitých opatření pro úsporu tepelných ztrát.....	47
5.4.1 Varianta 1.....	47
5.4.2 Varianta 2.....	49
6 Závěr.....	51
Seznam použitých zdrojů .....	52
Seznam použitých symbolů a zkratk .....	55
Seznam obrázků a tabulek .....	59
Seznam příloh.....	62
PŘÍLOHA A .....	63
PŘÍLOHA B .....	78

# 1 Úvod

V dnešní době se klade velký důraz na snižování spotřebované energie v každém odvětví průmyslu. Ne jinak je tomu i v oblasti výstavby budov, kde se klade důraz na co nejmenší provozní náklady spojené s potřebou energie. Ta je tvořena zejména potřebou vytvořit v těchto budovách optimální prostředí vhodné k životu. Toho se docílí použitím vytápění v zimě při nízkých teplotách venkovního prostředí nebo ochlazováním prostor pomocí klimatizace v létě. Provoz těchto opatření však s sebou nese někdy až výrazné náklady pro domácnost. Proto je snahou každého majitele domu tyto náklady snížit. Toho může být docíleno jednak sjednáním výhodnějších smluv s jinými distributory dané energie, použitím alternativního vytápění v podobě například tepelných čerpadel nebo snížením tepelných ztrát svého domu.

V dnešní době se nejvíce používá zateplení obvodového pláště budovy, které jednak velmi snižuje tepelné ztráty, ale také přispívá k životnosti celé stavby. Mezi dalšími opatřeními může být například výměna starých oken za nová, která propouštějí méně tepla směrem ven z budovy v době kdy je budova vytápěna. Dále pak zateplení půdních prostor nebo střechy pro případ úniku tepla přes tyto konstrukce. V neposlední řadě také využití rekuperace tepla, které zajišťuje odvod použitého vzduchu a přívod už ohřátého čerstvého vzduchu. To snižuje tepelné ztráty větráním budovy.

Při uvažování daných opatření je však důležité zjistit si jejich předběžné náklady a určit si potenciální úsporu již zmiňovaných tepelných ztrát domu. Díky těmto informacím si pak může vlastník domu stanovit ekonomičnost této investice a posoudit, zdali je vhodná, či ne a jaká je návratnost této investice.

Cílem této práce proto bude výpočet tepelných ztrát rodinného domu, návržení vhodných opatření pro snížení těchto tepelných ztrát a posouzení investice do těchto opatření.

## 2 Popis rodinného domu

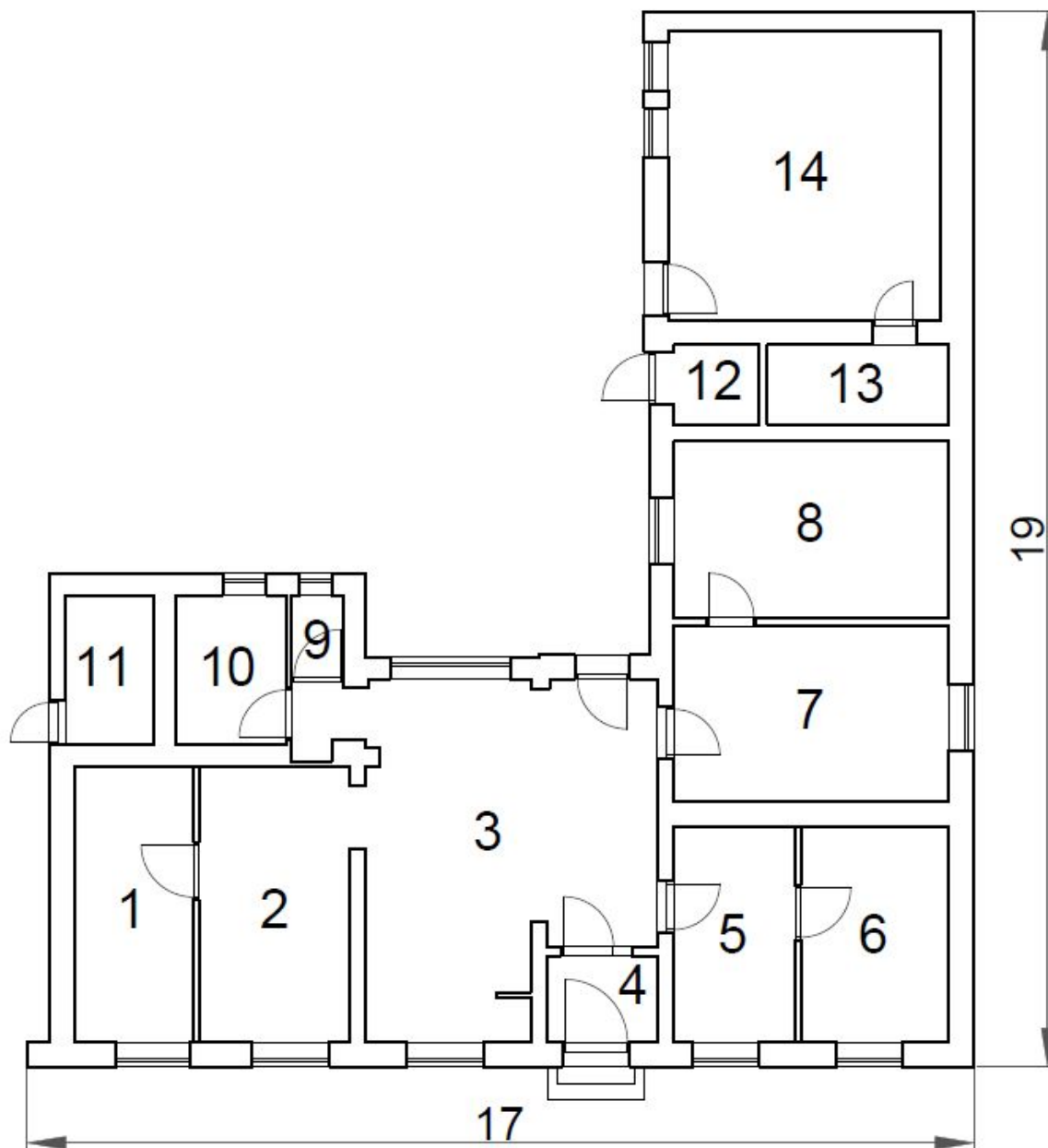
Rodinný dům, u něž bude proveden výpočet tepelných ztrát a následně se bude hledat řešení k jejich snížení, se nachází v obci Vedrovice. Tato obec se dále nachází v okrese Znojmo v Jihomoravském kraji v nadmořské výšce 256 m n. m. Dům je součástí většího zemědělského stavení a je situován na severo-východ.



*Obrázek 2.1 Rodinný dům*

## 2.1 Půdorys domu

Půdorys domu, který byl vytvořen v programu AutoCAD 2010, je zobrazen na obr. 2.2



Obrázek 2.2 Půdorys rodinného domu

### 3 Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty jsou v podstatě úbytky tepla z námi obývanými vytápěnými prostory směrem do míst, kde je teplota nižší. Může se jednat buď o nevytápěné místnosti nebo také venkovní prostředí. Tepelné ztráty vznikají dvěma způsoby a to prostupem a větráním. V případě prostupu tepla jde o ztrátu tepla z vytápěné místnosti skrze stěny, podlahu i strop do vnějšího prostředí o nižší teplotě, než je teplota v místnosti.

Výpočet tepelných ztrát je klíčový při návrhu zateplení budov, výběru zdroje tepla nebo realizace otopné soustavy tak aby v zimním období bylo v obytných místnostech dosaženo tzv. tepelné pohody.

Při výpočtu tepelných ztrát jsem postupoval podle normy ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu [1]. Tato norma uvádí postup pro výpočet tepelných ztrát objektu.



### 3.1.1 Klimatické údaje

Výpočtová venkovní teplota  $\theta_e$  a průměrná roční venkovní teplota  $\theta_{m,e}$  byly odečteny z normy ČSN EN 12831 a zapsány do tabulky 3.1.

Tabulka 3.1 Klimatické údaje

Klimatické údaje			
Název	Označení	Hodnota	Jednotka
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	-12	°C
Průměrná roční venkovní teplota	$\theta_{m,e}$	3,6	°C

### 3.1.2 Výpočtová vnitřní teplota

Výpočtová vnitřní teplota  $\theta_{int}$  společně s plochou  $A$  a objemem  $V$  jednotlivých vytápěných místností je uvedena v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2 Údaje o vytápěných místnostech

Údaje jednotlivých místností				
Označení místnosti	Typ místnosti	Plocha	Objem	Výpočtová vnitřní teplota
		$A_k$	$V_i$	$\theta_{int,i}$
		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	°C
1	Dětský pokoj	10,85	30,16	20
2	Obývací pokoj	13,65	37,95	20
3	Kuchyň + Jídelna	32,31	89,82	20
4	Předsíň	3,12	8,67	15
5	Kancelář	8,62	23,96	20
6	Dětský pokoj	10,49	29,16	20
7	Dětský pokoj	16	44,48	20
8	Ložnice	16	44,48	20
9	WC	1,4	3,88	15
10	Koupelna	5,4	15	24
Celkem		117,84	327,56	

V případě nevytápěných místností se kromě výpočtové vnitřní teploty využívá dále teplotní redukční činitel  $b_u$ . Ten se stanoví ze vztahu (3.1) a jeho hodnoty jsou uvedeny v tabulce 3.3.

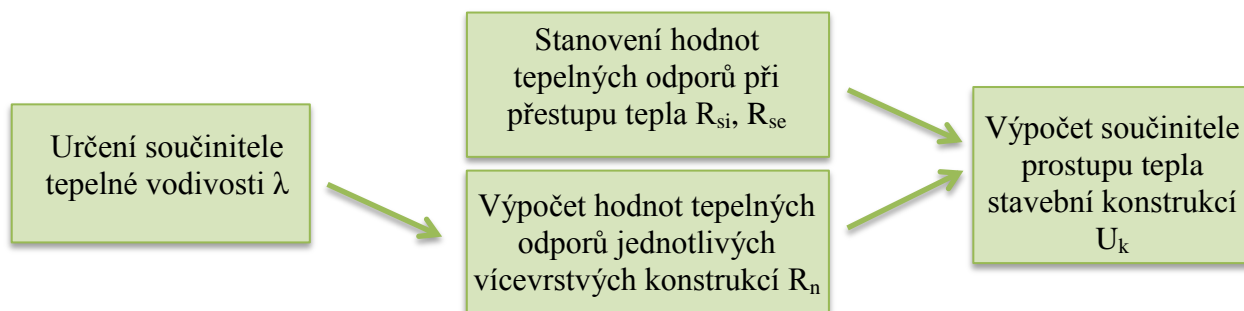
$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3.1)$$

Tabulka 3.3 Údaje o nevytápěných místnostech

Údaje jednotlivých místností			
Označení místnosti	Typ místnosti	Teplota	b - hodnota
		$\theta_u$ °C	$b_u$ na jednotku
11	Komora	8	0,44
12	Schodiště	8	0,375
13	Spíž	12	0,25
14	Prádelna	11	-
-	Půdní prostor	-7	0,9

### 3.1.3 Údaje o stavebních materiálech

Dalším krokem pro výpočet tepelných ztrát je určení součinitele prostupu tepla  $U_k$ . Pro jeho určení se budeme držet podle schématu na obrázku 3.2.



Obrázek 3.2 Určení součinitele prostupu tepla  $U_k$

### Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$

Je definován jako množství tepla, které musí za jednotku času projít tělesem, aby na jednotkovou délku byl jednotkový teplotní spád. Jeho hodnoty se určí ze vztahu (3.2).

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-grad \theta} \quad [\text{W/m.K}] \quad (3.2)$$

kde:  $\vec{q}$  je vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením, proudícího stejnorodým isotropním materiálem

$grad \theta$  je gradient teploty [33]

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti použitých materiálů byly stanoveny na základě normy ČSN 730540-3: Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin [2]

Tabulka 3.4 Hodnoty součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů

Hodnoty součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů		
Kód stavebního materiálu	Popis	$\lambda$
		W/m.K
1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	1,3
2	Omítka vápenná	0,88
3	Omítka vápenocementová	0,99
4	Keramická dlažba	1,01
5	Koberec	0,065
6	Štěrk	0,65
7	Laminátová plovoucí podlaha	0,16
8	Pěnový polystyrén	0,044
9	Plná cihla	0,75
10	Pórobetonové tvárnice	0,21
11	Dřevo tvrdé rostlé	0,22
12	Dutá cihla	0,14
13	Fólie polyetylenová	0,2
14	Cementová malta	1,16
15	Asfaltový lak penetrační	0,2
16	Násyp popelové škváry	0,27
17	Vinylová podlaha	0,12
18	Sádrokarton	0,22
19	Minerální vlna	0,041
20	Omítka s rákosem	0,05
21	Desky z tvrdého dřeva	0,22
22	Foukaná izolace na bázi celulózy	0,038
23	Cihly půdovky	0,8
24	Hlína suchá	0,7

## Tepelný odpor R

Tepelný odpor vyjadřuje, jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu, čili k přenosu energie o velikosti 1 J za 1 sekundu [33].

Vypočítá se ze vztahu:

$$R = \sum_i^n \frac{d_i}{\lambda_i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (3.3)$$

Tabulka 3.5 Tepelný odpor při přestupu tepla

Tepelný odpor při přestupu tepla (mezi vzduchem a stavební částí)		
Kód stavebního materiálu	Popis	R <sub>si</sub> nebo R <sub>se</sub>
		m <sup>2</sup> .K/W
25	Nevětraná vzduchová vrstva s = 40 mm	0,18
26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)	0,13
27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)	0,04
28	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem nahoru)	0,1
29	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směrem dolů)	0,17

## Součinitel prostupu tepla U<sub>k</sub>

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m<sup>2</sup> při rozdílu teplot jejích povrchů o 1 K. [34]

$$U_k = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + \sum R_n + R_{se}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3.4)$$

Kde:  $R_T$  je odpor konstrukce při prostupu tepla [m<sup>2</sup>.K/W]

$R_{si}$  je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [m<sup>2</sup>.K/W]

$R_n$  je tepelný odpor n-tého materiálu v konstrukci a určí se dle vzorce (3.5)

$$R_n = \sum_1^n \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K/W}] \quad (3.5)$$

$R_{se}$  je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [m<sup>2</sup>.K/W]

Hodnoty součinitele prostupu tepla pro jednotlivé stavební části byly vypočítány v programu Excel dle výpočtů ve vzorové tabulce 3.6 a jsou uvedeny v příloze A. Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla je uveden v tabulce 3.7

Tabulka 3.6 Nastínění výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukce

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
Kódy stavebních částí	Označení stavebních částí						
	Kód	Název vnitřní laminární vrstvy			$R_{si}$		
	Kód	Název materiálu	$d_1$	$\lambda_1$	$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1}$		
	...	...	...	...	...		
	Kód	Název materiálu	$d_n$	$\lambda_n$	$R_n = \frac{d_n}{\lambda_n}$		
	Kód	Název vnější laminární vrstvy			$R_{se}$		
	Celková tloušťka a $U_k$			$\sum d_i$			$\sum R_i$

Tabulka 3.7 Ukázka výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukce

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
20	Dělicí stěna 150 mm (mezi místnostmi 3 a 4)						
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130		
	2	Omítka vápenná			0,002		
	3	Omítka vápenocementová			0,015		
	9	Zdivo z plných pálených cihel			0,200		
	3	Omítka vápenocementová			0,015		
	2	Omítka vápenná			0,002		
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040		
	Celková tloušťka a $U_k$			0,184			0,404

### 3.1.4 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla  $\Phi_{T,i}$  vytápěného prostoru (i) se vypočítá dle rovnice (3.6). [1]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.6)$$

Kde:  $H_{T,ie}$  je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy [W/K]

$H_{T,iue}$  je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u) [W/K]

$H_{T,ig}$  je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W/K]

$H_{T,ij}$  je součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) [W/K]

$\theta_{int,i}$  je výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i) ve stupních Celsia (°C)

$\theta_e$  je výpočtová venkovní teplota ve stupních Celsia (°C) [1]

#### Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí

Součinitel tepelné ztráty z vytápěné místnosti přímo do venkovního prostředí  $H_{T,ie}$  se vypočítá dle vztahu (3.7) a zahrnuje všechny stavební části, které oddělují vytápěnou místnost od venkovního prostředí, jako jsou stěny, podlaha, strop, dveře či okna. Ve výpočtu a i v dalších výpočtech nejsou uvedeny vlivy tepelných mostů. Je to učiněno z důvodu jednak velké rozsáhlosti výpočtu ale hlavně částečné eliminace těchto vlivů díky aktuálnímu zateplení budovy. [1]

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (3.7)$$

Kde:  $A_k$  je plocha stavební části (k) v metrech čtverečních (m<sup>2</sup>)

$e_k$  je korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům. Použita byla hodnota  $e_k = 1$  [1]

### Tepelné ztráty nevytápěným prostorem

Součinitel tepelné ztráty  $H_{T,iue}$  určuje tepelné ztráty mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím v případě, že se mezi nimi nachází další nevytápěný prostor. Určí se ze vztahu (3.8). [1]

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (3.8)$$

Kde:  $b_u$  je teplotní redukční činitel zahrnující teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhové teploty [1]

### Tepelné ztráty do nebo z vytápěných prostorů při různých teplotách

Součinitel tepelné ztráty  $H_{T,ij}$  vyjadřuje tepelný tok prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru, který je vytápěn na odlišnou teplotu. Jeho hodnota se určí dle vztahu (3.9). [1]

$$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij} \quad [\text{W/K}] \quad (3.9)$$

Kde:  $f_{ij}$  je redukční teplotní činitel, který koriguje teplotní rozdíl mezi teplotou sousedního prostoru a venkovní výpočtové teploty [1]

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vytápěného\ sousedního\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3.10)$$

### Tepelné ztráty do přilehlé zeminy

Součinitel tepelné ztráty  $H_{T,ig}$  určuje tepelné ztráty podlahami a základovými stěnami směrem do přilehlé zeminy. Určí se ze vztahu (3.11). [1]

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w \quad [\text{W/K}] \quad (3.11)$$

Kde:  $f_{g1}$  je korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty. Tato hodnota je určena jako národní a její hodnota je 1,45.

$f_{g2}$  je teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou, který se stanoví jako:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3.12)$$

$U_{equiv,k}$  je ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí (k) stanovený podle typologie podlahy. K jeho určení je potřebný parametr  $B'$ , který se určí ze vztahu (3.13)

$$B' = \frac{A_g}{0,5 \cdot P} \quad [\text{m}] \quad (3.13)$$

Kde:  $A_g$  je podlahová plocha místnosti [ $\text{m}^2$ ]

$P$  je délka obvodových stěn oddělujících vytápěný prostor od venkovního prostředí [m]

$G_w$  je korekční činitel zohledňující vliv spodní vody. Uvažuje se, je-li vzdálenost mezi předpokládanou hladinou spodní vody a úrovní podlahy podzemního podlaží menší než 1 m. [1]

Výpočet tepelné ztráty prostupem pro jednotlivé místnosti byl proveden pomocí programu Excel a je zobrazen v příloze B. Tabulka 3.8 zobrazuje výpočet pro jednu z těchto místností.

Tabulka 3.8 Ukázka výpočtu tepelné ztráty prostupem

5 - Kancelář					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	4,38	1,243	1,00	5,444
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	<b>9,668</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	8,619	0,217	0,9	1,683
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	<b>1,683</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	B'=2.A <sub>g</sub> /P m	
		8,619	2,21	7,8	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,34	8,619	2,93
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	2,93
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>2,168</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
19	Dělicí stěna 300 mm	0,156	4,337	1,655	1,12
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	<b>1,12</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>				$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$	<b>14,639</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	<b>468,45</b>

### 3.1.5 Tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$  pro vytápěný prostor (i) se určí dle rovnice (3.14). [1]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (3.14)$$

Kde:  $H_{V,i}$  je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním. Při předpokladu konstantní hustoty vzduchu  $\rho$  a konstantní měrné tepelné kapacity  $c_p$  se vypočítá ze vztahu (3.15)

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad [\text{W/K}] \quad (3.15)$$

Kde:  $\dot{V}_i$  je výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i) v metrech krychlových za hodinu ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Určí se jako maximum výměny vzduchu infiltrací  $\dot{V}_{inf,i}$  spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměnou vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$  požadovanou z hygienických důvodů.

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{min,i}) \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.16)$$

Hygienické množství vzduchu  $\dot{V}_{min,i}$  se stanoví podle:

$$\dot{V}_{min,i} = n_{min} \cdot V_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.17)$$

Kde:  $n_{min}$  je minimální intenzita výměny venkovního vzduchu za hodinu ( $\text{h}^{-1}$ )

$V_i$  je objem vytápěné místnosti (i) v metrech krychlových ( $\text{m}^3$ ) vypočtený z vnitřních rozměrů.

Množství vzduchu  $\dot{V}_{inf,i}$  vzniklé infiltrací obvodovým pláštěm budovy se vypočítá ze vztahu:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (3.18)$$

Kde:  $n_{50}$  je intenzita výměny vzduchu za hodinu ( $\text{h}^{-1}$ ) při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy a zahrnující účinky přívodů vzduchu.

$e_i$  je stínící činitel

$\varepsilon_i$  je výškový korekční činitel, který zohledňuje zvýšení rychlosti proudění vzduchu s výškou prostoru nad povrchem země. [1]

Výpočet tepelné ztráty větráním pro jednotlivé místnosti byl proveden pomocí programu Excel a je zobrazen v tabulkách 3.9 a 3.10.

Tabulka 3.9 Výpočet tepelné ztráty větráním, část 1

Označení místnosti				1 Dětský pokoj	2 Obývací pokoj	3 Kuchyň + Jídelna	4 Předsíň	5 Kancelář
Objem místnosti	$V_i$	$m^3$		30,2	38	89,8	8,7	24
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	$^{\circ}C$		-12				
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	$^{\circ}C$		20	20	20	15	20
Nejmenší hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	$h^{-1}$	0,5	0,5	1,5	0,5	1,0
	Nejmenší hygienické množství vzduchu	$\dot{V}_{min,i}$	$m^3/h$	15,1	19	134,7	4,35	24
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jednotku	1	1	3	1	1
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	$n_{50}$	$h^{-1}$	7				
	Činitel zaclonění	$e_i$	na jednotku	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02
	Výškový korekční činitel	$\varepsilon_i$	na jednotku	1				
	Množství vzduchu infiltrací	$\dot{V}_{inf,i}$	$m^3/h$	8,46	10,64	37,72	2,44	6,72
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota	$\dot{V}_i$	$m^3/h$	15,1	19	134,7	4,35	24
	Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{V,i}$	W/K	5,13	6,46	45,8	1,48	8,16
	Teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	$^{\circ}C$	32	32	32	27	32
	Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{V,i}$	W	164,29	206,72	1465,54	39,93	261,12

Tabulka 3.10 Výpočet tepelné ztráty větráním, část 2

Označení místnosti			6 Dětský pokoj	7 Dětský pokoj	8 Ložnice	9 WC	10 Koupelna	Celkem	
Objem místnosti	$V_i$	m <sup>3</sup>	29,2	44,5	44,5	3,9	15	327,6	
Výpočtová venkovní teplota	$\theta_e$	°C	-12						
Výpočtová vnitřní teplota	$\theta_{int,i}$	°C	20	20	20	15	24		
Nejmenší hygienické požadavky	Nejmenší hygienická intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	h <sup>-1</sup>	0,5	0,5	0,5	1,5	1,5	
	Nejmenší hygienické množství vzduchu	$\dot{V}_{min,i}$	m <sup>3</sup> /h	14,6	22,25	22,25	5,85	22,5	
Množství vzduchu infiltrací	Nechráněné otvory	-	na jednotku	1	1	1	1	1	
	Intenzita výměny vzduchu při 50 Pa	$n_{50}$	h <sup>-1</sup>	7					
	Činitel zaclonění	$e_i$	na jednotku	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
	Výškový korekční činitel	$\varepsilon_i$	na jednotku	1					
	Množství vzduchu infiltrací	$\dot{V}_{inf,i}$	m <sup>3</sup> /h	8,18	12,46	12,46	1,09	4,2	
Výpočet tepelné ztráty větráním	Zvolená výpočtová hodnota	$\dot{V}_i$	m <sup>3</sup> /h	14,6	22,25	22,25	5,85	22,5	
	Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{V,i}$	W/K	4,96	7,57	7,57	1,99	7,65	
	Teplotní rozdíl	$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32	32	32	27	36	
	Návrhová tepelná ztráta větráním	$\Phi_{V,i}$	W	158,85	242,08	242,08	53,7	275,4	<b>3109,7</b>

### 3.1.6 Tepelný zátopový výkon

Zátopový tepelný výkon požadovaný pro nahrazení účinku přerušovaného vytápění  $\Phi_{RH,i}$  ve vytápěném prostoru (i) se vypočítá dle rovnice (3.19). [1]

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \quad [\text{W}] \quad (3.19)$$

Kde:  $A_i$  je podlahová plocha vytápěného prostoru (i) v metrech čtverečních ( $\text{m}^2$ )

$f_{RH}$  je korekční součinitel závisící na době zátoku a předpokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době, ve wattech na metr čtvereční ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) [1]

Výpočet a výsledné hodnoty tepelného zátopového výkonu pro jednotlivé místnosti je zobrazen v tabulce 3.11.

Tabulka 3.11 Výpočet tepelného zátopového výkonu

Označení místnosti	Zátopový součinitel	Podlahová plocha	Zátopový výkon
	$f_{RH}$ $\text{W}/\text{m}^2$	$A_i$ $\text{m}^2$	$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$ W
1 - Dětský pokoj	16	10,85	173,6
2 - Obývací pokoj		13,65	218,4
3 - Kuchyň + Jídelna		32,31	516,96
4 - Předsíň		3,12	49,92
5 - Kancelář		8,62	137,92
6 - Dětský pokoj		10,49	167,84
7 - Dětský pokoj		16	256
8 - Ložnice		16	256
9 - WC		1,4	22,4
10 - Koupelna		5,4	86,4
<b>Celkem</b>		<b>117,84</b>	<b>1885,44</b>

### 3.1.7 Návrhový tepelný výkon

Celkový tepelný výkon budovy se vypočítá dle rovnice (3.20) jako součet tepelných ztrát prostupem, větráním a zátopového tepelného výkonu všech jednotlivých vytápěných místností. Hodnoty jednotlivých tepelných ztrát jsou zobrazeny v tabulce 3.12. [1]

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (3.20)$$

Tabulka 3.12 Výpočet celkového tepelného výkonu

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	W	W	W	W
1 - Dětský pokoj	982,46	164,29	173,6	1320,35
2 - Obývací pokoj	525,5	206,72	218,4	950,62
3 - Kuchyň + Jídelna	1696,1	1465,54	516,96	3678,6
4 - Předsíň	174,26	39,93	49,92	264,11
5 - Kancelář	468,45	261,12	137,92	867,49
6 - Dětský pokoj	732,51	158,85	167,84	1059,2
7 - Dětský pokoj	532,74	242,08	256	1030,82
8 - Ložnice	884,58	242,08	256	1382,66
9 - WC	73,28	53,7	22,4	149,38
10 - Koupelna	405,5	275,4	86,4	767,3
<b>Celkem</b>	<b>6475,38</b>	<b>3109,71</b>	<b>1885,44</b>	<b>11470,53</b>

### 3.2 Roční spotřeba tepla na vytápění

Z výsledné hodnoty celkového tepelného výkonu se vypočítá podle vzorce (3.19) roční spotřeba tepla na vytápění v GJ. [29]

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 + \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot \Phi_{HL} \cdot D}{(\theta_{m,int} - \theta_e)} \cdot 3.6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{GJ/rok}] \quad (3.21)$$

- Kde:  $\varepsilon$  je opravný součinitel pro stavby s krátkými otopnými přestávkami (noční útlum) a nabývá hodnoty  $\varepsilon = 0.75$
- $\eta_0$  je účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy. Tato hodnota se volí od hodnoty 0,9 do hodnoty 1 podle kvality obsluhy a regulace. Zvolena byla  $\eta_0 = 0.95$
- $\eta_r$  je účinnost rozvodu vytápění. Tato hodnota se volí v rozmezí 0,95 až 0,98 podle provedení. Zvolena byla hodnota  $\eta_r = 0,97$
- D znamená vytápěcí denostupně a určí se ze vztahu (3.20)

$$D = d \cdot (\theta_{m,int} - \theta_{m,e}) \quad [\text{K.dny}] \quad (3.22)$$

Kde:  $d$  je délka otopného období. Z normy ČSN EN 12831 [1] byla odečtena hodnota 217 dní

$\theta_{m,int}$  je průměrná vnitřní výpočtová teplota,  $\theta_{m,int} = 19,62 \text{ }^\circ\text{C}$

$\theta_{m,e}$  je průměrná teplota během otopného období [29]

Po dosažení daných hodnot vyšla dle [29] roční spotřeba tepla na vytápění  $Q_{VYT,r} = 88,7 \text{ GJ/rok}$ . Po převedení na MWh tato hodnota činí 24,6 MWh/rok.

Dům je vytápěn kotlem BENEKOV PELLING 27 na rostlinné pelety, pomocí něhož se také ohřívá teplá užitková voda. Pro výpočet ceny 1 kWh se musí též stanovit množství tepla spotřebovaného na ohřev TUV. Tento výpočet byl proveden dle [29] a roční spotřeba tepelné energie na ohřev TUV v topném období  $Q_{TUV,r} = 21.5 \text{ GJ/rok}$ . To odpovídá 6 MWh/rok.

Cena paliva, tj. rostlinných pelet činí podle [30] 3,65 Kč/kg. Spotřeba paliva odpovídá přibližně hodnotě 7 tun/rok. To odpovídá cenně 25550 Kč/rok. Dále je nutné k této cenně přičíst spotřebu elektrické energie kotle na pohon šnekového podavače, ventilátoru a oběhového čerpadla. Tato hodnota činí přibližně 6200 Kč/rok. Celkové náklady na vytápění a ohřev TUV v topném období tedy jsou 31750 Kč.

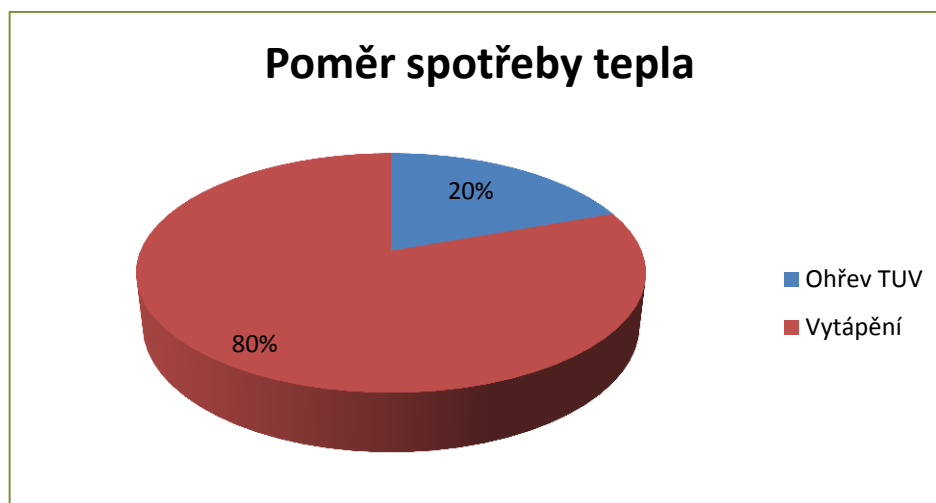
Majitel rodinného domu jako zemědělec však nyní získává toto palivo ve formě rostlinných pelet výměnou za odpad z čištění máku. Proto je v tabulce 3.14 uvedena cena 1 kWh pro tuto variantu B, kde je nulová pořizovací cena rostlinných pelet a náklady na vytápění a ohřev TUV jsou pouze náklady na spotřebu elektrické energie kotle. V následujících výpočtech bude však uvažována varianta A uvedená v tabulce 3.13, která počítá s cenou 3,65 Kč/kg rostlinných pelet.

Tabulka 3.13 Spotřeba tepla a cena pro variantu A

Varianta A	Spotřeba tepla na vytápění	Spotřeba tepla na ohřev TUV	Celková spotřeba tepla
GJ	88,7	21,5	110,2
MWh	24,6	6	30,6
Cena v Kč	25555,6	6194,4	<b>31750</b>
Cena za 1 kWh v Kč	<b>1,038</b>		

Tabulka 3.14 Spotřeba tepla a cena pro variantu B

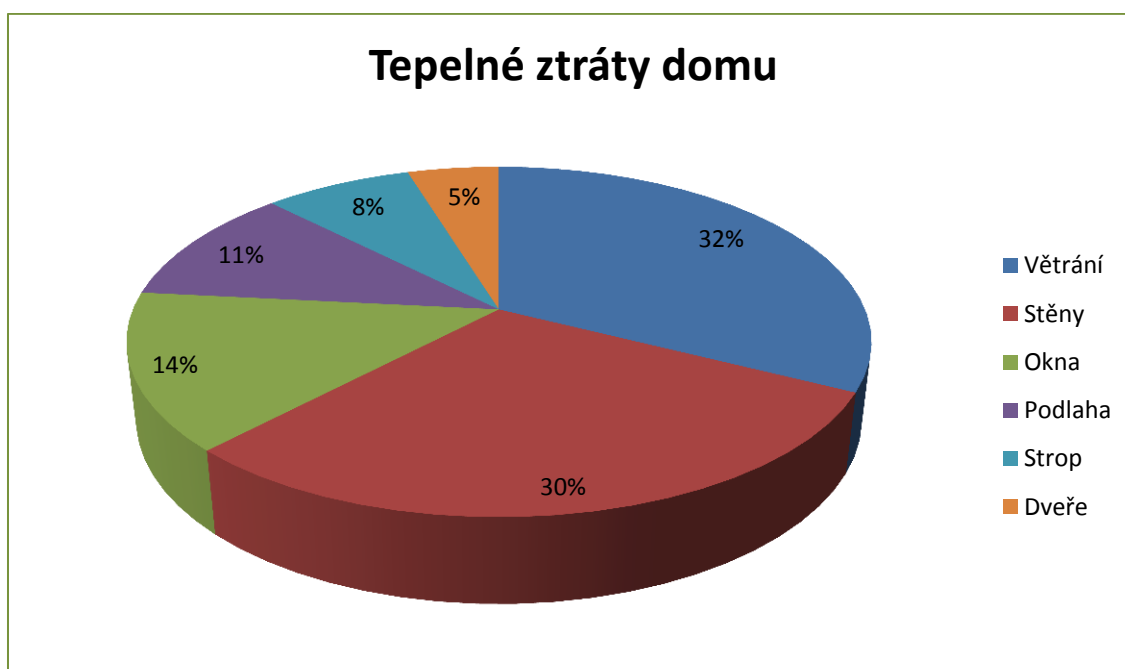
Varianta B	Spotřeba tepla na vytápění	Spotřeba tepla na ohřev TUV	Celková spotřeba tepla
GJ	88,7	21,5	110,2
MWh	24,6	6	30,6
Cena v Kč	4990,4	1209,6	<b>6200</b>
Cena za 1 kWh v Kč	<b>0,203</b>		



Obrázek 3.3 Poměr spotřeby tepla na vytápění a ohřev TUV

## 4 Opatření pro snížení tepelných ztrát

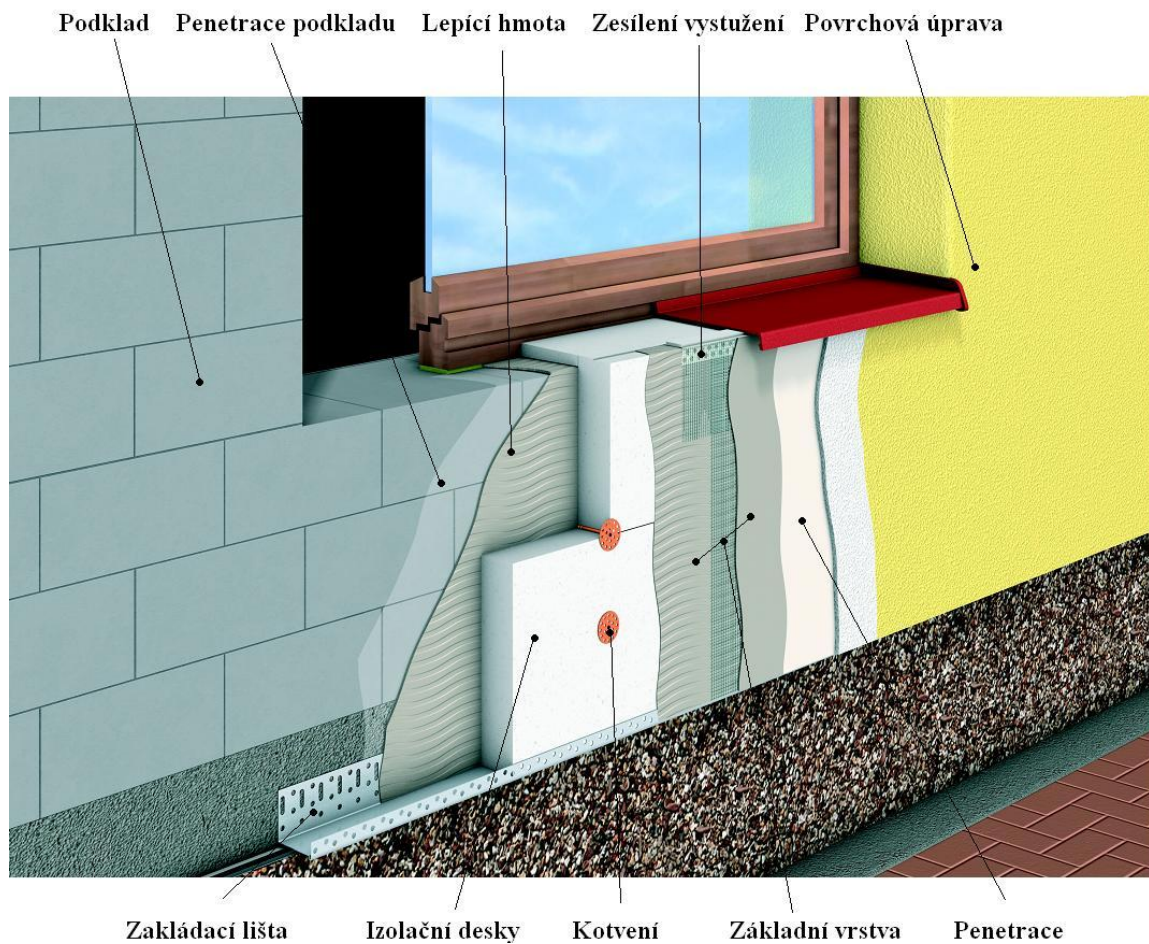
Množství spotřebovaného tepla je dáno především tepelnou ztrátou budovy. Teplo z budovy uniká dvojnásobným způsobem. V první řadě je to prostupem přes plášť budovy, tj. stěnami a okny a v druhém případě je to únik tepla se vzduchem při větrání. Co se týče výměny vzduchu, tak ta probíhá neustále, i pokud jsou okna zavřená. Je to způsobeno netěsnostmi budovy. Stejně tak nemůže být zabráněno průniku tepla obvodovým pláštěm budovy, lze ho však výrazně snížit.



Obrázek 4.1 Tepelné ztráty domu

### 4.1 Zateplení

V dnešní době jde o nejběžnější způsob snížení energetické náročnosti domu. Přesněji řečeno jde o snížení tepelných ztrát prostupem tepla. Mezi hlavní pozitiva patří jednak snížení nákladů na vytápění v zimě, tak i lepší chladicí efekt v létě. Dále se díky zateplení snižují negativní účinky tepelných mostů a promrzání obvodového zdiva, což se pozitivně promítne do prodloužení životnosti celé stavby. Dalším přínosem zateplení je snížení hlukové zátěže způsobené venkovním prostředím, což zvyšuje komfort bydlení. Zateplení se v zásadě dělí na vnější a vnitřní, přičemž používanější je vnější zateplení.



Obrázek 4.2 Ukázka zateplení [4]

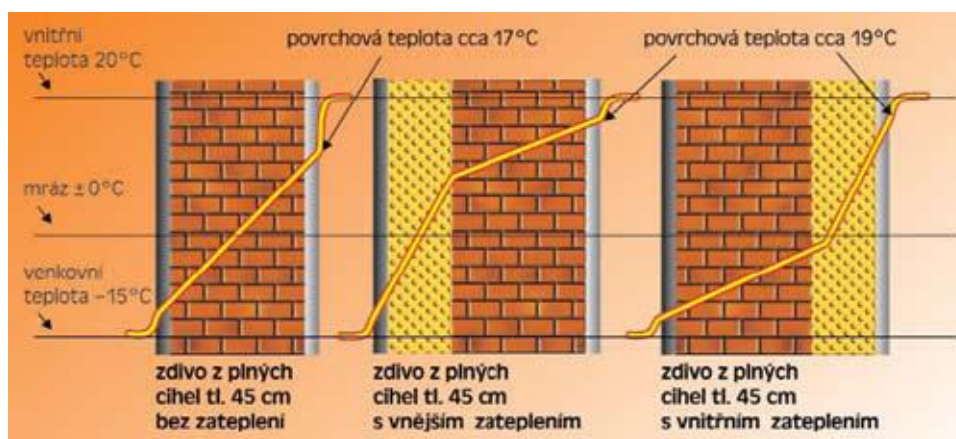
Tabulka 4.1 Vnější zateplení [3]

Vnější zateplení	
<b>Výhody:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zdivo je "v teple" a není tolik namáháno výkyvy teplot a povětrností</li> <li>• Zvýší se akumulární schopnost domu</li> <li>• Snáze se eliminuje vliv teplených mostů v konstrukci (okenní překlady, věnce, stropy aj.)</li> <li>• Riziko kondenzace vlhkosti ve zdivu je minimální, zvolíme-li dostatečnou tloušťku izolace</li> <li>• Budova získá novou fasádu = úspora nákladů na údržbu</li> <li>• Při instalaci se neruší pobyt osob uvnitř</li> </ul>
<b>Nevýhody:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potřeba lešení a prostoru okolo domu</li> <li>• Izolaci je potřeba provádět naráz v celé ploše stěn domu</li> <li>• Vyšší náklady</li> </ul>

Tabulka 4.2 Vnitřní zateplení [3]

Vnitřní zateplení	
<b>Výhody:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Možnost izolovat jen jednu místnost</li> <li>• Snadný přístup, bez lešení</li> <li>• Možnost instalovat bez ohledu na počasí</li> <li>• Snáze se provádí svépomocí</li> </ul>
<b>Nevýhody:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Riziko kondenzace vlhkosti ve stěnách domu</li> <li>• Riziko poškození nosné konstrukce</li> <li>• Riziko promrzání vnějšího zdiva</li> <li>• Riziko růstu plísní, zejména v oblasti tepelných mostů</li> <li>• Snížení akumulční schopnosti zdiva</li> <li>• Zmenšení plochy místností</li> </ul>

Při dostatečném zateplení stěn dochází ke zvýšení jejich vnitřní povrchové teploty. Čím více se tato teplota blíží teplotě udržované v místnosti, tím je pobyt v místnosti pro člověka příjemnější a zlepšuje se tak tepelná pohoda domu. Ve výsledku můžeme v dané místnosti udržovat nižší teplotu vzduchu, aniž bychom při tom pociťovali chlad. To vede ke snížení spotřeby energie, kdy např. snížení teploty o 1 °C představuje úsporu cca 6 %. [3]



Obrázek 4.3 Průběh teplot ve stěně a rosný bod [3]

## 4.2 Materiály tepelných izolací

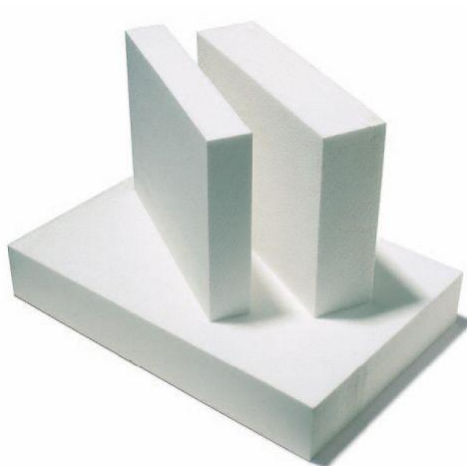
Z hlediska materiálu lze tepelné izolace rozdělit na pěnové materiály, minerální vláknité materiály, přírodní materiály a materiály vzniklé díky technologii aerogelu. [15]

### 4.2.1 Pěnové materiály

Mezi pěnové tepelně-izolační materiály patří polymerní pěny - polystyreny, polyuretany, PVC, PE, kaučuk, dále pěnové sklo či pryskyřice. Asi nejběžnějším materiálem je expandovaný (pěnový) polystyren (EPS). [15]

#### Pěnový polystyren EPS

Jedná se o produkt polymerace styrenu, který je následně zpěňován a nařezán do bloků, navíc zde dochází k přidání retardérů hoření pro zajištění samozhášivosti materiálu. EPS se vyrábí s pevností tlaku v hodnotách 50 až 250 kPa. Jeho objemová hmotnost se pohybuje od 20 do 60 kg/m<sup>3</sup>. Snáší teplotu asi do 80 °C a součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje kolem 0,04 W/m.K. Velkou výhodou je jeho nízká cena. [13, 15]



Obrázek 4.4 Pěnový polystyren [17]

Novějším typem EPS je **šedý polystyren**, jenž díky přísadě z grafitových nanočástic dosahuje daleko nižší objemové hmotnosti  $15 \text{ kg/m}^3$  a jeho součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje okolo  $0,032 \text{ W/m.K}$ , což znamená o 15-20 % lepší izolační účinek. Dalším rozdílem mezi bílým a šedým EPS je skutečnost, že u šedého je cca 90 % slunečního záření pohlceno a 10 % odraženo, u bílého je to obráceně. [13]



Obrázek 4.5 Šedý polystyren [18]

### Extrudovaný polystyren XPS

Tento druh polystyrenu je dodáván nejčastěji ve formě desek s polodrážkou nebo hranou. Díky uzavřeným pórům je nenasákavý a proto může být použit ve vlhkém prostředí a to zejména pro izolaci soklu, dále při izolování základových desek nebo ve skladbě střech s obráceným pořadím vrstev. Dosahuje velké pevnosti, ale je nutné jej chránit před UV zářením. Jeho objemová hmotnost bývá okolo  $30 \text{ kg/m}^3$ , snáší teplotu do  $90 \text{ °C}$  a jeho součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje kolem  $0,035 \text{ W/m.K}$ . [13, 15]



Obrázek 4.6 Extrudovaný polystyren [18]

### **Tvrdá polyuretanová pěna PUR**

Polyuretanová pěna existuje dvojího druhu – tvrdá a měkká. Měkká pěna je známá jako molitan, ve stavebnictví se využívá polyuretanová pěna tvrdá – zkratkou označovaná jako PUR pěna. Široké uplatnění má v detailech konstrukcí jako výplň a izolace spár apod. Lze ji využít i pro zateplení plošných konstrukcí, stropů, střech. Aplikuje se nástřikem nebo litím. Jelikož pěna na povrchu ulpívá, přizpůsobí se i složitě tvarovaným povrchům. Tato pěna obvykle žluté barvy je nenasákavá, snáší teplotu přibližně do 130 °C a její součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  se pohybuje od 0,033 do 0,045 W/m.K. [13, 16]

### **Polyisocyanurátová pěna PIR**

Materiál je tvořen kombinací uretanových a isokyanurátových vazeb. Jde o velmi podobný materiál jako polyuretan (PUR), PIR má ale obecně vyšší pevnost v tlaku (PUR 100 kPa, PIR 170 kPa) a menší tepelnou vodivost  $\lambda$ , která se pohybuje v rozmezí 0,021 až 0,023 W/m.K. Aplikovat se může jak litím, tak stříkáním na povrch či do dutin. [16]

### **Pěnové sklo**

Pěnové sklo je černý tvrdý materiál, který se vyrábí ze speciálního hlinitosilikátového skla, rozemletého na prášek a smíchaného s velmi jemným uhlíkovým prachem. Takto vzniklý materiál obsahuje drobné uzavřené bublinky a díky této struktuře je hmota zcela nehořlavá a parotěsná. Pěnové sklo se využívá především v energeticky úsporných či pasivních domech pro izolaci spodní stavby a jako izolace podlah nebo pojízdných a pochozích střech s velmi vysokým tlakovým namáháním v průmyslových provozech, občanských stavbách a obchodních domech. Širokému využití však brání vysoká cena. Součinitel tepelné vodivosti pěnového skla je 0,04 až 0,048 W/m.K. [13, 15]



*Obrázek 4.7 Izolační deska z pěnového skla [19]*

## 4.2.2 Minerální vláknité materiály

Do této oblasti patří minerální vlna a kamenná vlna, které se vyrábějí tavením hornin na vlákna a slisováním těchto vláken za přidání pojiva. Kamenná vlna vzniká tavením čediče, zatímco minerální vlna tavením křemene. Významnou předností minerálních tepelných izolací je jednak snesení vysokých teplot kolem 700 °C, tak i nízký difúzní odpor, a tím vysoká paropropustnost. Dům může dýchat, což konkrétně znamená, že se zejména případná zkondenzovaná vlhkost v obvodové zdi může odpařovat ven. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá v difúzně otevřených konstrukcích nebo u dvouplášťových střech. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  tohoto materiálu se pohybuje od 0,035 do 0,06 W/m.K. [13, 15]



Obrázek 4.8 Minerální a kamenná vlna [21],[20]

## 4.2.3 Přírodní materiály

### Konopí

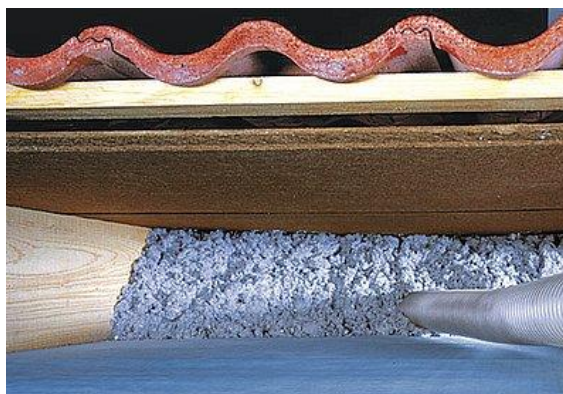
Konopí patří mezi velmi využívané technické rostliny. Z vláken této rostliny jsou vyráběny konstrukční desky i tepelně-izolační materiály ve formě desek či rouna. Pro izolaci těžce přístupných nebo nepravidelných míst je používána konopná foukaná sypká izolace. Konopná izolace má podobné vlastnosti jako minerální vlna ( $\lambda = 0,04$  W/m.K). Uchovává si dlouhodobě své vlastnosti, je pevná, odolná proti vlhkosti, nehrozí ani napadení škůdci či hnilobou. [15]



Obrázek 4.9 Desky z konopných vláken [22]

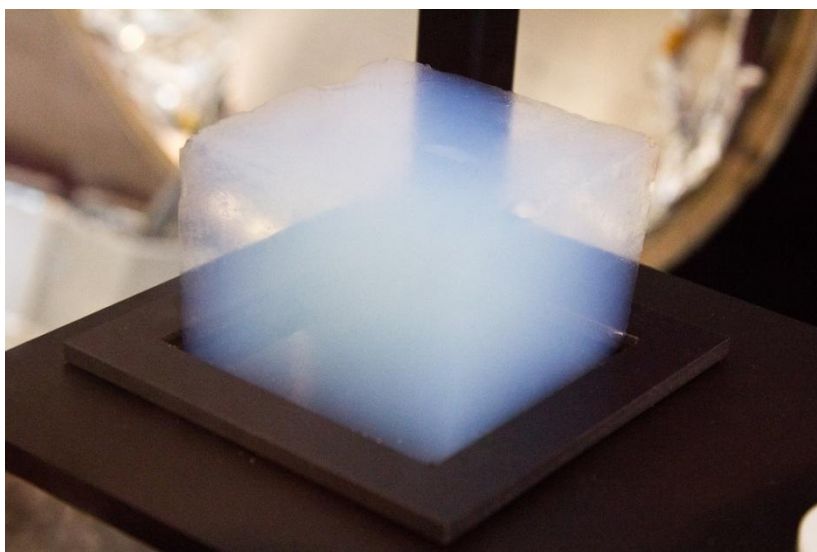
## Celulóza

Celulóza je roztrhaný recyklovaný novinový papír, který je smíchán s boritany, které zajišťují jeho odolnost proti škůdcům, plísním, hnilobám a ohni. Tato směs je následně rozemleta a je aplikována foukáním i do obtížněji dostupných dutin. Celulózová izolace se stejně jako ostatní přírodní materiály chová v konstrukci jako savý papír, to znamená, že na sebe naváže vlhkost ze zdiva a rovnoměrně ji předá dál. Tento typ izolace je zatím více využíván v zahraničí, a to především v dřevostavbách a obecně v pasivních domech. Součinitel tepelné vodivosti je přibližně  $0,039 \text{ W/m.K.}$  [15]



Obrázek 4.10 Aplikace celulózové izolace [15]

#### 4.2.4 Aerogel



Obrázek 4.11 Krychle z aerogelu [10]

Aerogel byl objeven ve 30. letech 20. století díky vědcům z americké Stanford University. Ti metodou superkritického vysoušení vysušili kapalným gel tak, aby neztratil svůj tvar. Z počátku byla však sériová výroba kvůli nedostatečným technologiím obtížná. To se změnilo díky kosmickému výzkumu. Vědcům se podařilo zjednodušit a zefektivnit metodu superkritického vysoušení a tím nastartovat následný rychlý rozvoj tohoto materiálu.[7]

Aerogel se vyrábí z gelu oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ) při vysokých tlacích a teplotách s přídavkem katalyzátorů. Po odstranění veškeré kapalně složky z gelu vznikne těleso s miliardami skořápek z křemíku, které zaručuje celé struktuře odolnost proti působení tlaku. Celý tento proces se nazývá superkritické vysoušení a jedině během tohoto děje nedojde při sušení křemičitého gelu k deformaci a zhroutilí křemíkových skořepin.[8]

Díky tomu vzniká pevná látka s nejnižší známou hustotou. Jeden krychlový metr nejnovější a nejlehčí verze tohoto materiálu váží pouhých 1,9 gramů. Je také nazýván „pevným kouřem“, neboť až 99,8 % jeho objemu tvoří vzduch. Zbývající 0,2 % tvoří oxid křemičitý. Z tohoto poměru vyplývají jeho naprosto jedinečné vlastnosti. Kromě nejčastěji používaných křemičitých aerogelů byly však vyrobeny také aerogely na bázi uhlíku, hliníku, chrómu, zinku, cínu a zkoumají se možnosti využití méně obvyklých prvků jako např. tantalu či niobu. [9]

tabulka 4.3 Tepelné vlastnosti aerogelu [9]

Tepelné vlastnosti aerogelu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Výjimečně nízký součinitel tepelné vodivosti <math>\lambda = 0,013</math> až <math>0,020</math> W/m.K (hodnoty naprosto klidného vzduchu jsou <math>\lambda = 0,026</math> W/m.K)</li> <li>• Látka s nejnižší známou hustotou (až 99,8 % tvoří vzduch)</li> <li>• Jediný materiál s pórovitostí přesahující 95 %</li> <li>• Nehořlavý, tvarově stabilní (teplota tavení kolem <math>1200</math> °C)</li> <li>• Difuzně otevřený díky otevřeným pórům mohou plyny volně procházet</li> <li>• Použitelnost v teplotách rozmezí (<math>-100</math> °C až <math>+200</math> °C)</li> <li>• Propustnost slunečního záření v rozsahu <math>\tau = 0,85</math> až <math>0,95</math></li> </ul>

Na trhu se vyskytuje několik výrobců aerogelu, například společnosti Aspen Aerogels, která vyrábí aerogel v různých kategoriích, které reprezentují jejich vlastnosti, např:

### Spaceloft

Spaceloft je flexibilní, nanoporézní, aerogelový tepelně izolační materiál, který při malé spotřebě místa dokáže značně snížit energetické ztráty a zároveň jen nepatrně zmenšit interiér budov. Použití nalézá všude tam, kde pro nedostatek prostoru nelze dosáhnout požadovanou tepelnou izolaci jiným způsobem. Například jako izolace parapetů, ostění, roletových schránek, překladů, skrytých dešťových svodů, ale také jako celoplošná izolace u historických objektů a rekonstrukcí podlah.[11]



Obrázek 4.12 Izolace Spaceloft [11]

Tabulka 4.4 Výhody izolace Spaceloft [11]

Výhody izolace Spaceloft
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Výborná tepelná izolace – Až pětinasobně lepší tepelná izolace než běžné tepelně izolační výrobky (tepelná vodivost <math>\lambda = 0,026 \text{ W/m.K}</math>)</li> <li>• Zredukováná tloušťka na profil – Rovnoměrná tepelná odolnost na zlomku tloušťky (10,20,...,60 mm)</li> <li>• Jednoduchá a rychlá instalace – Snadněji stříhatelný a formovatelný do požadovaných tvarů, těsných zakřivení a prostorů s omezeným přístupem</li> <li>• Pevná struktura – Materiál je jemný a ohebný, ale s výborným odpružením. Spaceloft se vrací do původního stavu i po stažení 55 kPa</li> <li>• Hydrofobní, ale prodyšný - Spaceloft odpuzuje vodu, ale propouští vodní páru</li> </ul>

## Pyrogel XT

Pyrogel XT je izolační podložka pro použití při vysokých teplotách, vyrobená z aerogelu silika, s vyztuženou strukturou vláken. Složení umožňuje vynikající protipožární využití. Je vhodný pro izolaci potrubí, zásobníků, nádrží a pro zvláštní použití.[11]

Tabulka 4.5 Vlastnosti Pyrogelu XT [11]

Vlastnosti Pyrogelu XT
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tepelná vodivost <math>\lambda = 0,015 \text{ W/m.K}</math></li><li>• Tloušťka 5, 10 mm</li><li>• Použitelné teploty až <math>+650 \text{ °C}</math></li><li>• Hydrofobní</li></ul>



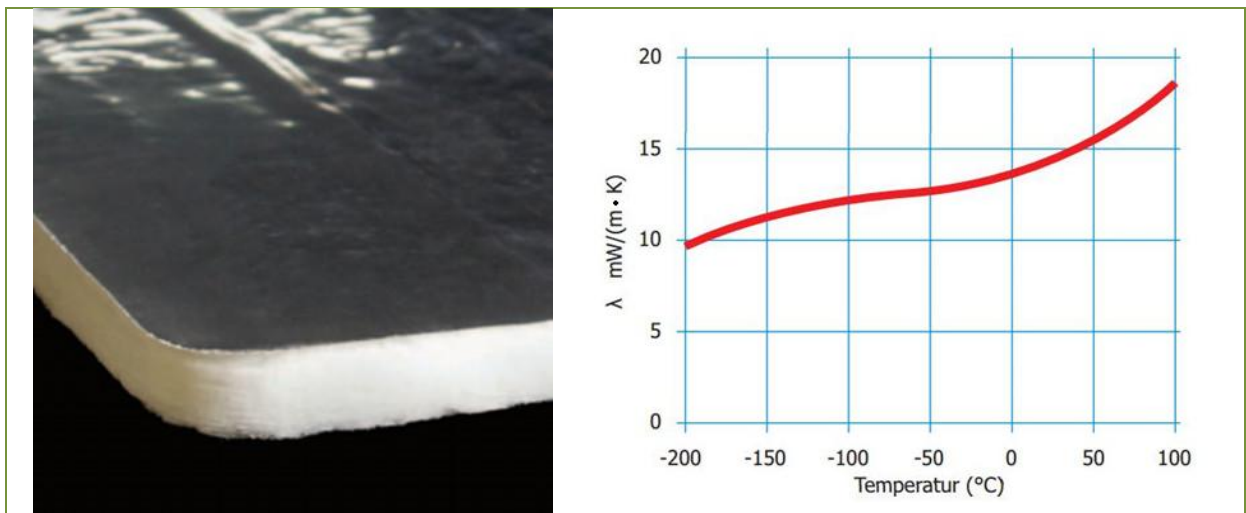
Obrázek 4.13 Izolace Pyrogel XT a závislost tepelné vodivosti na zvyšující se teplotě[11]

## Cryogel Z

Cryogel Z je flexibilní aerogelová podložka s integrovanou parotěsnou zábranou. Byl vyvinut, aby nabídl maximální izolační vlastnosti při minimální hmotnosti a tloušťce, jakož i při nulové propustnosti vodních par.[11]

Tabulka 4.6 Vlastnosti Cryogelu Z [11]

Vlastnosti Cryogelu Z
• Tepelná vodivost $\lambda = 0,015 \text{ W/m.K}$
• Tloušťka 5, 10 mm
• Použitelné teploty $-200 \text{ }^\circ\text{C}$ až $+90 \text{ }^\circ\text{C}$
• Hydrofobní



Obrázek 4.14 Izolace Cryogel Z a závislost tepelné vodivosti na teplotě [11]

### 4.3 Okna s trojitým zasklením

Trojité zasklení má díky svým vysokým tepelně izolačním hodnotám jen minimální tepelné ztráty, které výraznou měrou přispívají k vysokému tepelnému komfortu. U trojitého izolačního skla mohou být také prostory mezi jednotlivými vrstvami vyplněny ušlechtilými plyny, které vedou teplo hůře než vzduch. Mezi tyto plyny patří Argon a Krypton. Díky tomu proniká až k vnější vrstvě skla jen minimální množství tepla a ještě mnohem méně ho uniká ven. Zároveň si vnitřní tabule skla udržuje odpovídající vyšší teplotu.[5]

Při použití trojitého skla byla naměřena při venkovní teplotě  $-10\text{ °C}$  a pokojové teplotě  $20\text{ °C}$  vnitřní povrchová teplota skla  $17,7\text{ °C}$ . Což je oproti dvojitému sklu, jehož vnitřní povrchová teplota dosahovala jen  $9,5\text{ °C}$  rozdíl  $8,2\text{ °C}$ . Malý rozdíl mezi vnitřní povrchovou teplotou skla a pokojovou teplotou významně přispívá k pohodě a zdraví obyvatel domu. Nevzniká zde žádné nepříjemné proudění chladného vzduchu a na okně se nesráží kondenzační voda ani nevytváří námraza.[5]



obrázek 4.15 Okno s trojitým zasklením [6]

Pro dnešní okna již platí limity definované v předpisu pro úsporu energie (EnEV 2009), a sice maximální hodnota  $U_w = 1,3\text{ W/m}^2\text{K}$ . Do budoucna se již hovoří o hodnotách  $U_w < 0,95\text{ W/m}^2\text{K}$ . [5]

Výrobci oken nabízejí celou řadu ať už plastových, hliníkových nebo dřevěných oken. U nich jsou uvedeny tři parametry prostupu tepla:

*Tabulka 4.7 Parametry prostupu tepla u oken*

Značení	Název	Běžná hodnota W/m <sup>2</sup> K
U <sub>f</sub>	Součinitel prostupu tepla skrze rám okna	1
U <sub>g</sub>	Součinitel prostupu tepla zasklení	0,6
U <sub>w</sub>	Celkový součinitel prostupu tepla	0,8

Trojité izolační skla jsou již dlouhou dobu standardem u pasivních domů. Trojitě zasklení ale přináší i pro konvenční novostavby nebo renovace několik předností.[5]

*Tabulka 4.8 Výhody trojitého zasklení [5]*

Výhody trojitého zasklení
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vynikající hodnota tepelné prostupnosti zasklení: U<sub>g</sub> až 0,4 W/m<sup>2</sup>K</li> <li>• Snížení nákladů na vytápění</li> <li>• Vyšší komfort bydlení (teplý povrch zasklení v interiéru, žádné vzduchové proudy)</li> <li>• Optimální využití solární energie</li> <li>• Vyšší stupeň propustnosti světla zaručuje vstup přirozeného světla do obytných prostor</li> <li>• Žádný viditelný rozdíl oproti dvojnásobnému zasklení</li> </ul>

### 4.3.1 Dřevěná okna

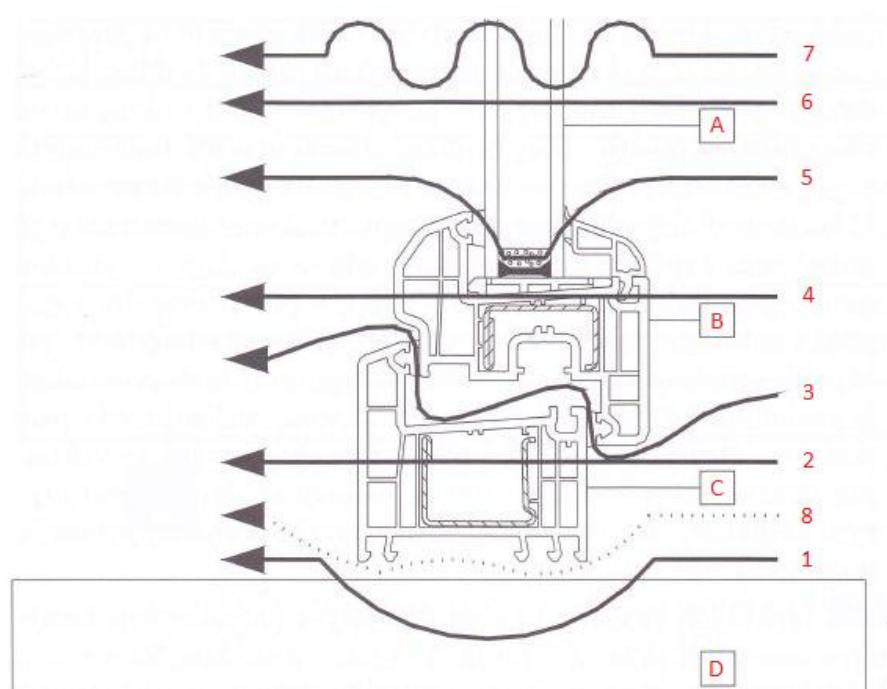


*Obrázek 4.16 Řez dřevěným oknem s trojitým zasklením[12]*

Dřevěná okna jsou oproti plastovým nebo hliníkovým oknům brány jako dražší a exkluzivnější materiál. Profil moderního okna je slepen z několika vrstev dřeva, čímž se zamezí případnému kroucení, dřevo „nepracuje“. K jejich výrobě je nejčastěji použito dřeva smrku, borovice, modřínu či stále více populární meranti, čili malajského dubu. Obecně platí, že čím zvolíte okno z tvrdšího dřeva (příčemž smrk je nejměkčí a dub nejtvrďší) tím delší je jeho životnost. [12]

Výhodou těchto oken je tudíž použití přirozeného materiálu, který je vzhledově lepší, než ostatní dva typy, ale to za cenu vyšší ceny a hlavně potřeby minimálně každoroční péče. Ta spočívá v promazání kování silikonovým olejem a ošetření vnější lazury olejem nebo jinou látkou doporučenou výrobcem. Dřevěná okna se také nehodí zasazovat do trvale vlhkého zdiva, kvůli vzniku plísní a kroucení. Také se nehodí do prostředí s vyššími povětrnostními podmínkami, kdy s sebou vítr nese prach či písek. Ten je schopen během několika let úplně obrousit a zničit nátěr dřeva [12]

### 4.3.2 Plastová okna



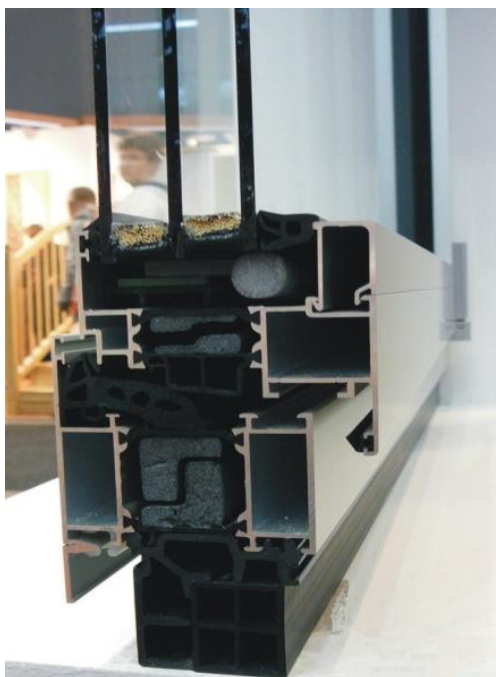
- |          |  |
|----------|--|
| <b>A</b> | Zasklení   |
| <b>B</b> | Okenní křídlo  |
| <b>C</b> | Okenní rám   |
| <b>D</b> | Zdivo  |
| <b>1</b> | Únik tepla tepelnou vazbou (tepelným mostem) ostěním okna  |
| <b>2</b> | Únik tepla prostupem skrz okenní rám                       |
| <b>3</b> | Únik tepla infiltrací mezi okenním rámem a okenním křídlem |
| <b>4</b> | Únik tepla prostupem skrz okenní křídlo                    |
| <b>5</b> | Únik tepla tepelným mostem distančním rámečkem mezi skly   |
| <b>6</b> | Únik tepla prostupem skrz zasklení                         |
| <b>7</b> | Únik tepla radiací skrz zasklení                           |
| <b>8</b> | Únik tepla infiltrací mezi ostěním a okenním rámem         |

Obrázek 4.17 Úniky tepla oknem [13]

Díky své nízké ceně a velké životnosti jsou dnes plastová okna nejrozšířenějším typem oken. Na rozdíl od dřevěných oken není jejich profil plný, ale skládá se z několika od sebe oddělených komor. Výrobci uvádí, že čím větší je počet těchto komor, tím menší je tepelná prostupnost rámu. V prostředních komorách se ještě skrývá výztuha, díky níž mají plastová okna pevnost srovnatelnou s okny dřevěnými. Tato výztuha je většinou ocelová, někteří výrobci přecházejí v poslední době na sklolamináty, které disponují stejnou tuhostí jako ocel, ale jsou mnohonásobně méně tepelně vodivé. [12]

Plastová okna jsou použitelná do všech podmínek, výrobci dnes dodávají i profily, které jsou na pohled k nerozeznání od oken dřevěných. Docilují toho jednak atypickými tvary oken, ale i fóliemi s „dřevěnými“ dekory. Jediným omezením plastových oken je jejich větší tepelná rozpínavost. Zde může nastat problém se zavíráním při umísťování oken s tmavými dekory na jižní stranu budovy.[12]

### 4.3.3 hliníková okna



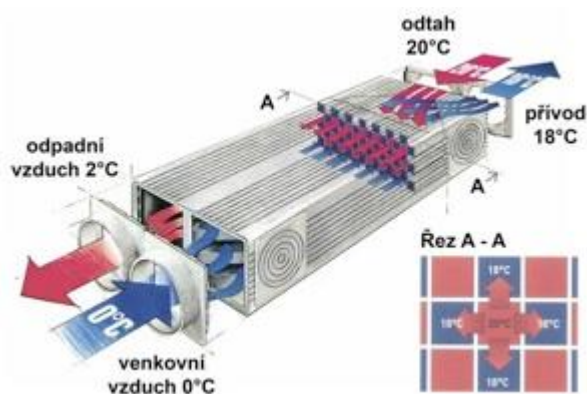
*Obrázek 4.18 Hliníkové okno se zvýšenou účinností přerušení tepelného mostu [14]*

Hlavní výhodou hliníkových oken oproti plastovým a dřevěným je velká statická odolnost a únosnost, která znamená možnost zhotovení oken a dveří takových rozměrů, které při použití plastu ani dřeva nejsou možné. Dále je to nízká hmotnost, která slouží k vytvoření rozsáhlých sestav, které jsou samonosné či případně nesené štíhlou nosnou konstrukcí z oceli nebo jiného vhodného materiálu. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a také to, že tepelně izolační vlastnosti hliníkových oken jsou horší než u dřevěných nebo plastových oken. Vzhledem k těmto vlastnostem nacházejí hliníková okna uplatnění u velkých exkluzivních stavebních celků a především u prosklených fasád. Jejich podíl na trhu tvoří přibližně 10 % celkového objemu. [14]

## 4.4 Větrání s rekuperací tepla

Systém větrání s rekuperací tepla slouží k zajištění optimální výměny vzduchu v objektu a zároveň minimalizaci tepelných ztrát při větrání. Tepelné ztráty větráním u běžných rodinných domů, kde je větrání zajištěno systémem mikroventilace nebo okenních štěrbin, tvoří až 40 % celkové ztráty objektu. [23, 24]

K rekuperaci tepelné energie dochází v rekuperačním výměníku, který je zabudován uvnitř vzduchotechnické jednotky. Do tohoto výměníku z jedné strany proudí přiváděný venkovní čerstvý vzduch a z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Oba proudy vzduchu jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo ke zpětnému průniku pachů z odváděného do přivodního vzduchu. Přes stěny kanálků teplo z odpadního vzduchu přechází do přivodního, který je tak předehříván. Účinnost zpětného získávání tepla neboli účinnost rekuperace se u běžně dostupných vzduchotechnických zařízení pohybuje od 30 do 90 %. [23, 24]

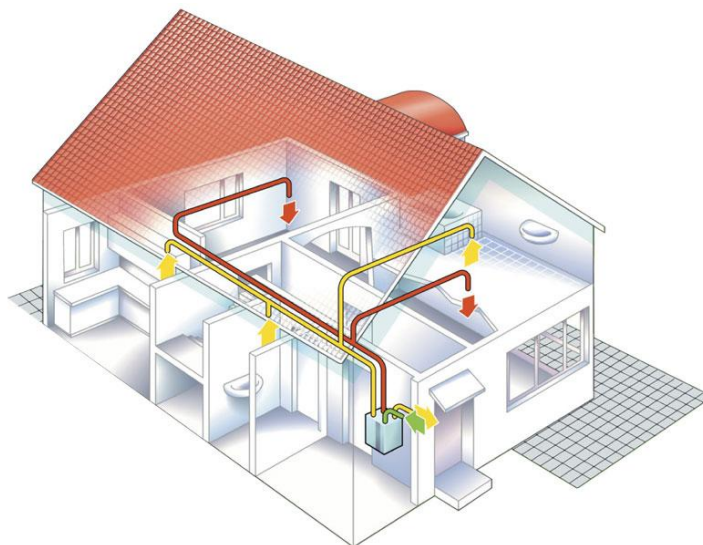


Obrázek 4.19 Výměník rekuperační jednotky[27]

Kvalitní rekuperační zařízení je schopno i při velkých mrazech zajistit, aby do budovy proudil předehřátý vzduch o minimální teplotě 18 °C. Rekuperační výměníky lze využít i v klimatizovaných objektech. Zde dochází v letních měsících k "rekuperaci chladu", kdy je přiváděný teplý vzduch ochlazen odváděným, klimatizací vychlazeným vzduchem.[24]

### 4.4.1 Centrální rekuperační jednotka

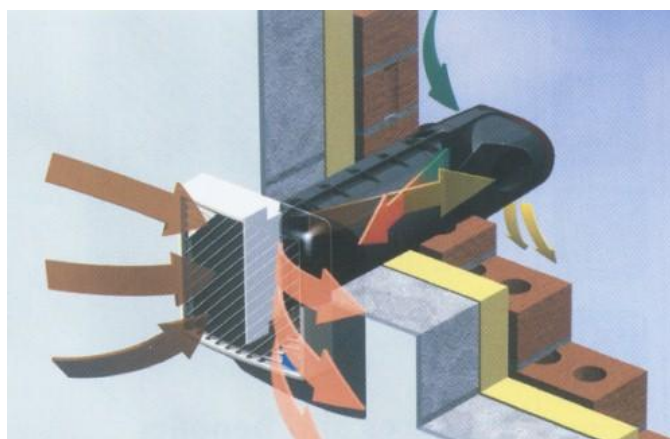
Centrální rekuperační jednotky jsou schopné zajistit řízené větrání zároveň ve více místnostech nebo i v celém domě. Jedním systémem vzduchovodů přivádějí čerstvý vzduch do obytných místností, například ložnice, dětské pokoje a obývací pokoje. Druhým systémem vzduchovodů z místností odvádějí použitý vzduch s vysokým zatížením vlhkostí a pachy (jako jsou např. koupelny, WC nebo kuchyně) ven z domu. Centrální rekuperace jsou vhodné především do novostaveb. Hlavním důvodem je, že rozvod vzduchotechnického potrubí bývá plánován již před stavbou domu a ve stávajících domech je jeho plánování a instalace komplikovanější. Centrální rekuperační jednotky mají velmi úsporný a efektivní provoz, nízkou hlučnost a vysokou účinnost rekuperace až 90 %. [26]



Obrázek 4.20 Centrální rekuperační jednotka [28]

#### 4.4.2 Lokální rekuperační jednotka

Tato jednotka je vhodná pro použití do jednotlivých místností. Zejména je vhodná pro rekonstrukce objektů, kde vzniká potřeba řešit vzniklý problém s vlhkostí. Dochází k tomu zejména po výměně starých netěsných oken za okna těsná. Výhoda lokální rekuperační jednotky je jednoznačně v jednoduchosti instalace, neboť odpadají veškeré vzduchotechnické rozvody, protože jde většinou o jednotky umístěné přímo v obvodové zdi objektu. Nevýhodou oproti centrální rekuperační jednotce je o něco nižší účinnost a vyšší hluk v místnosti. [25]



Obrázek 4.21 Lokální rekuperační jednotka [25]

## 5 Výběr konkrétních opatření

Pro snížení tepelných ztrát byla zvolena výměna oken, zateplení nezatepleného obvodového zdiva polystyrenem a navýšení šířky polystyrenu tam, kde už je umístěn. Taky umístění lokální rekuperační jednotky do největší a nejobytnější místnosti.

### 5.1 Zateplení obvodového zdiva

K porovnání byly pro zateplení použity 3 typy polystyrenu a to fasádní polystyren Styrotrade EPS 70 F s hodnotou  $\lambda = 0,039 \text{ W/m.K}$ , fasádní polystyren Styrotrade EPS 100 F s hodnotou  $\lambda = 0,037 \text{ W/m.K}$  a šedý fasádní polystyren Styrotherm Plus 70 s hodnotou  $\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}$ . Ceny za  $\text{m}^2$  pro jednotlivé polystyreny a různé šířky jsou uvedeny v tabulce 5.2. Dále je v tabulce 5.1 uvedena cena dalších potřebných materiálů pro provedení zateplení.

Zateplena byla celá přední stěna. U stěn, které to umožňovali, byla navýšena šířka polystyrenu na 150 mm. Některé stěny však nešli zateplit na tuto šířku, konkrétně jsou to boční stěna v průjezdu, kde by šířka 150 mm polystyrenu zabraňovala plnému otevření vrat tak, aby nebyl polystyren poškozen. Dále zateplení stěny mezi ložnicí a spíží zůstalo nezměněno na šířce 50 mm a tato šířka byla použita v druhé části této stěny u schodů. Výsledná plocha pro zateplení odpovídá přibližně  $170 \text{ m}^2$ .

Tabulka 5.1 Určení celkové ceny za vedlejší materiál

Typ	Cena hmoždinek	Cena zátek	Cena síťoviny (perlinky)	Cena za lepidlo	Cena za montážní pěnu	Celková cena za vedlejší materiál
	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč
Styrotrade EPS 70 F	4232	4356	3060	9792	462	21902
Styrotrade EPS 100 F	4232	4356	3060	9792	462	21902
Styrotherm Plus 70	4232	4800	3060	10588	462	23142

V tabulce 5.2 bylo provedeno vyčíslení celkových nákladů na zateplení všech tří zmiňovaných typů polystyrenu. Tyto celkové náklady odpovídají stěnám, jež jsou zatepleny a pokryty vrstvou lepidla se síťovinou a na nichž ještě není nanесena penetrace a fasáda. Cena vyhotovení fasády by byla vyšší o 28500 Kč. V této ceně je započítána cena penetrace, cena fasádní omítky a cena práce.

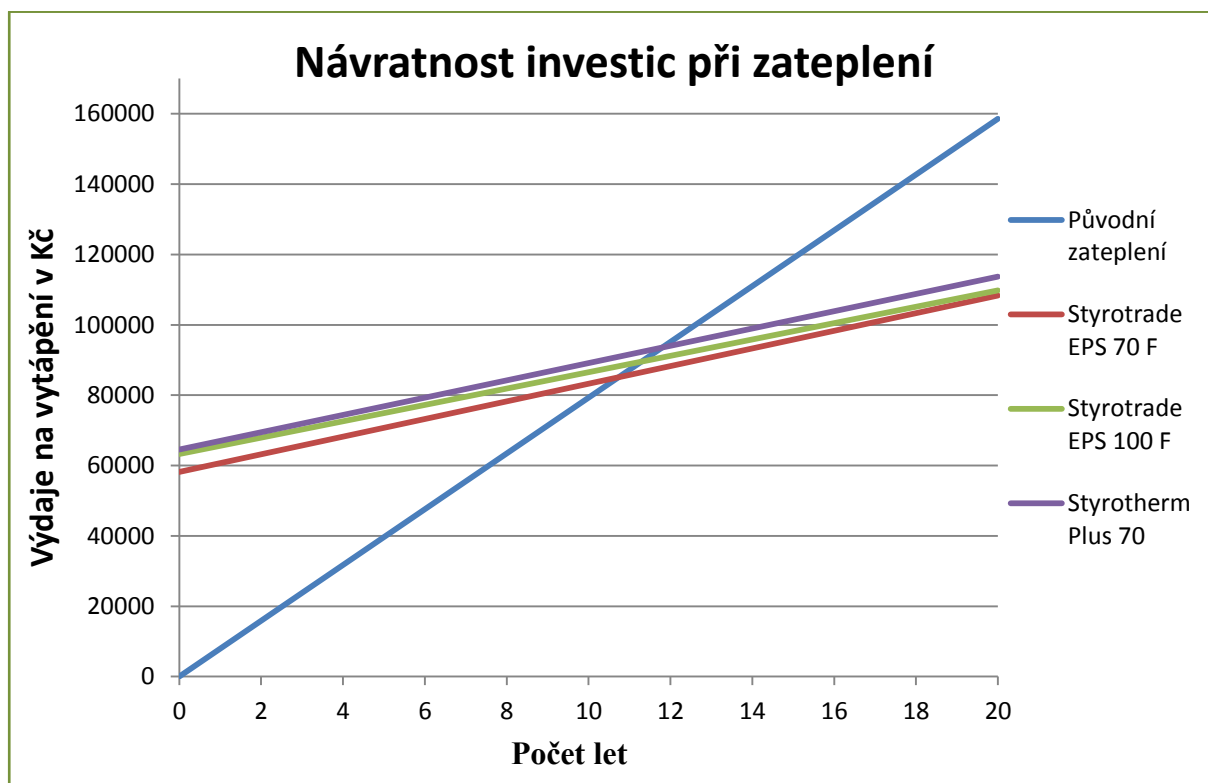
Tabulka 5.2 Určení celkových nákladů za zateplení

Typ	Potřebné množství	Cena za 1m <sup>2</sup>	Cena za polystyren	Cena za vedlejší materiál	Cena za provedení prací	Celkové náklady
	m <sup>2</sup>	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč
<b>Styrotrade EPS 70 F</b>						
150 mm	60	139	8340			
100 mm	90	93	8370			
50 mm	20	46	920			
Celkem			17630	21902	18700	58232
<b>Styrotrade EPS 100 F</b>						
150 mm	60	179	10740			
100 mm	90	119	10710			
50 mm	20	60	1200			
Celkem			22650	21902	18700	63252
<b>Styrotherm Plus 70</b>						
150 mm	60	179	10740			
100 mm	90	120	10800			
50 mm	20	60	1200			
Celkem			22740	23142	18700	64582

V tabulce 5.3 je uvedeno vyčíslení návratnosti zateplení pro dané typy polystyrenu. Z výsledných hodnot plyne, že nejekonomičtější se jeví použití fasádního polystyrenu Styrotrade EPS 70 F, jehož návratnost investic je 13,4 roku. U zbylých dvou je návratnost investic přibližně o rok delší.

Tabulka 5.3 Určení návratnosti investic zateplení

Typ zateplení	Tepelná ztráta	Úspora			Celkové náklady	Návratnost investice
	W	W	kWh/rok	Kč/rok	Kč	Počet let
Původní zateplení	2845	-	-	-	-	-
Styrotrade EPS 70 F	900	1945	4176	4335	58232	13,4
Styrotrade EPS 100 F	874	1971	4232	4393	63252	14,4
Styrotherm Plus 70	805	2040	4381	4547	64582	14,2



Obrázek 5.1 Návratnost investic při zateplení jednotlivými typy polystyrenu

## 5.2 Výměna oken

Dalším krokem ke snížení tepelné ztráty je výměna starých dřevěných oken za novější okna s nižší hodnotou prostupu tepla. K porovnání byly vybrány původní okna a 4 typy dřevěných oken od výrobce DARE EUROOKNA. Materiál okna byl zvolen meranti, jenž má o 150 % vyšší životnost oproti smrku, zatímco cena je jen o 25 % vyšší. Vlastnosti a zhodnocení oken jsou uvedeny v tabulce 5.5.

Zvláštní pozornost si zde zaslouží velké okno v kuchyni s rozměry 2250×2250 mm, které je umístěno na jihozápad. Při výměně tohoto okna musíme vzít v potaz to, že trojitě zasklení tohoto okna sice v zimě a létě izoluje lépe, ale na jaře a na podzim v době, kdy se objekt už nevytápí, brání prostupu tepla dovnitř. Dalším důležitým faktorem je prostupnost světla a z důvodu rosení povrchová teplota vnitřního skla.

Po zhodnocení těchto faktorů je doporučeno umístit dřevěné eurookno profil IV78 s trojsklem, protože nižší tepelné ztráty v zimě a lepší izolace v létě převyšují tepelné zisky na jaře a na podzim. Další výhodou je vyšší teplota vnitřního skla v zimě a tudíž vyšší ochrana proti rosení. Případný nedostatek tepla na jaře a na podzim, kdy ještě není v provozu kotel, lze vyřešit použitím krbu, který je v místnosti.

Tabulka 5.4 Výpočet pořizovacích nákladů zvolených oken

Typ okna	Cena za 7 oken s rozměry 1200×1650 mm	Cena za okno s rozměry 2250×2250 mm	Cena za okno s rozměry 800×900 mm	Cena za okno s rozměry 600×900 mm	Cena za provedení prací	Celkové náklady
	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč	Kč
Dřevěné eurookno profil IV92 s trojsklem	135520	37115	6779	5081	23200	<b>207695</b>
Dřevěné eurookno profil IV78 s trojsklem	106735	29262	5315	3982	23200	<b>168494</b>
Dřevěné eurookno profil IV78 s dvojsklem	103822	28154	5170	3875	23200	<b>164221</b>
Dřevěné eurookno profil IV68 s dvojsklem	90536	24335	4500	3371	23200	<b>145942</b>

Tabulka 5.5 Určení návratnosti investic zvolených oken

Typ okna	Součinitel prostupu tepla $U_w$	Tepelná ztráta	Úspora			Celkové náklady	Návratnost investice
	W/m <sup>2</sup> .K	W	W	kWh/rok	Kč/rok	Kč	Počet let
Původní okna	2,4	1389	-	-	-	-	-
Dřevěné eurookno profil IV92 s trojsklem	0,7	405	984	2113	2193	207695	<b>95</b>
Dřevěné eurookno profil IV78 s trojsklem	0,93	538	851	1827	1896	168494	<b>89</b>
Dřevěné eurookno profil IV78 s dvojsklem	1,19	689	700	1503	1560	164221	<b>105</b>
Dřevěné eurookno profil IV68 s dvojsklem	1,5	868	521	1119	1162	145942	<b>126</b>

Vzhledem k dlouhé době návratnosti investic, která přesahuje dvojnásobně životnost oken, nemá toto kritérium takovou důležitost. Pro variantu B je navíc návratnost investice 5× vyšší, než jsou zde uvedené hodnoty. I tak lze vyzorovat, že nejekonomičtější se jeví použití dřevěných eurooken s profilem IV78 s izolačním trojsklem. Jejich pořizovací cena je oproti stejnému profilu IV 78 s dvojsklem vyšší jen o přibližně 3 %, zatímco úspora je vyšší o 22 %.

### 5.3 Použití rekuperační jednotky

Umístění lokální rekuperační jednotky poslouží hned třemi způsoby. Zejména je to úspora tepla v topném období a ochlazování pobytového prostoru v létě. Další výhodou je odvod použitého vzduchu mimo budovu a nahrazení jej čerstvým vzduchem, který je díky filtrům zbaven prachů a alergenů. Rekuperační jednotka je vhodné řešení při výměně oken za nová, těsná, která zabraňují přístupu vzduchu do místnosti a odvodu vlhkosti směrem ven z budovy.

Pro umístění lokální rekuperační jednotky byla vybrána kuchyně, jež je největší místností v domě a zároveň se v ní pohybuje přes den nejvíce lidí. Tato místnost je navíc spojena s obývacím pokojem, což ještě zvyšuje prostor, ve kterém bude probíhat výměna vzduchu. Výměna vzduchu by proto měla být přibližně 160 m<sup>3</sup>/h.

Vybrána proto byla lokální rekuperační jednotka HR300. Tato jednotka je schopna vyměnit až 300 m<sup>3</sup>/h při maximálním výkonu. Má tři režimy provozu a to snížený (75 m<sup>3</sup>/h, 37 dBA), provozní (210 m<sup>3</sup>/h, 40 dBA) a zvýšený (300 m<sup>3</sup>/h, 44 dBA). Účinnost rekuperace tepla dosahuje 70 %. K této jednotce budou navíc dokoupeny časový spínač, čidlo vlhkosti a prodlužovací nástavec. Ten je zapotřebí z důvodu, že tato jednotka se umísťuje do zdi o tloušťce do 315 mm, zatímco s nástavcem do 650 mm. Stěna v místě, kde chceme jednotku umístit má i se zateplením 550 mm. Celková cena rekuperační jednotky i s příslušenstvím a montáží je uvedena v tabulce 5.6, ceny jsou uvedeny dle ceníku od firmy SVP solar [32].

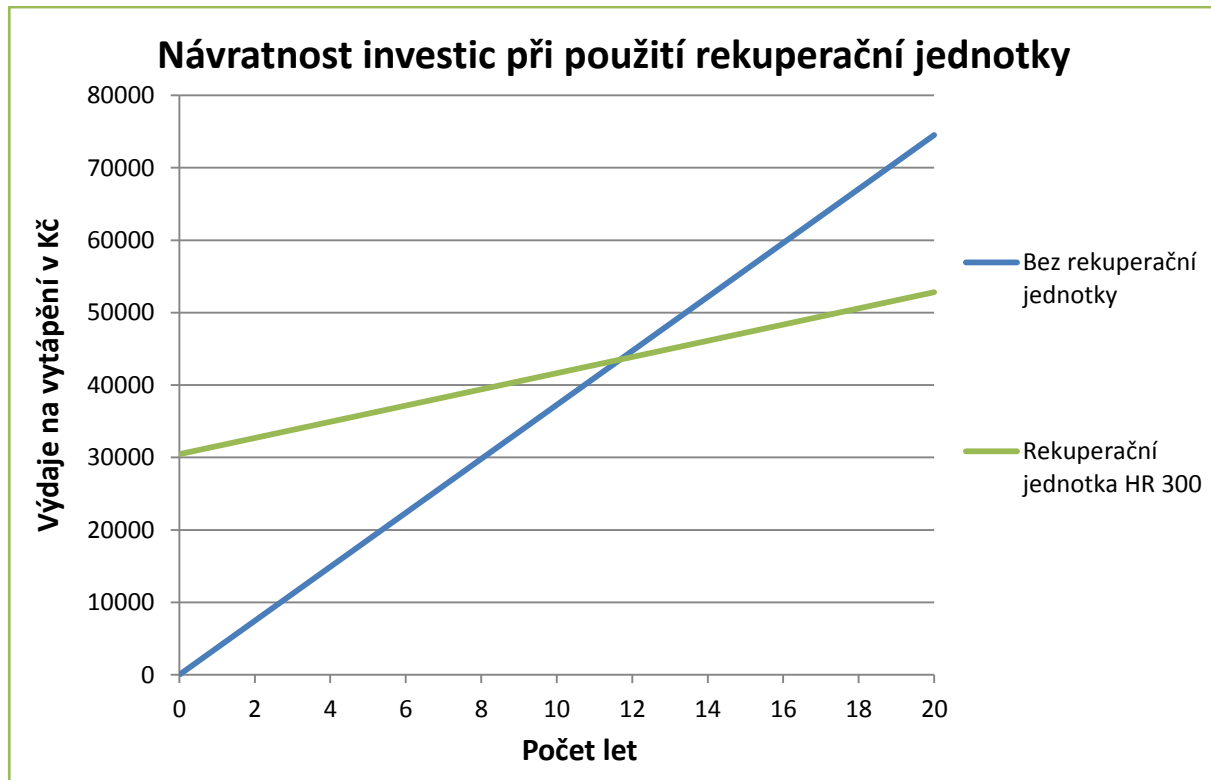
Tabulka 5.6 Určení celkové ceny za rekuperační jednotku HR 300

Součást	Rekuperační jednotka HR 300	Časový spínač doběhu TIM	Čidlo vlhkosti HCD	Prodlužovací nástavec EXT300	Cena za montáž	Cena celkem
Cena v Kč	14845	2335	2493	2505	1000	23178

V tabulce 5.7 je provedeno vyčíslení návratnosti nákladů při použití rekuperační jednotky. K celkovým nákladům je ještě započtena výměna filtrů, které budou měněny každé 4 měsíce. V průběhu 20 let bude stát cena filtrů 7260 Kč.

Tabulka 5.7 Vyčíslení návratnosti investice pro rekuperační jednotku HR 300

Typ	Tepelná ztráta	Úspora			Celkové náklady	Návratnost investice
	W	W	kWh/rok	Kč/rok	Kč	Počet let
Bez rekuperační jednotky	1672	-	-	-	-	-
Rekuperační jednotka HR 300	502	1170	2512	2607	30438	11,7



Obrázek 5.2 Návratnost investic při použití rekuperační jednotky

## 5.4 Shrnutí použitých opatření pro úsporu tepelných ztrát

Pro shrnutí opatření byly vybrány dvě varianty. Varianta 1 počítá se všemi opatřeními, tj. navýšení tloušťky zateplení, výměna oken za nová a využití lokální rekuperační jednotky. Hodnoty tepelných ztrát, celková investice a její návratnost jsou popsány v kapitole 5.4.1.

Varianta 2 počítá pouze s navýšením tloušťky zateplení a využitím lokální rekuperační jednotky. Hodnoty tepelných ztrát, celková investice a její návratnost jsou popsány v kapitole 5.4.2.

### 5.4.1 Varianta 1

Pro tuto variantu byla vybrána opatření s nejkratší návratností investic ze všech tří způsobů snížení tepelných ztrát. Těmito opatřeními jsou zateplení obvodového zdiva na šířku 150mm fasádním polystyrenem Styrotrade EPS 70 F, dále výměna starých dřevěných oken za dřevěná eurookna s profilem IV78 s trojsklem a zabudování lokální rekuperační jednotky HR 300 do stěny mezi kuchyní a dvorem.

V tabulce 5.8 jsou zaznamenány změny tepelných ztrát pro použití vybraných opatření. Z výsledné hodnoty celkového tepelného výkonu, jehož hodnota byla původně 11470,53 W a nyní dosahuje 7504,1 W, plyne, že opatření vytvoří úsporu 3966,43 W, což odpovídá 34,6 %.

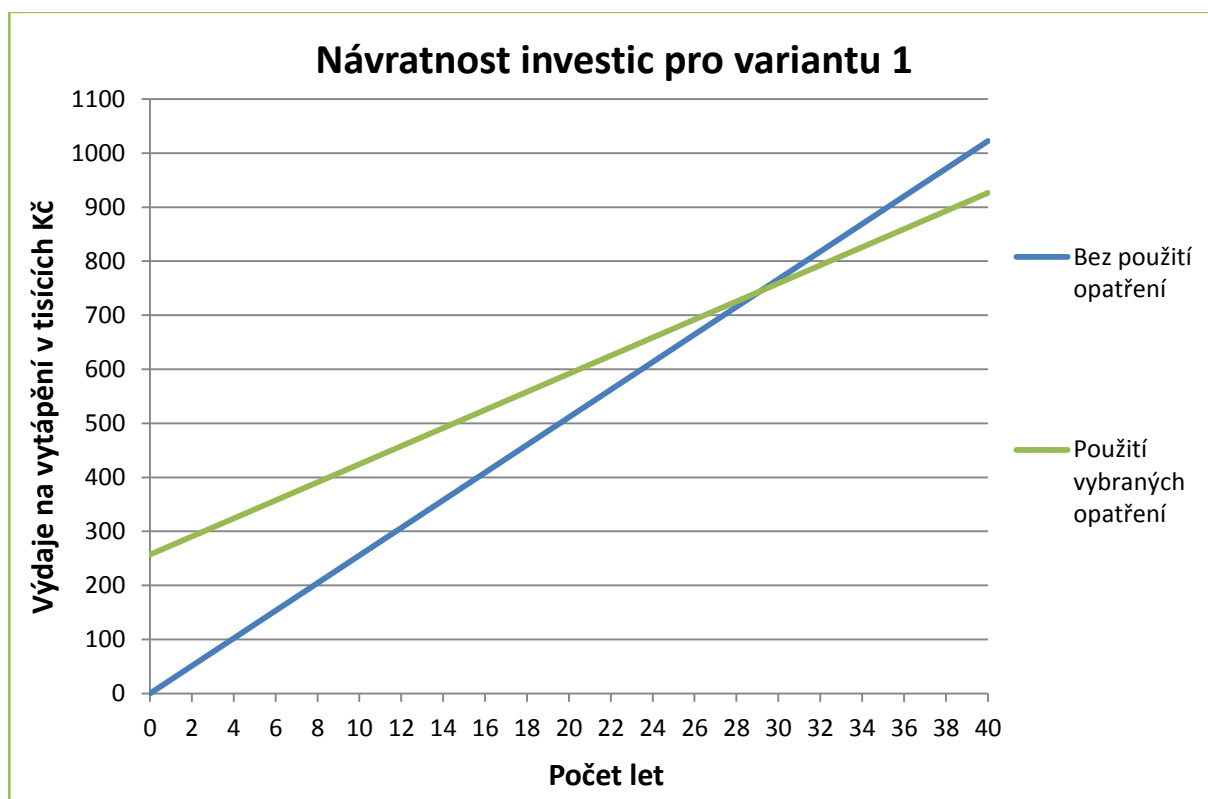
Tabulka 5.8 Výpočet celkového tepelného výkonu pro variantu 1

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	W	W	W	W
1 - Dětský pokoj	516,92	164,29	173,6	854,81
2 - Obývací pokoj	251,07	62,02	218,4	531,49
3 - Kuchyň + Jídelna	1108,03	439,66	516,96	2064,65
4 - Předsíň	114,89	39,93	49,92	204,74
5 - Kancelář	241,68	261,12	137,92	640,72
6 - Dětský pokoj	359,13	158,85	167,84	685,82
7 - Dětský pokoj	334,66	242,08	256	832,74
8 - Ložnice	468,86	242,08	256	966,94
9 - WC	8,04	53,7	22,4	84,14
10 - Koupelna	276,25	275,4	86,4	638,05
<b>Celkem</b>	<b>3679,53</b>	<b>1939,13</b>	<b>1885,44</b>	<b>7504,1</b>

V tabulce 5.9 a obrázku 5.3 je následně určení celkové návratnosti investice, která se skládá ze tří zmiňovaných opatření. Doba návratnosti této investice odpovídá přibližně době 29 let.

Tabulka 5.9 Celkové určení návratnosti investic pro variantu 1

	Tepelná ztráta	Úspora			Celkové náklady	Návratnost investice
	W	W	kWh/rok	Kč/rok	Kč	Počet let
Původní stav domu	11470	-	-	-	-	-
Vybraná opatření	7504	3966	8516	8840	257164	29



Obrázek 5.3 Návratnost investic pro variantu 1

## 5.4.2 Varianta 2

Tato varianta spočívá v posouzení investic pouze do zateplení obvodového zdiva na šířku 150mm fasádním polystyrenem Styrotrade EPS 70 F a zabudování lokální rekuperační jednotky HR 300 do stěny mezi kuchyní a dvorem.

V tabulce 5.10 jsou zaznamenány změny tepelných ztrát pro použití vybraných opatření. Z výsledné hodnoty celkového tepelného výkonu pro variantu 2, jehož hodnota byla původně 11470,53 W a nyní dosahuje 8354,85 W, plyne, že opatření vytvoří úsporu 3115,68 W, což odpovídá 27,16 %.

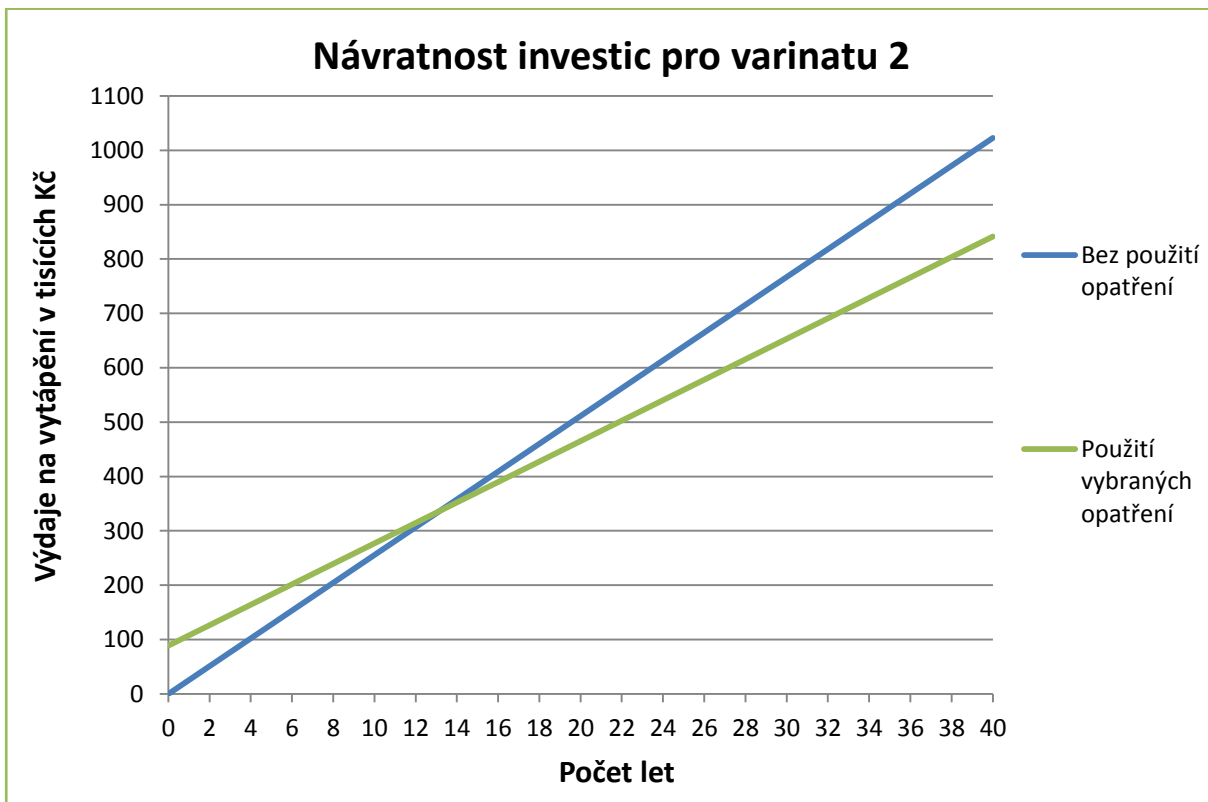
Tabulka 5.10 Výpočet celkového tepelného výkonu pro variantu 2

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty prostupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	W	W	W	W
1 - Dětský pokoj	599,71	164,29	173,6	937,6
2 - Obývací pokoj	333,86	62,02	218,4	614,28
3 - Kuchyň + Jídelna	1402,5	439,66	516,96	2359,12
4 - Předsíň	114,89	39,93	49,92	204,74
5 - Kancelář	324,47	261,12	137,92	723,51
6 - Dětský pokoj	441,92	158,85	167,84	768,61
7 - Dětský pokoj	417,46	242,08	256	915,54
8 - Ložnice	551,65	242,08	256	1049,73
9 - WC	29,47	53,7	22,4	105,57
10 - Koupelna	314,35	275,4	86,4	676,15
Celkem	4530,28	1939,13	1885,44	<b>8354,85</b>

V tabulce 5.11 a obrázku 5.4 je určení a zobrazení celkové návratnosti investice pro variantu 2. Pro tuto variantu vyšla doba návratnosti investice na přibližně 13 let.

Tabulka 5.11 Celkové určení návratnosti investic pro variantu 2

	Tepelná ztráta	Úspora		Celkové náklady	Návratnost investice	
	W	W	kWh/rok	Kč/rok	Kč	Počet let
Původní stav domu	11470	-	-	-	-	-
Vybraná opatření	8355	3115	6689	6943	88670	13



Obrázek 5.4 Návratnost investic pro variantu 2

## 6 Závěr

Na začátku této bakalářské práce je uveden stručný popis rodinného domu ve Vedrovicích. Dále je zobrazen půdorys domu, ve kterém jsou znázorněny jednotlivé místnosti. Následuje určení výpočtové vnitřní teploty, průměrné roční venkovní teploty a výpočtové vnitřní teploty pro jednotlivé místnosti dle normy ČSN EN 12831. U těchto místností jsou také uvedeny jejich plochy a objemy.

Pro výpočet tepelných ztrát bylo nutné nejprve určit součinitele tepelné vodivosti jednotlivých materiálů, které byly odečteny z normy ČSN 73 0540 - 3. Následně určit hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých stavebních konstrukcí a na závěr vypočítat tepelnou ztrátu prostupem tepla, větráním a tepelný zátopový výkon. Součet těchto hodnot pak udává celkové tepelné ztráty budovy, které vycházejí 11,47 kW.

Roční spotřeba tepla na vytápění tak vychází na 24,6 MWh/rok. Po přičtení roční spotřeby tepelné energie na ohřev TUV v topném období, která činí 6 MWh/rok, vychází celková spotřeba tepelné energie na 30,6 MWh/rok. Při roční spotřebě 7 tun rostlinných pelet, jejichž cena odpovídá 25550 Kč/rok a přičtení spotřeby elektrické energie kolte ve výši 6200 Kč/rok vychází celkové náklady na vytápění a ohřev TUV v topném období na 31750 Kč. Při rozpočítání této sumy dle poměrů spotřeby tepla jednak na vytápění a jednak na ohřev TUV vychází roční náklady na vytápění na 25556 Kč. To odpovídá ceně 1,038 Kč/kWh. Pro variantu, že jsou rostlinné pelety získávány zdarma díky výměně za jiný rostlinný produkt, který je pro majitele odpadem, je cena za 1 kWh 0,203 Kč. Tato hodnota je přibližně 5× nižší, než v případě nákupu rostlinných pelet. Pro tuto variantu by vycházely následující výsledky návratnosti investic přibližně 5× vyšší.

Jako opatření pro snížení tepelných ztrát domu bylo vybráno dodatečné zateplení objektu, výměna starších dřevěných oken za nová a umístění lokální rekuperační jednotky do stěny mezi kuchyní a dvorem. Při posouzení návratnosti několika typů polystyrenu byl vybrán fasádní polystyren Styrotrade EPS 70 F, jehož cena bez dokončení finální fasády by vyšla na 58232 Kč. Při úspoře 4335 Kč/rok pak dělá návratnost přibližně 13 let. Cena výměny oken za nová je oproti zbylým dvěma investicím dosti vysoká. Nejekonomičtěji vychází použití dřevěného eurookna profil IV78 s trojsklem. Tato investice dosahuje hodnoty 168494 Kč a doba návratnosti investice se pohybuje okolo 89 let, což znamená, že z ekonomického hlediska by bylo použití tohoto opatření nevhodné. Posledním opatřením byla zvolena lokální rekuperační jednotka, jejíž investice je 30438 Kč a návratnost této investice dosahuje přibližně 12 let. K jednotlivým návratnostem je třeba zmínit, že současný stav domu už obsahuje částečné zateplení, proto jsou návratnosti dalších opatření vyšší, než kdyby dům ještě zateplen nebyl.

Jako výhodné řešení se jeví z hlediska návratnosti investic pouze realizace zateplení polystyrenem a umístění rekuperační jednotky. Při použití tohoto opatření klesnou tepelné ztráty domu z 11,47 kW na 8,35 kW, což činí úsporu 3,12 kW. Cena této investice pak dosahuje 88670 Kč a její návratnost je 13 let.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] Beranovský, Jiří. Úsporná opatření v rodinných domech. *ekowatt.cz* [online]. [cit. 2016-04-20]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/usporyenergie/usporna-opatreni-v-rodinnych-domech>
- [4] PROPLAST K s.r.o. Zateplování. *proplast-k.cz* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.proplast-k.cz/zateplovani/>
- [5] FERROPOLYMER, spol. s r.o. Trojité zasklení. *ferropolymer.cz* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.ferropolymer.cz/trojite-zaskleni.html>
- [6] OKNA.EU s.r.o. Dřevěná okna s trojsklem. *okna.eu* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.okna.eu/92mm-drevena-okna-s-trojisklem>
- [7] Propasiv. Historie tepelných izolací Aerogel. *izolace-aerogel.cz* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.izolace-aerogel.cz/historie.html>
- [8] Propasiv. Výroba tepelných izolací Aerogel. *izolace-aerogel.cz* [online]. [cit. 2016-04-22]. Dostupné z: <http://www.izolace-aerogel.cz/vyroba.html>
- [9] Propasiv. Vlastnosti tepelných izolací Aerogel. *izolace-aerogel.cz* [online]. [cit. 2016-04-23]. Dostupné z: <http://www.izolace-aerogel.cz/vlastnosti.html>
- [10] Forbes. Aerogels. *forbes.com* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.forbes.com/>
- [11] Propasiv. Sortiment Aspen Aerogels. *izolace-aerogel.cz* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.izolace-aerogel.cz/sortiment.html>
- [12] Martinec, Jan. Dřevěná versus plastová okna. *bydleni.cz* [online]. [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.bydleni.cz/clanek/Drevena-versus-plastova-okna>
- [13] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. Brno: ERA, 2008. Stavíme. ISBN 978-80-7366-138-0.
- [14] INKAPO. Hliníková okna. *inkapo.cz* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.inkapo.cz/sluzby/okna-a-dvere/hlinikova-okna>

- [15] Daňková, Dana. Tepelné izolace – přehled, materiály, druhy, způsoby použití. *stavebnictvi3000.cz* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>
- [16] Top info s.r.o.: Izolace PUR, PIR a fenolická pěna. *stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2016-04-25]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>
- [17] Coleman S.I., a.s. EPS POLYSTYREN. *coleman.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.coleman.cz/tepelna-izolace-eps/>
- [18] Stavebniny Sovová. PĚNOVÝ POLYSTYRÉN. *stavebninysova.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.stavebninysova.cz/clanky/penovy-polystyren>
- [19] Izolace info. Izolační deska z pěnového skla. *izolace-info.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.izolace-info.cz/katalog/penove-sklo/foamglas/735114-izolacni-deska-z-penoveho-skla-foamglas-s3-p.html>
- [20] Oldik. Zateplujeme skelnou a kamennou vlnou. *ceskestavby.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/zateplujeme-skelnou-a-kamennou-vlnou-19811.html>
- [21] Bydlení pro každého. Minerální vata a izolace z vláknitých materiálů. *bydleniprokazdeho.cz* [online]. [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://stavba-a-rekonstrukce.bydleniprokazdeho.cz/stavebni-material/mineralni-vata-a-dalsi-izolace-vlaknitych-materialu.php>
- [22] Přírodní stavba. Konopné izolace. *prirodnistavba.cz* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.prirodnistavba.cz/press/11/konopne-izolace.html>
- [23] REGULUS. Více o větrání s rekuperací tepla. *regulus.cz* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/vetrani-s-rekuperaci-tepla>
- [24] ATREA. Co je to rekuperace?. *atrea.cz* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://www.atrea.cz/cz/co-je-to-rekuperace>
- [25] Top info s.r.o.: Ventilace s rekuperací – některá upozornění a doporučení. *tzv-info.cz* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.tzv-info.cz/5724-ventilace-s-rekuperaci-nektera-upozorneni-a-doporuceni>
- [26] TERMO KOMFORT. Centrální rekuperační jednotky. *dimplex.cz* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.dimplex.cz/produkty/rekuperace/centralni/>
- [27] REKUPERACE MARTÍNEK. Rekuperace. *martinek-rekuperace.cz* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.martinek-rekuperace.cz/index.php?M=rekuperace>

- [28] BAXXIS s.r.o. Rekuperace vzduchu. *baxxis.cz* [online]. [cit. 2016-05-06]. Dostupné z: <http://www.baxxis.cz/rekuperace/>
- [29] Top info s.r.o.: Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *vytapani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [30] Top info s.r.o.: Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *vytapani.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: [http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie\\_gj=94.4](http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-podle-druhu-paliva?energie_gj=94.4)
- [31] DARE EUROOKNA. Ceník. *dare.cz* [online]. [cit. 2016-05-08]. Dostupné z: <http://www.dare.cz/drevena-eurookna-cenik.html>
- [32] SVP solar, s.r.o. Lokální rekuperace. *solar-eshop.cz* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://www.solar-eshop.cz/c/rekuperace-a-vetrani/rekuperacni-jednotky-lokalni/>
- [33] Top info s.r.o.: Prostup tepla stavební konstrukcí. *stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/312-tepelny-odpor-r>
- [34] ČSN 73 0540-4. *Tepelná ochrana budov - Část 4: Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

## Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Rozměr	Veličina
$A_g$	$[m^2]$	Plocha podlahové konstrukce
$A_k$	$[m^2]$	Plocha místnosti
$B'$	$[m]$	Charakteristický parametr
$b_u$	$[-]$	Teplotní redukční činitel
$d$	[počet dní]	Délka otopného období
$d_i$	$[m]$	Tloušťka materiálu
$D$	[K.dny]	Vytápěcí denostupně
$e_i$	$[-]$	Stínící činitel
$e_k$	$[-]$	Korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům
$f_{g1}$	$[-]$	Korekční činitel zohledňující vliv ročních změn venkovní teploty
$f_{g2}$	$[-]$	Teplotní redukční činitel zohledňující rozdíl mezi roční průměrnou venkovní teplotou a výpočtovou venkovní
$f_{ij}$	$[-]$	Redukční teplotní činitel
$f_{RH}$	$[W/m^2]$	Korekční součinitel závisející na době zátopu a přepokládaném poklesu vnitřní teploty v útlumové době
$grad \theta$	$[K/m]$	Gradient teploty
$G_w$	$[-]$	Korekční činitel zohledňující vliv spodní vody
$H_{T,ie}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy
$H_{T,ig}$	$[W/K]$	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g)

$H_{T,ij}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru vytápěného na jinou teplotu (j)
$H_{T,iue}$	[W/K]	Součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u)
$H_{V,i}$	[W/K]	Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
$n_{50}$	[h <sup>-1</sup> ]	Intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem budovy
$n_{min}$	[h <sup>-1</sup> ]	Minimální intenzita výměny venkovního vzduchu
P	[m]	Obvod podlahové konstrukce
$\vec{q}$	[W/m <sup>2</sup> ]	Vektor hustoty ustáleného tepelného toku sdíleného vedením
$Q_{TUV,r}$	[GJ/rok]	Roční spotřeba tepelné energie na vytápění
$Q_{VYT,r}$	[GJ/rok]	Roční spotřeba tepelné energie na ohřev TUV
R	[m <sup>2</sup> .K/W]	Tepelný odpor konstrukce proti vedení tepla
$R_n$	[m <sup>2</sup> .K/W]	Tepelný odpor konstrukce proti vedení tepla
$R_{se}$	[m <sup>2</sup> .K/W]	Návrhová hodnota odporu při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
$R_{si}$	[m <sup>2</sup> .K/W]	Návrhová hodnota odporu při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
$R_T$	[m <sup>2</sup> .K/W]	Tepelný odpor konstrukce proti vedení tepla
$U_{equiv,k}$	[W/m <sup>2</sup> .K]	Ekvivalentní součinitel prostupu tepla stavební částí
$U_k$	[W/m <sup>2</sup> .K]	Součinitel prostupu tepla
$V_i$	[m <sup>3</sup> ]	Objem místnosti
$\dot{V}_i$	[m <sup>3</sup> /h]	Výměna vzduchu vytápěného prostoru
$\dot{V}_{inf,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	Množství vzduchu vzniklé infiltrací
$\dot{V}_{min,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	Hygienické množství vzduchu

$\alpha_i$	[W/m <sup>2</sup> .K]	Součinitel přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
$\alpha_e$	[W/m <sup>2</sup> .K]	Součinitel přestupu tepla na vnější straně konstrukce
$\delta_n$	[m]	Tloušťka materiálu
$\varepsilon$	[-]	Opravný součinitel pro stavby s krátkými otopnými přestávkami
$\varepsilon_i$	[-]	Výškový korekční činitel
$\eta_0$	[-]	Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
$\eta_r$	[-]	Účinnost rozvodu vytápění
$\theta_e$	[°C]	Výpočtová venkovní teplota
$\theta_{int,i}$	[°C]	Výpočtová vnitřní teplota
$\theta_{m,e}$	[°C]	Roční průměrná teplota vzduchu
$\theta_{m,int}$	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
$\theta_u$	[°C]	Návrhová teplota nevytápěného prostoru
$\lambda$	[W/m.K]	Součinitel tepelné vodivosti
$\Phi_{HL}$	[W]	Celkový návrhový tepelný výkon
$\Phi_{RH,i}$	[W]	Návrhový zátopový tepelný výkon
$\Phi_{T,i}$	[W]	Návrhová tepelná ztráta prostupem

---

Zkratka	Význam
EnEV	Energieeinsparverordnung (Vyhláška o úspoře energií)
EPS	Expandovaný polystyren
PE	Polyetylen
PIR	Polyisocyanurátová pěna
PUR	Tvrdá polyuretanová pěna
PVC	PolyVinylChlorid
TUV	Teplá užitková voda
UV	Ultra Violet (Ultrafialové záření)
XPS	Extrudovaný polystyren

## Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 2.1	Rodinný dům.....	2
Obrázek 2.2	Půdorys rodinného domu .....	3
Obrázek 3.1	Postup výpočtu tepelných ztrát .....	5
Obrázek 3.2	Určení součinitele prostupu tepla $U_k$ .....	7
Obrázek 3.3	Poměr spotřeby tepla na vytápění a ohřev TUV .....	21
Obrázek 4.1	Tepelné ztráty domu .....	22
Obrázek 4.2	Ukázka zateplení.....	23
Obrázek 4.3	Průběh teplot ve stěně a rosný bod .....	24
Obrázek 4.4	Pěnový polystyren.....	25
Obrázek 4.5	Šedý polystyren.....	26
Obrázek 4.6	Extrudovaný polystyren .....	26
Obrázek 4.7	Izolační deska z pěnového skla.....	27
Obrázek 4.8	Minerální a kamenná vlna.....	28
Obrázek 4.9	Desky z konopných vláken .....	29
Obrázek 4.10	Aplikace celulózové izolace .....	29
Obrázek 4.11	Krychle z aerogelu .....	30
Obrázek 4.12	Izolace Spaceloft.....	31
Obrázek 4.13	Izolace Pyrogel XT a závislost tepelné vodivosti na zvyšující se teplotě.....	32
Obrázek 4.14	Izolace Cryogel Z a závislost tepelné vodivosti na teplotě.....	33
Obrázek 4.15	Okno s trojitým zasklením .....	34
Obrázek 4.16	Řez dřevěným oknem s trojitým zasklením.....	35
Obrázek 4.17	Úniky tepla oknem.....	36
Obrázek 4.18	Hliníkové okno se zvýšenou účinností přerušení tepelného mostu .....	37
Obrázek 4.19	Výměník rekuperační jednotky.....	38
Obrázek 4.20	Centrální rekuperační jednotka .....	39
Obrázek 4.21	Lokální rekuperační jednotka .....	39
Obrázek 5.1	Návratnost investic při zateplení jednotlivými typy polystyrenu .....	42

Obrázek 5.2	Návratnost investic při použití rekuperační jednotky.....	46
Obrázek 5.3	Návratnost investic pro variantu 1.....	48
Obrázek 5.4	Návratnost investic pro variantu 2.....	50
Tabulka 3.1	Klimatické údaje.....	6
Tabulka 3.2	Údaje o vytápěných místnostech.....	6
Tabulka 3.3	Údaje o nevytápěných místnostech.....	7
Tabulka 3.4	Hodnoty součinitele tepelné vodivosti stavebních materiálů.....	8
Tabulka 3.5	Tepelný odpor při přestupu tepla.....	9
Tabulka 3.6	Nastínění výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukce.....	10
Tabulka 3.7	Ukázka výpočtu součinitele prostupu tepla konstrukce.....	10
Tabulka 3.8	Ukázka výpočtu tepelné ztráty prostupem.....	14
Tabulka 3.9	Výpočet tepelné ztráty větráním, část 1.....	16
Tabulka 3.10	Výpočet tepelné ztráty větráním, část 2.....	17
Tabulka 3.11	Výpočet tepelného zátopového výkonu.....	18
Tabulka 3.12	Výpočet celkového tepelného výkonu.....	19
Tabulka 3.13	Spotřeba tepla a cena pro variantu A.....	21
Tabulka 3.14	Spotřeba tepla a cena pro variantu B.....	21
Tabulka 4.1	Vnější zateplení.....	23
Tabulka 4.2	Vnitřní zateplení.....	24
Tabulka 4.3	Tepelné vlastnosti aerogelu.....	30
Tabulka 4.4	Výhody izolace Spaceloft.....	31
Tabulka 4.5	Vlastnosti Pyrogelu XT.....	32
Tabulka 4.6	Vlastnosti Cryogelu Z.....	33
Tabulka 4.7	Parametry prostupu tepla u oken.....	35
Tabulka 4.8	Výhody trojitého zasklení.....	35
Tabulka 5.1	Určení celkové ceny za vedlejší materiál.....	40
Tabulka 5.2	Určení celkových nákladů za zateplení.....	41

---

Tabulka 5.3	Určení návratnosti investic zateplení .....	41
Tabulka 5.4	Výpočet pořizovacích nákladů zvolených oken .....	43
Tabulka 5.5	Určení návratnosti investic zvolených oken .....	44
Tabulka 5.6	Určení celkové ceny za rekuperační jednotku HR 300.....	45
Tabulka 5.7	Vyčíslení návratnosti investice pro rekuperační jednotku HR 300 .....	45
Tabulka 5.8	Výpočet celkového tepelného výkonu pro variantu 1.....	47
Tabulka 5.9	Celkové určení návratnosti investic pro variantu 1.....	48
Tabulka 5.10	Výpočet celkového tepelného výkonu pro variantu 2.....	49
Tabulka 5.11	Celkové určení návratnosti investic pro variantu 2.....	49

## Seznam příloh

- Příloha A Výpočet součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce pláště
- Příloha B Výpočet tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti

## PŘÍLOHA A

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
1	Přední stěna 450 mm					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,484		0,804	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
2	Boční stěna do průjezdu 450 mm					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,519		1,925	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
3	Boční stěna do průjezdu 300 mm (nezateplená)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,484		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
4	Zadní stěna do dvora 400 mm (zateplená)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,469		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
5	Zadní stěna do dvora 400 mm (nezateplená)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,484		0,737	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
6	Boční stěna do dvora 450 mm (nezateplená)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,484		0,804	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
7	Boční venkovní stěna 450 mm (zateplená)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,519		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
8	Boční venkovní stěna 450 mm					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,484		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
9	Dělicí stěna 300 mm (část u spíže)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	10	Zed' z pórobetonových tvárnic	0,300	0,21	1,429	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,369		2,754	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
10	Dělicí stěna 300 mm (část u schodů)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	10	Zed' z pórobetonových tvárnic	0,300	0,21	1,429	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,334		1,633	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
11	Dělicí stěna 400 mm (mezi místností 1 a 11)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,469		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
12	Dělicí stěna 400 mm (mezi místností 10 a 11)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	4	Keramická dlažba	0,004	0,88	0,005	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	8	Pěnový polystyrén	0,050	0,044	1,136	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,471		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
13	Dělicí stěna 100 mm (mezi místnostmi 1 a 2, 5 a 6)						
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	12	Dutá cihla	0,100	0,14	0,714		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040		
	Celková tloušťka a $U_k$			0,104			0,888

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
14	Dělicí stěna 150 mm (mezi místnostmi 7 a 8)						
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	12	Dutá cihla	0,150	0,14	1,071		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040		
	Celková tloušťka a $U_k$			0,154			1,245

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
15	Dělicí stěna 100 mm (mezi místnostmi 9 a 10)						
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	12	Dutá cihla	0,100	0,14	0,714		
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002		
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040		
	Celková tloušťka a $U_k$			0,104			0,888

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
16	Dělicí stěna 450 mm (mezi místnostmi 5 a 7, 6 a 7)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,484		0,804	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
17	Dělicí stěna 400 mm (mezi místností 2 a 10)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,434		0,737	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
18	Dělicí stěna 400 mm (mezi místností 1 a 10)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	4	Keramická dlažba	0,004	0,88	0,005	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,400	0,75	0,533	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,434		0,74	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
19	Dělicí stěna 300 mm (mezi místnostmi 7 a 3, 5 a 3, 5 a 4, 3 a 4)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,300	0,75	0,400	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
	Celková tloušťka a $U_k$			0,334		

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
20	Dělicí stěna 150 mm (mezi místnostmi 3 a 4)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,150	0,75	0,200	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,184		0,404	2,475

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
21	Dělicí stěna 450 mm (mezi místnostmi 12 a 14, 13 a 14)					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,130	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,450	0,75	0,600	
	25	Nevětraná vzduchová vrstva	0,040		0,180	
	9	Zdivo z plných pálených cihel	0,100	0,75	0,133	
	3	Omítka vápenocementová	0,015	0,99	0,015	
	2	Omítka vápenná	0,002	0,88	0,002	
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,040	
Celková tloušťka a $U_k$			0,624		1,117	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
22	Podlaha – Keramická dlažba (do zeminy)					
	29	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok dolů)			0,170	
	4	Keramická dlažba	0,007	1,01	0,007	
	14	Cementová malta	0,02	1,16	0,017	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,05	1,3	0,038	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	8	Pěnový polystyrén	0,02	0,044	0,454	
	15	Asfaltový lak penetrační	0,003	0,2	0,015	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,05	1,3	0,038	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	16	Násyp popelové škváry	0,05	0,27	0,185	
	6	Štěrk	0,05	0,65	0,077	
Celková tloušťka a $U_k$			0,251		1,003	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
23	Podlaha - Laminátová plovoucí podlaha (do zeminy)					
	29	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný to dolů)			0,17	
	7	Laminátová plovoucí podlaha	0,007	0,16	0,044	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,07	1,3	0,054	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	8	Pěnový polystyrén	0,02	0,044	0,454	
	15	Asfaltový lak penetrační	0,003	0,2	0,015	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,05	1,3	0,038	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	16	Násyp popelové škváry	0,05	0,27	0,185	
	6	Štěrk	0,05	0,65	0,077	
Celková tloušťka a $U_k$			0,251		1,039	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
24	Podlaha - Vinylová podlaha (do zeminy)					
	29	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný to dolů)			0,17	
	17	Vinylová podlaha	0,004	0,12	0,033	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,073	1,3	0,056	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	8	Pěnový polystyrén	0,02	0,044	0,454	
	15	Asfaltový lak penetrační	0,003	0,2	0,015	
	1	Beton hutný (2200kg/m <sup>3</sup> )	0,05	1,3	0,038	
	13	Fólie polyetylenová	0,00025	0,2	0,001	
	16	Násyp popelové škváry	0,05	0,27	0,185	
	6	Štěrk	0,05	0,65	0,077	
Celková tloušťka a $U_k$			0,251		1,030	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
25	Strop						
	28	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směr nahoru)			0,1		
	17	Sádrokarton	0,0125	0,22	0,057		
	19	Minerální vlna	0,03	0,041	0,732		
	20	Omítka s rákosem	0,01	0,05	0,2		
	21	Desky z tvrdého dřeva	0,025	0,22	0,114		
	22	Foukaná izolace na bázi celulózy	0,18	0,058	3,103		
	21	Desky z tvrdého dřeva	0,025	0,22	0,114		
	23	Cihly půdovky	0,05	0,8	0,063		
	24	Hlína suchá	0,02	0,7	0,029		
	28	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (tepelný tok směr nahoru)			0,1		
Celková tloušťka a $U_k$			0,3525		4,612	0,217	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$	
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$	
26	Venkovní dveře						
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13		
	11	Dřevo tvrdé rostlé	0,045	0,22	0,205		
	27	Odpor při přestupu tepla na vnější straně (vodorovný tepelný tok)			0,04		
Celková hodnota $U_k$					0,375	2,667	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
27	Vnitřní dveře					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	11	Dřevo tvrdé rostlé	0,045	0,22	0,205	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	Celková hodnota $U_k$				0,465	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
28	Vnitřní dveře prosklené					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	-	Prosklené dveře	0,045	0,58	0,078	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	Celková hodnota $U_k$				0,338	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
29	Vnější dveře prosklené					
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	-	Prosklené dveře	0,045	0,58	0,078	
	26	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně (vodorovný tepelný tok)			0,13	
	Celková hodnota $U_k$				0,338	

Kódy		Popis	d	$\lambda$	R	$U_k$
Stavební část	Materiál		m	$\frac{W}{m \cdot K}$	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
30	Okna (Zdvojená okna se dvěma čirými skly, netěsněná)					
	$U_k$					2,4

## PŘÍLOHA B

1 – Dětský pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
1	Přední stěna 450 mm	4,27	1,243	1,00	5,308
2	Boční stěna do průjezdu 450 mm	13,9	0,519	1,00	7,214
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>16,746</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
11	Dělicí stěna 400 mm	40,31	0,538	0,375	8,133
25	Strop	10,85	0,217	0,9	2,119
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>10,252</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$	P	B' = 2 · A <sub>g</sub> / P	
		m <sup>2</sup>	m	m	
		10,85	7,17	3,03	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,48	10,85	5,208
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			<b>5,208</b>
Korekční činitele		$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jednotku	na jednotku	na jednotku	na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>3,854</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
18	Dělicí stěna 400 mm	-0,125	0,89	1,351	-0,15
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>-0,15</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>30,702</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>982,46</b>

2 – Obývací pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	5,83	1,243	1,00	7,247
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>11,471</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	13,65	0,217	0,9	2,666
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>2,666</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		13,65	2,73	10	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
23	Podlaha - Laminátová plovoucí podlaha	0,962	0,3	13,65	4,095
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			4,095
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>3,03</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
17	Dělicí stěna 400 mm	-0,125	4,39	1,357	-0,745
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>-0,745</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>16,422</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>525,5</b>

3 - Kuchyň + Jídelna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	6,58	1,243	1,00	8,179
4	Zadní stěna do dvora 400 mm	8,26	0,519	1,00	4,287
29	Vnější dveře prosklené	1,45	2,96	1,00	4,292
30	Okna	6,26	2,4	1,00	15,024
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>31,782</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	32,31	0,217	0,9	6,31
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>6,31</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	B' = 2 · A <sub>g</sub> / P m	
		32,31	8,15	7,93	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
22	Podlaha – Keramická dlažba	0,997	0,33	32,31	10,662
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			10,662
Korekční činitele		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>7,89</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
19	Dělicí stěna 300 mm	0,156	4,337	1,655	1,12
20	Dělicí stěna 150 mm	0,156	2,83	2,475	1,093
28	Vnitřní dveře prosklené	0,156	2,73	2,96	1,261
27	Vnitřní dveře	1,156	1,6	2,15	3,977
27	Vnitřní dveře	-0,125	1,6	2,15	-0,43
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>7,021</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>53,003</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>1696,1</b>

4 - Předsíň					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	2,141	1,243	1,00	2,661
26	Venkovní dveře	2,88	2,667	1,00	7,681
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>10,342</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	3,12	0,217	0,9	0,609
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>0,609</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		3,12	2	3,12	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
22	Podlaha – Keramická dlažba	0,997	0,5	3,12	1,56
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			1,56
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,42	1,00	0,609
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>0,95</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
19	Dělicí stěna 300 mm	-0,185	8,674	1,655	-2,656
20	Dělicí stěna 150 mm	-0,185	2,83	2,475	-1,296
28	Vnitřní dveře prosklené	-0,185	2,73	2,96	-1,495
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>-5,447</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>6,454</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	15
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	27
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>174,26</b>

5 - Kancelář					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	4,38	1,243	1,00	5,444
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	<b>9,668</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	8,619	0,217	0,9	1,683
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	<b>1,683</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	B' = 2 · A <sub>g</sub> / P m	
		8,619	2,21	7,8	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,34	8,619	2,93
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	2,93
Korekční činitele		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>2,168</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
19	Dělicí stěna 300 mm	0,156	4,337	1,655	1,12
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	<b>1,12</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>				$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$	<b>14,639</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	<b>468,448</b>

6 - Dětský pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
1	Přední stěna 450 mm	5,72	1,243	1,00	7,11
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
7	Boční venkovní stěna 450 mm	10,84	0,519	1,00	5,626
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>16,96</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	10,491	0,217	0,9	2,049
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>2,049</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		10,491	6,59	3,18	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,5	10,491	5,246
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			<b>5,246</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>3,882</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
-	-	-	-	-	-
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>0</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>22,891</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>732,51</b>

7 - Dětský pokoj					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
7	Boční venkovní stěna 450 mm	7,14	0,519	1,00	3,706
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
6	Boční stěna do dvora 450 mm	1,45	1,244	1,00	1,804
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>9,734</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	16	0,217	0,9	3,125
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>3,125</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		16	3,72	8,6	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,32	16	5,12
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			<b>5,12</b>
Korekční činitele		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>3,789</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
-	-	-	-	-	-
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>0</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>16,648</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>532,74</b>

8 - Ložnice					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$e_k$	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		$m^2$	$W/m^2 \cdot K$	na jednotku	W/K
6	Boční stěna do dvora 450 mm	7,14	1,244	1,00	8,882
30	Okna	1,76	2,4	1,00	4,224
7	Boční venkovní stěna 450 mm	8,896	0,519	1,00	4,617
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>17,723</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$	$U_k$	$b_u$	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		$m^2$	$W/m^2 \cdot K$	na jednotku	W/K
9	Dělicí stěna 300 mm (část u spíže)	9,174	0,363	0,25	0,833
10	Dělicí stěna 300 mm (část u schodů)	4,309	0,612	0,375	0,989
25	Strop	16	0,217	0,9	3,125
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>4,947</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet $B'$		$A_g$	$P$	$B' = 2 \cdot A_g / P$	
		$m^2$	m	m	
		16	6,4	5	
kód	Stavební část	$U_k$	$U_{equiv,k}$	$A_k$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$
		$W/m^2 \cdot K$	$W/m^2 \cdot K$	$m^2$	W/K
24	Podlaha – Vinylová podlaha	0,971	0,42	16	6,72
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			6,72
Korekční činitelé		$f_{g1}$	$f_{g2}$	$G_w$	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$
		na jednotku	na jednotku	na jednotku	na jednotku
		1,45	0,51	1,00	0,74
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>4,973</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$	$A_k$	$U_k$	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$
		na jednotku	$m^2$	$W/m^2 \cdot K$	W/K
-	-	-	-	-	-
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>0</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>27,643</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	20
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	32
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>884,58</b>

9 - WC					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ $m^2$	$U_k$ $W/m^2 \cdot K$	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
4	Zadní stěna do dvora 400 mm	5,21	0,538	1,00	2,803
30	Okna	0,54	2,4	1,00	1,296
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>				$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$	<b>4,099</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ $m^2$	$U_k$ $W/m^2 \cdot K$	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
25	Strop	1,397	0,217	0,9	0,273
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>				$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$	<b>0,273</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet $B'$		$A_g$ $m^2$	$P$ m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		1,397	2,07	1,35	
kód	Stavební část	$U_k$ $W/m^2 \cdot K$	$U_{equiv,k}$ $W/m^2 \cdot K$	$A_k$ $m^2$	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
22	Podlaha – Keramická dlažba	0,997	0,6	1,397	0,838
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>				$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$	<b>0,838</b>
Korekční činitele		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,42	1,00	0,609
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>0,51</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ $m^2$	$U_k$ $W/m^2 \cdot K$	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
27	Vnitřní dveře	-0,185	1,6	2,15	-0,636
15	Dělicí stěna 100 mm	-0,333	4,087	1,126	-1,532
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>				$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$	<b>-2,168</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>				$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$	<b>2,714</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	15
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	27
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>				$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]	<b>73,28</b>

10 - Koupelna					
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$e_k$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K
4	Zadní stěna do dvora 400 mm	4,84	0,538	1,00	2,604
30	Okna	0,72	2,4	1,00	1,728
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty, přímo do venkovního prostředí</b>		$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$			<b>4,332</b>
Tepelné ztráty přes nevytápěné prostory					
Kód	Stavební část	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$b_u$ na jednotku	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K
12	Dělicí stěna 400 mm	7,506	0,537	0,44	1,774
25	Strop	5,4	0,217	0,9	1,055
<b>Celkové tepelné ztráty přes nevytápěné prostory</b>		$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$			<b>2,829</b>
Tepelné ztráty zeminou					
Výpočet B'		$A_g$ m <sup>2</sup>	P m	$B' = 2 \cdot A_g / P$ m	
		5,4	2	5,4	
kód	Stavební část	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$U_{equiv,k}$ W/m <sup>2</sup> .K	$A_k$ m <sup>2</sup>	$A_k \cdot U_{equiv,k}$ W/K
22	Podlaha – Keramická dlažba	0,997	0,4	5,4	2,16
<b>Celkem ekvivalentní stavební části</b>		$\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}$			<b>2,16</b>
Korekční činitelé		$f_{g1}$ na jednotku	$f_{g2}$ na jednotku	$G_w$ na jednotku	$f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$ na jednotku
		1,45	0,567	1,00	0,822
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty zeminou</b>		$H_{T,ig} = (\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot G_w$			<b>1,776</b>
Tepelné ztráty do prostorů vytápěných na rozdílné teploty					
Kód	Stavební část	$f_{ij}$ na jednotku	$A_k$ m <sup>2</sup>	$U_k$ W/m <sup>2</sup> .K	$f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$ W/K
18	Dělicí stěna 400 mm	0,111	0,89	1,351	0,133
17	Dělicí stěna 400 mm	0,111	4,392	1,357	0,662
27	Vnitřní dveře	0,111	1,6	2,15	0,382
15	Dělicí stěna 100 mm	0,25	4,087	1,126	1,15
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty přes prostory s rozdílnými teplotami</b>		$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k$			<b>2,327</b>
<b>Celkový součinitel tepelné ztráty prostupem</b>		$H_{T,i} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$			<b>11,264</b>
Venkovní výpočtová teplota			$\theta_e$	°C	-12
Vnitřní výpočtová teplota			$\theta_{int,i}$	°C	24
Výpočtový rozdíl teplot			$\theta_{int,i} - \theta_e$	°C	36
<b>Návrhová tepelná ztráta prostupem</b>		$\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e)$ [W]			<b>405,5</b>