



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
katedra elektroenergetiky**

**Energetické aspekty rekonstrukce rekreačního objektu**

**The energy aspects of reconstruction of a recreational facility**

Diplomová práce  
Diploma thesis

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Studijní obor: Elektroenergetika

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Jan Kyncl

**Bc. Štěpán Masojídek**

---

**Praha 2017**

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Masojídek** Jméno: **Štěpán** Osobní číslo: **322434**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektroenergetika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Energetické aspekty rekonstrukce rekreačního objektu**

Název diplomové práce anglicky:

**Energy aspects of reconstruction a recreational facility**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou vytápění a energetického průkazu budovy
2. S použitím vhodného SW proveďte potřebné energetické výpočty pro rekonstrukci
3. Možné varianty zhodnoťte z ekonomického, technického a ekologického hlediska

Seznam doporučené literatury:

1. Legislativní dokumenty týkající se vytápění
2. Broz K.: Vytápění, 1995, skriptum CVUT
3. www.tzb-info.cz

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Dr. Ing. Jan Kyncl, katedra elektroenergetiky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **13.02.2017** Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2018**

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) práce

\_\_\_\_\_  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

\_\_\_\_\_  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Písku dne 8. 5. 2017

.....  
Štěpán Masojídek

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Janu Kynclovi za připomínky k vypracování a Ing. Petru Lasovskému za konzultace ohledně stavebních otázek, panu Petru Utěšilovi za vstřícnost při zpracování detailů jeho chalupy, pánům Martinu Kolpekovi a Pavlu Zemkovi za podnětné rady a mnohé konzultace a v neposlední řadě své rodině za morální podporu při vypracování této práce.

# Abstrakt

Tato práce pojednává o problematice rekonstrukce starého venkovského objektu užívaného k rekreaci na objekt trvale obydlený, o požadavcích kladených na energetickou náročnost budovy a o souvisejících legislativních předpisech.

Cílem práce je řešení konkrétního návrhu zateplení objektu v obci Albrechtice nad Vltavou a jeho ekonomické, technické a ekologické zhodnocení. Práce začíná formálním významem energetického průkazu budov a jeho souvislostmi s právními a technickými požadavky na renovované objekty a pokračuje informacemi o typech tepelných ztrát v obytných objektech.

Další část se věnuje technickému popisu stávajícího objektu, výpočtu tepelných ztrát a potřebného tepla na vytápění a ohřev TUV a požadavkům na stav po rekonstrukci. Ve třetí části práce následují jednotlivé návrhy zateplení a výpočet tepelných ztrát a potřeby tepla po jejich realizaci.

V navazující části práce následuje ekonomický, technický a ekologický rozbor, na jejichž základu je v závěru práce uvedeno celkové zhodnocení navržených možností.

## Klíčová slova

energetický průkaz budovy, energetická náročnost budovy, spotřeba energie, vytápění, zateplení, tepelný výkon, tepelné ztráty, tepelný odpor, tepelná vodivost, prostup tepla, větrání, tepelná pohoda

# Abstract

The theme of this thesis is a problematic of reconstruction of an old rural building used as recreational object to a permanently occupied house, demands laid on energy performance of the building and related legislative ordinances.

Purpose of this work is finding of a particular thermal insulation design of a building in Albrechtice nad Vltavou and economical, technical and ecological evaluation of this design. The thesis begins with formal importance of building's energy certificate and its coherence with legislative and technical demands on renewed buildings and then continues with information about types of heat losses in residential objects.

Next part of this thesis is dedicated to technical description of actual building, calculation of heat losses and heat needed for heating and warming of DHW and requirements for the state of the building after reconstruction are also summarized. Individual proposals follow in the third part of the work ensued with calculations of heat losses and needed heat after realization of these proposals.

In the follow-up part of the work, there is economical, technical and ecological analysis on the basis of which is stated final evaluation of proposed solutions in the conclusion of this work.

## Keywords

building's energy certificate, energy performance of the, energy consumption, heating, thermal insulation, thermal performance, heat losses, thermal losses, thermal resistance, thermal conductivity, heat transfer, ventilation, thermal comfort

# Obsah

1.	Úvod.....	1
1.1	Cíle práce .....	1
1.2	Zaměření práce.....	2
2.	Problematika vytápění.....	2
2.1	Význam vytápění .....	2
2.2	Legislativní problematika dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií... 3	
2.3	Tepelné ztráty a tepelný výkon otopné soustavy obecně .....	8
2.4	Předběžný výpočet tepelných ztrát.....	12
2.5	Přesný výpočet tepelných ztrát.....	14
2.6	Návrhový tepelný výkon, celková potřeba energie.....	23
3.	Popis objektu a požadavků na rekonstrukci .....	23
3.1	Celkový popis objektu.....	23
3.2	Popis stavebních částí .....	24
3.3	Rozložení místností.....	30
3.4	Zhodnocení k rekonstrukci.....	31
3.5	Tepelné ztráty objektu a energie potřebná k vytápění .....	31
4.	Návrh zateplení a otopné soustavy.....	34
4.1	Návrh zateplení stavebních konstrukcí .....	34
4.2	Tepelné ztráty objektu a energie potřebná k vytápění po zateplení.....	41
5.	Ekonomický rozbor navrhovaných možností.....	44
5.1	Přehled celkových nákladů .....	44
5.2	Výpočet ekonomického zhodnocení .....	46
6.	Technický a ekologický rozbor.....	49
6.1	Technické hledisko.....	49
6.2	Ekologické hledisko .....	50
7.	Závěr .....	52

7.1 Srovnání cílů práce s výsledky.....	52
Literatura.....	55
Přílohy.....	57



## Seznam obrázků

<i>Obr. 1 – Tepelný tok složenou stěnou [10]</i> .....	10
<i>Obr. 2 – Vymezení obálky objektu</i> .....	12
<i>Obr. 3 – Pronikající a nepronikající stavební části [6]</i> .....	16
<i>Obr. 4 – Závislost <math>U_{equiv}</math> na <math>B_1</math> [4]</i> .....	19
<i>Obr. 5 – Vývoj cen uhlí v letech 2000 až 2010 [16]</i> .....	48
<i>Obr. 6 – Vývoj cen uhlí v letech 2009 až 2017 [17]</i> .....	48
<i>Obr. 7 – Emisní požadavky pro kotle s výkonem do 500 kW [18]</i> .....	51
<i>Obr. 8 – Možnosti užívání kotlů podle emisních tříd [18]</i> .....	51

## Seznam tabulek

<i>Tab. 1 – Detaily pro otopné období [3]</i> .....	9
<i>Tab. 2 – Hodnoty odporu při prostupu tepla[5]</i> .....	11
<i>Tab. 3 – Hodnoty <math>\Delta U_{ib}</math> pro různá provedení budov</i> .....	13
<i>Tab. 4 – Přirážka na vyrovnání rozdílu mezi návrhovou vnitřní teplotou a teplotou vnitřního vzduchu [7]</i> .....	15
<i>Tab. 5 – Hodnoty <math>t_{iv}</math> a <math>\varphi_{ai}</math> v obytných prostorech [2]</i> .....	15
<i>Tab. 6 – Korekční činitel <math>\Delta U_{ib}</math> pro svislé stavební části [6]</i> .....	17
<i>Tab. 7 – Korekční činitel <math>\Delta U_{ib}</math> pro vodorovné stavební části[6]</i> .....	17
<i>Tab. 8 – Korekční činitel <math>\Delta U_{ib}</math> pro otvorové výplně [6]</i> .....	17
<i>Tab. 9 – Teplotní korekční činitel <math>b_u</math> [6]</i> .....	18
<i>Tab. 10 – Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro podlahu [6]</i> .....	20
<i>Tab. 11 – Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro část konstrukce stěny [6]</i> .....	20
<i>Tab. 12 – Hygienické minimum výměny vzduchu[6]</i> .....	21
<i>Tab. 13 – Intenzita výměny vzduchu pro celou budovu [6]</i> .....	22
<i>Tab. 14 – Výškový teplotní činitel <math>\varepsilon</math> [6]</i> .....	22
<i>Tab. 15 – Stínící činitel <math>e</math> [6]</i> .....	22
<i>Tab. 16 – Konstrukční popis obvodové stěny 1</i> .....	24
<i>Tab. 17 – Konstrukční popis obvodové stěny 2</i> .....	24
<i>Tab. 18 – Konstrukční popis obvodové stěny 3</i> .....	25
<i>Tab. 19 – Konstrukční popis obvodové stěny 4</i> .....	25
<i>Tab. 20 – Konstrukční popis obvodové stěny 5</i> .....	25
<i>Tab. 21 – Konstrukční popis obvodové stěny 6</i> .....	25
<i>Tab. 22 – Konstrukční popis obvodové stěny 7</i> .....	26

<i>Tab. 23 – Konstrukční popis obvodové stěny 8</i> .....	26
<i>Tab. 24 – Konstrukční popis obvodové stěny 9</i> .....	26
<i>Tab. 25 – Konstrukční popis obvodové stěny 10</i> .....	26
<i>Tab. 26 – Konstrukční popis vnitřní stěny 1</i> .....	27
<i>Tab. 27 – Konstrukční popis vnitřní stěny 2</i> .....	27
<i>Tab. 28 – Konstrukční popis stropu 1</i> .....	27
<i>Tab. 29 – Konstrukční popis stropu 2</i> .....	28
<i>Tab. 30 – Konstrukční popis podlahy 1</i> .....	28
<i>Tab. 31 – Konstrukční popis podlahy 2</i> .....	28
<i>Tab. 32 – Konstrukční popis podlahy 3</i> .....	28
<i>Tab. 33 – Konstrukční popis oken</i> .....	29
<i>Tab. 34 – Konstrukční popis dveří</i> .....	30
<i>Tab. 35 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – pokoj 1 a pokoj 2</i> .....	32
<i>Tab. 36 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – sednice a ložnice</i> .....	32
<i>Tab. 37 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – kuchyně a veranda</i> .....	32
<i>Tab. 38 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – koupelna a technická místnost</i> .....	33
<i>Tab. 39 – Celkové tepelné ztráty objektu bez zateplení</i> .....	33
<i>Tab. 40 – Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV</i> .....	33
<i>Tab. 41 – Konstrukční parametry nových oken a dveří</i> .....	35
<i>Tab. 42 – Konstrukční parametry podlah po odizolování</i> .....	36
<i>Tab. 43 – Konstrukční popis stropu 1 po zateplení</i> .....	37
<i>Tab. 44 – Konstrukční popis stropu 2 po zateplení</i> .....	37
<i>Tab. 45 – Konstrukční popis obvodové stěny 1 po zateplení</i> .....	38
<i>Tab. 46 – Konstrukční popis obvodové stěny 2 po zateplení</i> .....	38
<i>Tab. 47 – Konstrukční popis obvodové stěny 3 po zateplení</i> .....	39
<i>Tab. 48 – Konstrukční popis obvodové stěny 4 po zateplení</i> .....	39
<i>Tab. 49 – Konstrukční popis obvodové stěny 5 po zateplení</i> .....	39
<i>Tab. 50 – Konstrukční popis obvodové stěny 6 po zateplení</i> .....	40
<i>Tab. 51 – Konstrukční popis obvodové stěny 7 po zateplení</i> .....	40
<i>Tab. 52 – Konstrukční popis obvodové stěny 8 po zateplení</i> .....	40
<i>Tab. 53 – Konstrukční popis obvodové stěny 9 po zateplení</i> .....	41
<i>Tab. 54 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – pokoj 1 a pokoj 2</i> .....	41
<i>Tab. 55 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – sednice a ložnice</i> .....	42
<i>Tab. 56 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – kuchyně a veranda</i> .....	42
<i>Tab. 57 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – koupelna a technická místnost</i> .....	42
<i>Tab. 58 – Celkové tepelné ztráty objektu po kompletním zateplení</i> .....	43
<i>Tab. 59 – Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV po zateplení</i> .....	43

<i>Tab. 60 – Náklady na renovaci podlah .....</i>	<i>44</i>
<i>Tab. 61 – Náklady na zateplení stropů.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 62 – Náklady na zateplení fasády minerální vatou .....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 63 – Náklady na zateplení fasády EPS.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 64 – Přehled tepelných ztrát pro jednotlivé varianty.....</i>	<i>45</i>
<i>Tab. 65 – Přehled potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 66 – Přehled kotlů pro jednotlivé varianty .....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 67 – Náklady na vytápění a přehled investic pro jednotlivé varianty.....</i>	<i>46</i>
<i>Tab. 68 – Zhodnocení jednotlivých návrhů pomocí NPV.....</i>	<i>49</i>
<i>Tab. 69 – Přehled neobnovitelné primární energie pro jednotlivé návrhy zateplení.....</i>	<i>52</i>

# Seznam použitých symbolů a zkratek

Symbol	Význam symbolu	Jednotka
$Q_{G,c}$	celkové tepelné ztráty	[W]
$Q_{T,t}$	tepelné ztráty prostupem tepla	[W]
$Q_{V,v}$	tepelné ztráty větráním	[W]
$U,k$	součinitel prostupu tepla složenou stěnou	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$U_N$	normovaný součinitel prostupu tepla složenou stěnou	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$U_{em}$	průměrný součinitel prostupu tepla složenou stěnou	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\Delta U_{tb}$	korekční faktor dle typu konstrukce	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$U_{kc}$	korigovaný součinitel prostupu tepla, který zahrnuje lineární tepelné mosty	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$U_{equiv}$	ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce v kontaktu se zemínou	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\chi$	bodový číselník prostupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\alpha$	součinitel přestupu tepla	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\alpha_i$	součinitel přestupu tepla na vnitřním povrchu stěny	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\alpha_e$	součinitel přestupu tepla na vnějším povrchu stěny	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
$\lambda$	tepelná vodivost	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
$\psi$	lineární součinitel prostupu tepla lineárního tepelného mostu	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
$R$	tepelný odpor stěny	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
$R_{si}$	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně stěny	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
$R_{se}$	odpor při přestupu tepla na vnější straně stěny	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
$R_T$	odpor konstrukce při prostupu tepla	$[m^2 \cdot K \cdot W^{-1}]$
$H$	měrná tepelná ztráta	$[W \cdot K^{-1}]$
$s, d$	délka, tloušťka, šířka	[m]
$l$	délka lineárního tepelného mostu	[m]
$P$	obvod podlahy přilehlé k zemině	[m]
$B_I$	charakteristické číslo pro podlahu na zemině	[m]
$A$	plocha stavební konstrukce	$[m^2]$
$V_{\omega,b}$	vzduchový objem budovy	$[m^3]$

$V_w$	množství teplé vody během výpočtového období	$[m^3]$
$V_{ih}$	objemový tok větracího vzduchu	$[m^3 \cdot s^{-1}]$
$t_i$	výpočtová vnitřní teplota	$[^{\circ}C]$
$t_e$	výpočtová vnější teplota	$[^{\circ}C]$
$t_g$	výsledná teplota	$[^{\circ}C]$
$t_{ai}$	teplota vnitřního vzduchu	$[^{\circ}C]$
$t_r$	střední radiační teplota okolních ploch	$[^{\circ}C]$
$t$	teplota	$[^{\circ}C]$
$t_u$	teplota nevytápěného prostoru	$[^{\circ}C]$
$t_w$	teplota TUV	$[^{\circ}C]$
$t_o$	teplota vody na vstupu do systému ohřevu	$[^{\circ}C]$
$T$	termodynamická teplota	$[K]$
$\varphi$	relativní vlhkost vzduchu	$[\%]$
$r$	diskont	$[\%]$
$r_n$	nominální diskontní míra včetně inflace	$[\%]$
$r_r$	reálná diskontní míra bez inflace	$[\%]$
$\alpha$	míra inflace	$[\%]$
$\rho$	hustota vzduchu při $t_i$	$[kg \cdot m^{-3}]$
$c$	měrná tepelná kapacita vzduchu při $t_i$	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$c_w$	měrná tepelná kapacita vody	$[kJ \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
$n$	intenzita výměny vzduchu	$[h^{-1}]$
$T_{\dot{z}}$	ekonomická doba životnosti	$[\text{rok}]$
$e$	korekční faktor zohledňující klimatické vlivy	$[-]$
$b_u$	činitel teplotní redukce	$[-]$
$f_{g1}$	korekční faktor zahrnující vliv ročního kolísání venkovní teploty	$[-]$
$f_{g2}$	teplotní redukční faktor zahrnující rozdíl mezi průměrnou roční venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou	$[-]$
$G_w$	korekční faktor zahrnující vliv podzemní vody	$[-]$
$\varepsilon_i$	výškový korekční činitel	$[-]$
$e_i$	stínící činitel	$[-]$

<b>Zkratka</b>	<b>Význam zkratky</b>	<b>Jednotka</b>
<i>PENB</i>	průkaz energetické náročnosti budovy	
<i>ENB</i>	energetická náročnost budovy	
<i>TUV</i>	teplá a užitková voda	
<i>EPS</i>	expandovaný (pěnový) polystyren	
<i>MW</i>	minerální vlna/vata	
<i>NPV</i>	net present value, čistá současná hodnota	[Kč]
<i>IN</i>	investiční výdaje	[Kč]
<i>CF<sub>t</sub></i>	hotovostní tok v t-tém roce	[Kč]
<i>DCF<sub>t</sub></i>	diskontovaný hotovostní tok v t-tém roce	[Kč]
<i>NPE</i>	neobnovitelná primární energie	[J]

# 1. Úvod

Výstavba domů i bytových objektů je každodenním chlebem současné společnosti. Stávajícím trendem je budování nízkoenergetických domů a při projektování novostavby se sleduje její energetická náročnost. Avšak ne všichni tíhnou k novotám a z důvodů rekreačního či trvalého užívání se pouští do rekonstrukce starého domu či chalupy, neboť mnoho takových staveb pochází ještě z předminulého nebo počátku minulého století a pro dlouhodobé, a mnohdy ani občasně užívání, není v patřičném technickém stavu a s patřičným vybavením. Ať již se jedná o vybavení sociální či technické, nebo o možnosti vytápění. I při takové rekonstrukci je nutné brát v potaz celkovou energetickou náročnost budovy.

## 1.1 Cíle práce

### 1. teoretický rozbor problematiky vytápění, tepelných ztrát a ohřevu vody, energetický průkaz budovy

V rozboru je uveden význam vytápění a následně informace o legislativě, která se týká energetického průkazu budov a souvisejících povinností stavebníka. Dále je v rozboru uveden význam tepelných ztrát, jejich celkový přehled a metody výpočtu a stanovení celkové potřeby energie.

### 2. popis objektu a požadavků na rekonstrukci

Ve shrnutí jsou uvedeny technické informace o stávajícím objektu, popis místností a stavebních prvků z energetického hlediska, požadavky na rekonstrukci a představa o budoucím stavu objektu. Též je zde uveden výpočet tepelných ztrát objektu před rekonstrukcí.

### 3. návrh zateplení a otopné soustavy

Dalším bodem je návrh zateplení a nové otopné soustavy. Tento návrh zahrnuje čtyři varianty zateplení objektu a výpočet patřičných tepelných ztrát a potřebných energií.

### 4. ekonomický rozbor navrhovaných možností vytápění

Na základě návrhů rekonstrukce jsou zde vypočteny a uvedeny náklady na vytápění pro jednotlivé varianty a též náklady na realizaci jednotlivých variant zateplení. Na základě vypočtených nákladů je stanoveno ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů.

## **5. technický a ekologický rozbor**

V předposlední kapitole jsou navrhované možnosti zateplení rozebrány z technického hlediska a to jak vzhledem ke stavebním možnostem, tak vzhledem k technickým vlastnostem navrhovaných materiálů a z ekologického hlediska vzhledem ke spotřebě energie a emisních vlivů.

## **6. celkové zhodnocení navrhovaných možností**

Podle ekonomických, ekologických a technických požadavků je doporučena jedna varianta pro řešení dané rekonstrukce a zmíněny klady a zápory jejího provedení ve srovnání s variantami ostatními.

## **1.2 Zaměření práce**

Tato práce je zaměřena na reálnou možnost rekonstrukce starého vesnického stavení pro trvalé obývání při zachování jeho vzhledového rázu. Jedná se o návrh na konkrétním objektu jako informace pro jeho majitele, co vše by obnášelo danou nemovitost zrekonstruovat, a zároveň je inspirací pro autora v podobě podobných plánů v budoucnosti.

# **2. Problematika vytápění**

## **2.1 Význam vytápění**

Vzhledem k tomu, že člověk již dávno opustil souznění s přírodou a začal přírodní zdroje využívat ku svému prospěchu a pohodlí, není již dnes možné se do přírodních podmínek zcela vrátit. Lidské tělo se z hlediska tepelné techniky chová jako generátor a výměník tepla a za běžných podmínek je vnitřní teplota lidského těla v rozmezí 36,6 ~ 36,9 °C a musí být přibližně stálá. Přebytkové teplo se tedy musí odvádět do okolí a pro dosažení pocitu tepelné pohody je potom nutné, aby organismem produkované teplo a teplo odváděné do okolí byly v rovnováze.

Významem vytápění je zajistit přijatelné tepelné podmínky pro práci i odpočinek s ohledem na co možná nejmenší spotřebu energie a paliv při provozu otopných zařízení a soustav. Největší význam vytápění je v průběhu zimy, kdy venkovní teploty dlouhodobě klesají pod bod mrazu, naopak v letních měsících může být otázkou zajištění tepelné pohody klimatizační systém. Vliv na venkovní teplotu ale nemá jen roční období, ale též geografická poloha, nadmořská výška, vítr a dopadající sluneční záření. Z venkovních faktorů lze určit, po jakou dobu bude trvat topná sezóna. Začátek otopného období pro byty a nebytové prostory v bytových a nebytových budovách je dle §2 vyhlášky č. 194/2007 Sb. 1. září a jeho



konec 31. května následujícího roku, přičemž platí, že dodávka tepelné energie se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě poklesne pod 13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí nelze pro následující den očekávat zvýšení této teploty nad tuto mez. Kdy průměrná denní teplota venkovního vzduchu se stanoví jako čtvrtina součtu venkovních teplot měřených ve stínu s vyloučením vlivu sálání okolních ploch v 7.00, 14.00 a ve 21.00 hod., přičemž teplota měřená ve 21.00 hod. se počítá dvakrát. K přerušení nebo omezení vytápění v daných prostorech dojde v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad 13 °C ve dvou po sobě následujících dnech a podle vývoje počasí nelze pro následující den očekávat pokles této teploty pod tuto mez. V případě poklesu průměrné denní teploty venkovního vzduchu pod 13 °C se vytápění obnoví. [2]

Takto stanovené otopné období platí pro bytové i nebytové budovy, které jsou připojeny na centrální výrobní tepla. Jeho délka, respektive počet dnů otopného období, je uvedena v tabulkách a úspěšně ji lze použít i pro tuto práci, kromě toho je v tabulkách ještě uvedena průměrná venkovní teplota v topném období, jež se užívá k vypočtení roční potřeby tepla a paliva.

## **2.2 Legislativní problematika dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií**

### **2.2.1 Energetický průkaz budovy**

Průkaz energetické náročnosti budovy je dle písmene m) prvního odstavce, § 2 dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy, přičemž energetickou náročností budovy se dle písmene f) téhož odstavce rozumí vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, které je později v témže odstavci pod písmenem i) definováno jako proces sdílení tepla do vytápěného prostoru zajišťovaný příslušným technickým zařízením za účelem vytváření tepelné pohody či požadovaných standardů vnitřního prostředí, chlazení, větrání, úpravy vlhkosti vzduchu, přípravy teplé vody a osvětlení.[1]

Vypočtené množství energie je upřesněno ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov v § 2 pod písmenem h) jako energie, která se stanoví z potřeby energie pro zajištění typického užívání budovy se zahrnutím účinností technických systémů, v případě spotřeby paliv je spotřeba energie vztažena k výhřevnosti paliva. Vyhláška dále v prvním odstavci § 3 pod několika písmeny hovoří o základních ukazatelích energetické náročnosti, z nichž podstatné pro tuto práci jsou [5]:

- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici.

Dodaná energie se podle prvního odstavce § 4 vypočítá jako součet vypočtené spotřeby energie a pomocné energie. Výpočet celkové dodané energie a dílčích dodaných energií se provede výpočtovou metodou s intervalem výpočtu nejvýše jednoho měsíce a po jednotlivých zónách. Do výpočtu tak vstupují dílčí dodané energie na vytápění, na chlazení, na větrání, na úpravu vlhkosti vzduchu, na přípravu teplé vody a na osvětlení, přičemž dílčí dodané energie na větrání a na úpravu vlhkosti vzduchu mají význam pouze při větrání nuceném.

Celková primární energie a neobnovitelná energie se podle prvního odstavce § 5 vyhlášky vypočítají jako „*součet součinů dodané energie, v rozdělení po jednotlivých energonositelích, stanovené podle § 4 a příslušných faktorů primární energie uvedených v příloze č. 3 k této vyhlášce*“. Podle třetího odstavce téhož paragrafu se neobnovitelná primární energie pro referenční budovu vypočítá „ *vynásobením vypočtených spotřeb energie a pomocných energií pro jednotlivé technické systémy faktory neobnovitelné primární energie podle typů spotřeb uvedenými v tabulce č. 4 přílohy č. 1 k této vyhlášce a snížením hodnoty takto stanovené neobnovitelné primární energie o hodnotu uvedenou v tabulce č. 5 přílohy č. 1 k této vyhlášce*“. [5] Zmíněné přílohy k dané vyhlášce jsou popořadě přílohy č. 1, č. 2 a č. 3. v této práci.

Energonositelem se podle písmene g) § 2 vyhlášky rozumí hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů a referenční budovou dle písmene a) téhož paragrafu výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy. [5]

### **2.2.2 Povinnosti stavebníka s ohledem na snižování energetické náročnosti budov**

Jak již bylo řečeno v úvodu, nejen novostavby, ale i rekonstruované objekty mohou podléhat požadavkům na snižování energetické náročnosti spojené s jejich užíváním a jejich nesplnění může vést až k různým sankcím. Podrobnější rozbor sankcí následuje na konci podkapitoly 2.1, avšak pro lepší orientaci v textu již budou některé následující pasáže označeny (\*) a posléze na ně bude odkazováno.

Ve druhém odstavci § 7 zákona o hospodaření energií je stanoveno, že v případě větší změny dokončené budovy jsou stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek povinni plnit požadavky na energetickou náročnost budovy podle prováděcího právního předpisu a stavebník je povinen při podání žádosti o stavební povolení, žádosti o změnu stavby před jejím dokončením s dopadem na její energetickou náročnost nebo ohlášení stavby, anebo vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek jsou povinni před zahájením větší změny dokončené budovy, v případě, kdy tato změna nepodléhá stavebnímu povolení či ohlášení, doložit průkazem energetické náročnosti budovy následující:

- a) splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni pro budovu nebo pro měněné stavební prvky obálky budovy a měněné technické systémy podle prováděcího právního předpisu,
- b) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie podle prováděcího právního předpisu,
- c) stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy podle prováděcího právního předpisu. [1](\*)

Kdy větší změnou se dle písmene s) prvního odstavce § 2 zákona o hospodaření energií rozumí změna dokončené budovy na více než 25% celkové obálky budovy. Tou se dle písmene t) téhož odstavce rozumí soubor všech teplosměnných konstrukcí na systémové hranici celé budovy nebo zóny, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru, sousední nevytápěné budově nebo sousední zóně budovy vytápěné na nižší vnitřní návrhovou teplotu.

Nákladově optimální úrovně jsou v témže odstavci pod písmenem v) stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, které vedou k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu a technický systém budovy je podle písmene u) definován jako zařízení určené k vytápění, chlazení, větrání, úpravě vlhkosti vzduchu, přípravě teplé vody, osvětlení budovy nebo její ucelené části nebo pro kombinaci těchto účelů. [1]

Ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. je v § 6 nákladově optimální úroveň ještě upřesněna, a to tak, že podle druhého odstavce jsou požadavky na energetickou náročnost při větší změně dokončené budovy a při jiné než větší změně dokončené budovy, stanovené výpočtem na nákladově optimální úrovni, splněny, pokud [5]

- a) hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy uvedených v § 3 odst. 1 písm. b) a e) nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo

- b) hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy uvedených v § 3 odst. 1 písm. c) a e) nejsou vyšší než referenční hodnoty těchto ukazatelů energetické náročnosti pro referenční budovu, nebo
- c) hodnota ukazatele energetické náročnosti hodnocené budovy pro všechny měněné stavební prvky obálky budovy uvedeného v § 3 odst. 1 písm. f) není vyšší než referenční hodnota tohoto ukazatele energetické náročnosti uvedená v tabulce č. 2 přílohy č. 1 k této vyhlášce a současně hodnota ukazatele energetické náročnosti hodnocené budovy pro všechny měněné technické systémy uvedeného v § 3 odst. 1 písm. g) není nižší než referenční hodnota tohoto ukazatele energetické náročnosti uvedená v tabulce č. 3 přílohy č. 1 k této vyhlášce.

Zmíněné odstavce a jejich význam jsou vypíchnuty v předchozím textu v kapitole 2.2.1, tabulka je opět v příloze jako příloha č. 4.

Třetí odstavce § 7 zákona ještě dále upřesňuje situace, kdy je prováděna jiná než větší změna dokončené budovy, nebo je změna prováděna do 10 let od vyhodnocení energetického průkazu, avšak dané situace jsou pro účely této práce irelevantní a odstavce je zmíněn pouze pro úplnost. Naopak pod písmenem b) čtvrtého odstavce §7 se pro stavebníka, v případě instalace vybraných zařízení vyrábějících energii z obnovitelných zdrojů, která jsou financována z programů podpory ze státních, evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů, v budově, skrývá povinnost zajistit, aby tuto instalaci provedly pouze osoby určené § 10d a toto zajištění se prokazuje předložením kopie daňových dokladů týkajících se příslušné instalace. [1](\*)

Výše zmíněné požadavky na energetickou náročnost budovy při větší změně dokončené budovy nemusí být dle písmene f) pátého odstavce § 7 splněny, pokud stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek prokáže energetickým auditem, že to není technicky nebo ekonomicky vhodné s ohledem na životnost budovy a její provozní účely. [1]

Ze všech uvedených pravidel pak pro stavebníka dle písmene a) prvního odstavce § 7a při výstavbě nových budov nebo při větších změnách dokončených budov vyplývá celková povinnost opatřit si průkaz energetické náročnosti. [1](\*)

### **2.2.3 Povinnosti vlastníků při provozování kotlů a rozvodů tepelné energie a klimatizačních systémů**

V prvním odstavci § 6a zákona o hospodaření energií jsou stanoveny povinnosti spojené s provozováním kotlů se jmenovitým výkonem nad 20 kW a příslušných rozvodů tepelné energie. Ve druhém odstavci jsou potom tyto informace doplněny o povinnosti sou-

visející s provozováním klimatizačních systémů se jmenovitým výkonem nad 12 kW a v odstavci třetím jsou upřesněny podmínky požadovaných kontrol. Jmenovitým výkonem se v obou případech rozumí nejvyšší tepelný výkon, vyjádřený v kW, uvedený výrobcem, kterého lze dosáhnout při trvalém provozu a při účinnosti uvedené výrobcem, § 2, odst. 1 písm. k). [1]

Čtvrtý odstavec § 6a hovoří o zproštění výše zmíněných požadavků pro kotle a klimatizační systémy umístěné v rodinných domech, bytech a stavbách pro rodinnou rekreaci. V takových případech se majiteli poskytuje poradenství podle § 5 odst. 4 písm. g). Kromě tohoto poradenství je ještě možnost podle státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie, což je dle prvního odstavce § 5 dokument vyjadřující cíle v oblasti zvyšování účinnosti užití energie, snižování energetické náročnosti a využití obnovitelných a druhotných zdrojů v souladu se schválenou státní energetickou koncepcí a zásadami udržitelného rozvoje, čerpat, jak je uvedeno ve čtvrtém odstavci téhož paragrafu, k jeho uskutečnění dotace ze státního rozpočtu a to pro účely této práce zejména na:

- a) energeticky úsporná opatření ke zvyšování účinnosti užití energie a snižování energetické náročnosti budov včetně rozvoje budov s téměř nulovou spotřebou energie,
- d) moderní technologie a materiály pro energeticky úsporná opatření,
- e) rozvoj využívání obnovitelných a druhotných zdrojů energie. [1]

V případě čerpání dotací může být příjemce kontrolován, zda splňuje podmínky i účel poskytované dotace, jak je uvedeno v prvním odstavci § 13c pod písmenem c). Tuto kontrolu je oprávněna provádět státní energetická inspekce. [1]

V souvislosti s provozováním kotlů je třeba neopomenout i jejich dodavatele, neboť i jim ze zákona vyplývají povinnosti. Ty jsou uvedeny ve třetím odstavci § 6, kde se praví, že dodavatel nejen kotlů a kamen na biomasu, ale i solárních fotovoltaických a solárních tepelných systémů, mělkých geotermálních systémů a tepelných čerpadel, je povinen uvést pravdivé, nezkreslené a úplné informace o předpokládaných přínosech a ročních provozních nákladech těchto zařízení a jejich energetickou účinnost v technické dokumentaci nebo návodu na použití. [1] Tyto informace jsou pro ekonomické zhodnocení revitalizace otopné soustavy nezbytné.

#### **2.2.4 Povinnosti stavebníka při nesplnění požadavků na snížení energetické náročnosti a související rizika**

Již bylo zmíněno, že stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků nemusí při větší změně dokončené budovy nutně splnit požadavky na energetickou náročnost budovy. Na tuto možnost je pamatováno v prvním odstavci § 9 pod písmenem b). Pokud takový případ nastane, je stavebník nebo vlastník budovy povinen zpracovat pro budovu energetický audit. Takový audit dle třetího odstavce § 9 platí do provedení větší změny dokončené budovy, pro které byl zpracován, a musí být objektivně, pravdivě a úplně zpracován buď příslušným energetickým specialistou podle § 10 odst. 1 písm. a), nebo osobou usazenou v jiném členském státě Unie, pokud je tato osoba oprávněna k výkonu uvedené činnosti podle právních předpisů jiného členského státu Unie. [1]

Ve čtvrtém odstavci § 9 jsou podrobně uvedeny další povinnosti stavebníka, společenství vlastníků jednotek nebo v případě, že pro ně nastala povinnost zpracovat energetický audit, a to zejména:

- a) předložit na vyžádání energetický audit ministerstvu nebo Státní energetické inspekci,
- c) v případě provedení auditu oprávněnou osobu usazenou v jiném členském státě Unie tuto skutečnost oznámit ministerstvu a předložit ministerstvu kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Unie. [1](\*)

Na počátku kapitoly 2.1 byly zmíněny možnosti postihování stavebníka či majitele budovy při neplnění povinností spojených se snižováním energetické náročnosti budov. Stavebníkovi či vlastníkovi budovy stačí nesplnit pouze některou ze zmiňovaných povinností (v předcházejícím textu označeny (\*)) a již se dle § 12 dopustí přestupku. Za takový přestupek může být dle písmene b) druhého odstavce téhož paragrafu udělena pokuta až ve výši 100 000 Kč. [1] Kompletní výčet všech situací, kdy se fyzická osoba dopustí přestupku, je uveden v prvním odstavci § 12 zákona o hospodaření energií.

### **2.3 Tepelné ztráty a tepelný výkon otopné soustavy obecně**

Při dimenzování otopné soustavy a určení energie potřebné k vytápění je bezpodmínečně nutné určit tepelné ztráty objektu, neboť tepelný výkon otopné soustavy a všech jejích částí musí být v souladu s požadavkem udržení vnitřní výsledné teploty. Jinými slovy to znamená, že tepelný výkon soustavy musí být v rovnováze s celkovou ztrátou budovy do okolí, což je množství tepla, které je odvedené za danou dobu z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí prostupem tepla a větráním. Vnějšími prostředím se dle písmene c) §2 vy-

hlášky č. 78/2013 Sb. rozumí venkovní vzduch, vzduch v přilehlých nevytápěných prostorech, přilehlá zemina, sousední budova a jiná sousední zóna. Prostředím vnitřním se naopak dle písmene d) téhož odstavce rozumí prostředí uvnitř zóny, které je definováno návrhovými hodnotami teploty, relativní vlhkosti vzduchu a objemového toku výměny vzduchu, případně rychlostí proudění vnitřního vzduchu a požadované intenzity osvětlení uvnitř zóny. [5]

V podstatě se tak jedná o vyčíslení všech tepelných toků předávaných z vytápěných místností do chladnějšího okolí, ať již se toto okolí nalézá uvnitř či venku. Toto vyčíslení se provede tak, že se stanoví tepelná ztráta nebo tepelný zisk každé jednotlivé místnosti v budově a jejich součtem pak celková tepelná ztráta objektu. Tato ztráta se stanoví pro nejnížší výpočtovou venkovní teplotu v zimním období, a jde o množství tepla, které musí vytápěcí systém dodat do místností, aby v nich i za těchto podmínek byla zabezpečena navržená nebo výpočtová teplota. Pro výpočet tepelných ztrát jsou zapotřebí následující podklady: [4]

- umístění stavby, její nadmořská výška, orientace ke světovým stranám a poloha v krajině,
- půdorysy jednotlivých podlaží se všemi hlavními skladebnými rozměry, včetně polohy osazení oken a dveří a jejich velikostí,
- řez (nebo řezy) s udáním světlých a konstrukčních výšek,
- tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů (tím se míní skladby konstrukcí nebo hodnoty tepelných odporů či součinitelů prostupu tepla a u výplní otvorů typy nebo hodnoty součinitele prostupu tepla a součinitele spárové průvzdušnosti),
- údaje o účelu jednotlivých místností a případně individuální požadavky na vnitřní teplotu.

Výpočtová venkovní teplota  $t_{ev}$ , která je nezbytná výpočtu, se stanoví jako nejnížší dlouhodobý pětidenní průměr teplot  $t_e$ . Tato teplota je určena ze statistik meteorologických pozorování a pro okres Písek a otopné období definované v kapitole 2.1 je uvedena v následující tabulce.

Místo	Výška n.m. [m]	venkovní návrhová teplota v zimním období $t_e$ [°C]	průměrná venkovní teplota v otopném období $t_{em}$ [°C]	délka otopného období [dny]
Písek	348	-15	3,7	247

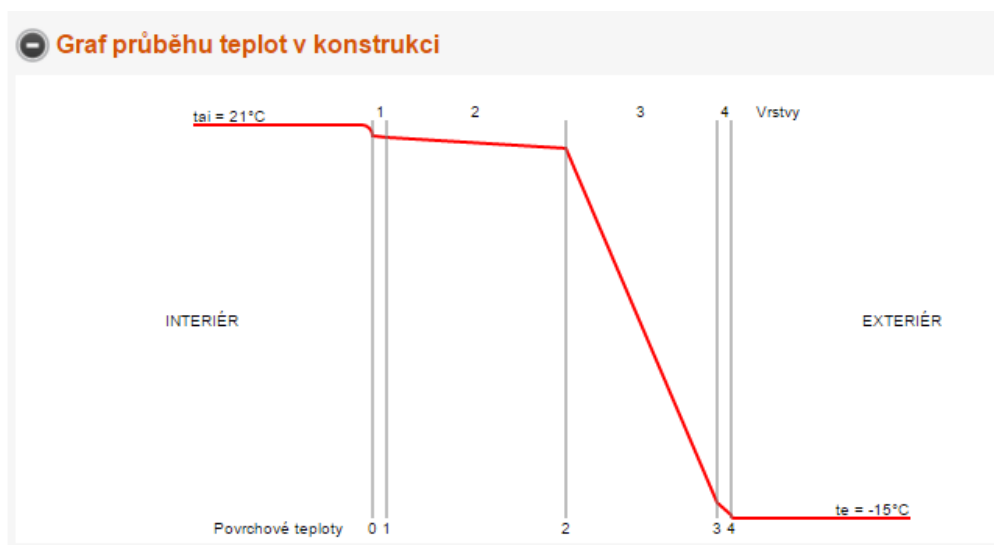
*Tab. 1 – Detaily pro otopné období [3]*

Po zjištění těchto informací již je možné přistoupit k samotnému postupu určení tepelných ztrát. Tento postup má dva kroky a to předběžný výpočet pro celou budovu a přesný výpočet pro jednotlivé místnosti. V zásadě do výpočtu celkových tepelných ztrát vstupují tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

### 2.3.1 Tepelné ztráty prostupem

Tepelné ztráty prostupem jsou ztráty, které jsou způsobeny prostupem tepla stavební konstrukcí z místa s větší teplotou do místa s teplotou nižší. Stavební konstrukcí se v tomto případě myslí zdivo obvodové i vnitřní, podlaha, strop, okna a dveře. Ztráty prostupem potom mohou být prostupem tepla z vytápěného prostoru do exteriéru konstrukcí, prostupem tepla z vytápěného prostoru do exteriéru nevytápěným prostorem, prostupem zeminou z vytápěného prostoru do zeminy za ustáleného stavu, nebo prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru, který je vytápěn na nižší teplotu. Ztráty prostupem složenou stěnou lze schematicky znázornit na následujícím obrázku a součinitel prostupu tepla takovou stěnou je:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + R + \frac{1}{\alpha_e}}, \quad (2.1)$$



Obr. 1 – Tepelný tok složenou stěnou [10]

kdy tepelný odpor stěny  $R$  je dán pouze stavební konstrukcí a nezávisí na okolí. V původní literatuře je součinitel prostupu tepla označován písmenem  $k$ . Podle nové normy se užívá označení písmenem  $U$ . Pro stěnu složenou z  $n$  stejnorodých vrstev platí pro tepelný odpor stěny vztah:

$$R = \sum_{j=1}^n \frac{s_j}{\lambda_j} \quad (2.2)$$



Koeficient  $\lambda$  v předchozím vzorci vyjadřuje schopnost vrstvy materiálu vést teplo a jeho hodnota udává množství tepla, které proudí vrstvou o tloušťce 1m při rozdílu povrchových teplot 1K. Při užití tepelných odporů namísto součinitelů pro přestup tepla lze vztah 2.1 vyjádřit ve tvaru:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T}, \quad (2.3)$$

Hodnoty zmíněných odporů pro různé směry tepelného toku a pro vnější a vnitřní prostředí jsou tyto:

Odpor při prostupu tepla	Směr tepelného toku		
	nahoru	vodorovně	dolů
$R_{si}$ [ $\text{m}^2\text{KW}^{-1}$ ]	0,1	0,13	0,17
$R_{se}$ [ $\text{m}^2\text{KW}^{-1}$ ]	0,04	0,04	0,04

*Tab. 2 – Hodnoty odporu při prostupu tepla[5]*

Součinitel prostupu tepla je ukazatelem úrovně tepelně izolační kvality stavební konstrukce, hodnoty tepelně technických požadavků jsou podrobně uvedeny v normě ČSN 73 0540 – Tepelná ochrana budov, díl 2 (z roku 2007). Konstrukce vytápěných nebo klimatizovaných budov musí mít v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i \leq 60\%$  součinitel prostupu tepla  $U$  takový, aby splňoval podmínku:  $U \leq U_N$ . Vybrané hodnoty normovaného prostupu tepla  $U_N$  jsou uvedeny v tabulce v příloze č. 5. Dále musí budova, jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2.1, plnit hodnotu požadovaného průměrného součinitele prostupu tepla, který je možno vyjádřit vztahem:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (2.4)$$

A opět pro tento součinitel platí, že musí být menší nebo roven hodnotě dané normou. Přehled normou daných hodnot je uveden v příloze č. 6.

### 2.3.2 Tepelné ztráty větráním (infiltrací)

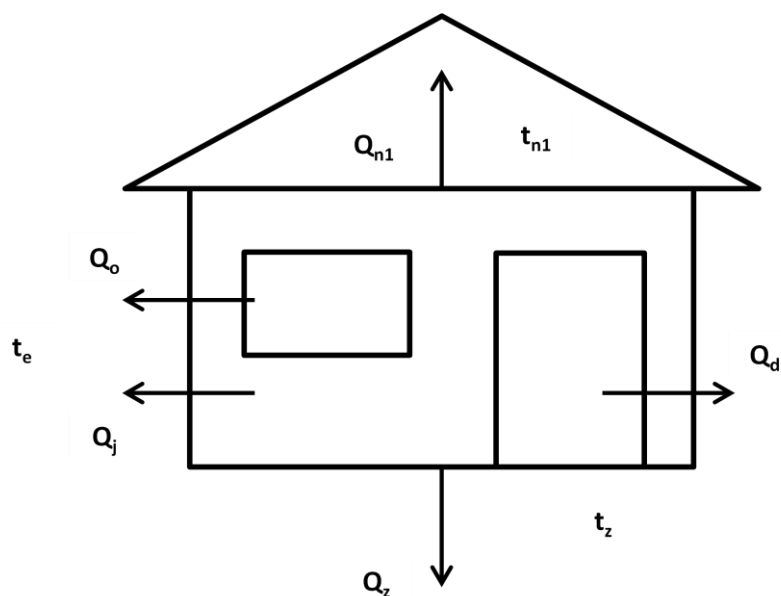
Tepelné ztráty větráním jsou způsobeny průchodem vzduchu stavebními materiály a konstrukcemi. V podstatě je tak zajištěna výměna vzduchu mezi vnitřním a vnějším prostředím. Tento jev je důležitý především u oken, neboť je tím zabezpečen přívod vzduchu do místností. Přívod čerstvého vzduchu je neoddiskutovatelný, neboť člověk při klidové aktivitě požaduje zajistit výměnu vzduchu alespoň  $15 \text{ m}^3$  za hodinu, při aktivitě větší až  $25 \text{ m}^3$  za hodinu. Přičemž zdrojem znečištění vnitřního vzduchu nejsou pouze metabolické produkty, ale též látky produkované lidskou činností, jako je například tabákový kouř nebo vlhkost vzniká-

jící při sušení prádla, a také nežádoucí látky, jež mohou být obsaženy ve stavebních hmotách nebo ve vybavení interiéru, kupříkladu formaldehyd v nábytku nebo radon ve stavebních konstrukcích. Předepsaná intenzita výměny vzduchu pro obytné místnosti je 0,3 až 0,6 h<sup>-1</sup>. To znamená, že za hodinu by mělo dojít k výměně 0,6 vnitřního vzduchového objemu za venkovní, přičemž nejnižší povolený limit z hygienického hlediska je ještě výměna 0,3 vnitřního vzduchového objemu za hodinu.

U stavebních konstrukcí se tak může stát, že u netěsných oken bude přívod vzduchu zbytečně veliký a s tím porostou i tepelné ztráty větráním, nebo naopak u velmi těsných oken může být přívod vzduchu nedostačující. Výměna vzduchu je navíc ovlivněna počtem osob v místnosti nebo typem místnosti, neboť v koupelnách nebo v kuchyních dochází k větší koncentraci vlhkosti a je mnohdy nutné je vybavit odsáváním vzduchu pro dosažení požadované výměny vzduchu, která může být až 1,5 vnitřního vzduchového objemu za hodinu. Domy s nuceným přívodem a odvodem vzduchu mohou být ještě vybaveny rekuperací nebo dohřevem přiváděného vzduchu [3, 4].

## 2.4 Předběžný výpočet tepelných ztrát

Předběžným výpočtem tepelných ztrát se stanoví potřeba tepla pro vytápění pro celý objekt, zde je zmíněna takzvaná obálková metody, což znamená, že se tepelná ztráta stanoví pro konstrukce vymežující obálku budovy na hranici vnitřního vytápěného prostoru a exteriéru. Obálka budovy je tedy tvořena zejména obvodovými stěnami, výplněmi otvorů, střechou a podlahou. Schematicky je vymezení obálky objektu naznačeno na obrázku.



Obr. 2 – Vymezení obálky objektu

### 2.4.1 Předběžný výpočet tepelných ztrát prostupem $Q_t$

Základní tepelná ztráta prostupem konstrukce o stejné hodnotě  $U$  je dána vztahem:

$$Q = A \cdot U \cdot (t_i - t_e), \quad (2.5)$$

který jde za pomoci vyjádření

$$H = A \cdot U \quad (2.6)$$

přepsat na tvar

$$Q = H \cdot (t_i - t_e) = H \cdot \Delta t. \quad (2.7)$$

Celková tepelná ztráta prostupem je potom dána součtem jednotlivých tepelných ztrát prostupem konstrukcí se stejnou hodnotou  $U$ , tvořících obálku objektu. To znamená, že se spočítají tepelné ztráty prostupem pro vnější stěny, okna, dveře, podlahu na zemině a stropy pod půdou. Ve výpočtu se počítá s jednotnou střední teplotou v interiéru budovy, která je pro obytné stavby stanovena na 18°C, teplota zeminy pod podlahou 5°C.

Při zahrnutí tepelných vazeb do exteriéru je nutno do vzorce pro výpočet tepelných ztrát zahrnout ještě vliv lineárních tepelných mostů. Výsledný vzorec pak má tvar:

$$H_T = \sum H_{Ti} = \sum (A_i \cdot U_i \cdot b_i) + (\sum (\psi_k \cdot l_k) + \sum \chi_j), \quad (2.8)$$

přičemž z druhého členu výrazu je možné pro usnadnění výpočtu vyjádřit celkový průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi

$$\Delta U_{tb} = \frac{(\sum (\psi_k \cdot l_k) + \sum \chi_j)}{A} \quad (2.9)$$

a měrnou tepelnou ztrátu prostupem lze potom počítat zjednodušeně pomocí vztahu

$$H_T = \sum (A_i \cdot U_i \cdot b_i) + A \cdot \Delta U_{tb} \quad (2.10)$$

za hodnot  $\Delta U_{tb}$  podle následující tabulky:

Provedení budovy	$\Delta U_{tb} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}]$
budovy s důsledně optimalizovanými tepelnými vazbami	0,02
budovy s mírnými tepelnými vazbami	0,05
budovy s běžnými tepelnými vazbami	0,10
budovy s výraznými tepelnými vazbami	0,20

*Tab. 3 – Hodnoty  $\Delta U_{tb}$  pro různá provedení budov*

#### **2.4.2 Předběžný výpočet tepelných ztrát větráním $Q_v$**

U budov s přirozeným nebo nuceným podtlakovým lze při předběžném výpočtu ztrát větráním postupovat tak, že se podle požadavků na vnitřní prostředí dle typu budovy určí číslo intenzity výměny vzduchu  $n$ , pro obytné budovy typicky  $n = 0,5$ . Potom je možné stanovit objemový tok větracího vzduchu jako

$$V_{ih} = \left(\frac{n}{3600}\right) \cdot V_a, \quad (2.11)$$

přičemž zjednodušený vzduchový objem budovy  $V_a$  lze stanovit z vnějších rozměrů budovy se snížením na 80%. Následně je možné vyčíslit tepelnou ztrátu větráním:

$$Q_v = 1300 \cdot V_i \cdot (t_i - t_e) \quad (2.12)$$

a posléze určit celkovou předběžnou tepelnou ztrátu objektu

$$Q_c = Q_t + Q_v \quad (2.13)$$

### **2.5 Přesný výpočet tepelných ztrát**

Přesný výpočet tepelných ztrát se provádí pro každou místnost objektu zvlášť a slouží především k návrhu otopných ploch v jednotlivých místnostech a návrhu zdroje tepla. Jak již bylo zmíněno na začátku kapitoly 2.3, je při výpočtu zohledněn i exteriér objektu.

Návrhové vnitřní teploty v jednotlivých místnostech odpovídají takzvané výsledné teplotě  $t_g$  – což je teplota, které dosáhne těleso bez vlastního zdroje tepla, situované v místě, v němž se zjišťuje tepelný účinek. Účinek okolních ploch na těleso je takový, že je-li teplota okolních ploch vyšší než teplota okolního vzduchu, těleso se od okolních ploch ohřívá sáláním a konvekcí se ochlazuje. V případě opačném, se povrch tělesa ohřívá konvekcí a zároveň ochlazuje sáláním. [3]

Vnitřní, respektive výpočtová vnitřní teplota  $t_{iv}$  by se měla shodovat s výslednou teplotou  $t_g$  při podmínkách tepelné pohody. Teplota  $t_g$  ovšem zahrnuje též účinky sálání, což v praxi znamená, že výsledná teplota  $t_g$  je u převážně sálavých způsobů vytápění vyšší než požadovaná teplota  $t_v$ , a naopak u převážně konvektivních způsobů vytápění je o něco nižší. Výpočtová vnitřní teplota se tedy raději ztotožňuje s teplotou vzduchu v místnosti. Při zahrnutí korekce je možno návrhovou teplotu vnitřního vzduchu určit vztahem:

$$t_{ai} = t_i + \Delta t_{ai}, \quad (2.14)$$

přirážka podle typu objektu a způsobu vytápění  $\Delta t_{ai}$  se stanoví podle tabulky.

Budova	Přirážka $\Delta t_{ai}$ [°C]		
	Vytápění radiátory ústředního topení	Vytápění sálavé	Vytápění konvekční
bytová a občanská do roku 1975	2,0	1,0	3,0
bytová a občanská od 1975 do 1995	1,0	0,5	1,5
bytová a občanská po roce 1995	0,6	0,3	0,9
nízkoenergetická	0	0	0
průmyslová s velmi lehkou a lehkou prací	1,0	0,5	1,5
průmyslová se středně těžkou a těžkou prací	2,0	1,0	3,0

Tab. 4 – Přirážka na vyrovnání rozdílu mezi návrhovou vnitřní teplotou a teplotou vnitřního vzduchu [7]

Doporučené hodnoty vnitřní výpočtové teploty a relativní vlhkosti vzduchu u trvale obývaných budov jsou uvedeny v následující tabulce [2, 3].

Druh vytápěné místnosti	$t_{iv}$ [°C]	$\varphi_{ai}$ [%]
obývací místnosti	20	50
kuchyně	20	50
koupelny	24	90
klozety	20	50
vytápěné vedlejší místnosti	15	50
vytápěná schodiště	10	50

Tab. 5 – Hodnoty  $t_{iv}$  a  $\varphi_{ai}$  v obytných prostorech [2]

### 2.5.1 Přesný výpočet tepelných ztrát prostupem $Q_T$

Na základě obecných vzorců (2.5), (2.6) a (2.7) pro vyjádření tepelných ztrát a pro vyjádření tepla pomocí tepelných ztrát lze přesné tepelné ztráty prostupem vyjádřit následovně:

$$Q_T = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (t_i - t_e) \quad (2.15)$$

Dílčí ztráty, které vstupují do výpočtu celkových ztrát, jsou tepelné ztráty do exteriéru pro všechny konstrukční prvky na hranici vytápěného prostoru a exteriéru a lineární tepelné mosty

$$H_{T,ie} = \sum A_K \cdot U_K \cdot e + \sum \psi_i \cdot l_i \cdot e, \quad (2.16)$$

a zjednodušeným způsobem je lze vyjádřit korekcí součinitele prostupu tepla u konstrukce, ve které se most nachází.

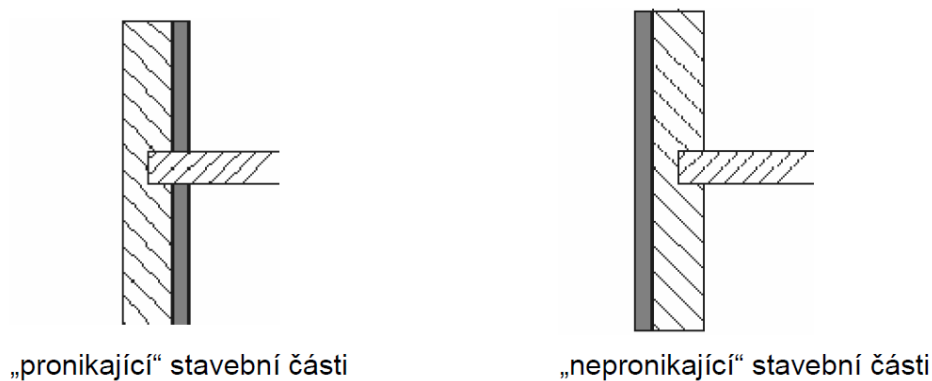
$$Q_z = \sum(A \cdot U_{kc} \cdot e) \cdot (t_i - t_e) \quad (2.17)$$

$$U_{kc} = U + \Delta U_{tb} \quad (2.18)$$

Tento postup je nevhodný pro nové stavby, kde jsou tepelné mosty minimalizovány, pro starý objekt je jeho užití korektní. Tepelný most je dle ČSN 73 0540-1 část dané stavební konstrukce, kde se její tepelný odpor významně mění, což může nastat:

- úplným nebo částečným průnikem stavební konstrukce nebo vrstvy materiálu s odlišnou tepelnou vodivostí (konstrukce je tepelně nestejnorodá), nebo stavební konstrukce obsahuje alespoň jednu nestejnorodou vrstvu,
- změnou tloušťek vrstev stavební konstrukce,
- rozdílem mezi vnitřními a vnějšími plochami stavební konstrukce, např. výztužnými žebry. [8]

Znázornění „pronikajících“ a „nepronikajících“ konstrukcí je na následujícím obrázku, hodnoty korekčního činitele pro různé stavební části jsou v tabulkách, které za obrázkem následují.



*Obr. 3 – Pronikající a nepronikající stavební části [6]*

Počet „průniků“ stropních konstrukcí	Počet „průniků“ stěn	$\Delta U_{tb}$ pro svislé stavební části [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ]	
		Objem prostoru <100m <sup>3</sup>	Objem prostoru >100m <sup>3</sup>
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25

Tab. 6 – Korekční činitel  $\Delta U_{tb}$  pro svislé stavební části [6]

Stavební část		$\Delta U_{tb}$ pro vodorovné stavební části [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ]	
Lehká stropní/podlahová konstrukce		0	
Těžká stropní podlahová konstrukce	Počet stran v kontaktu s venkovním prostředím	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20

Tab. 7 – Korekční činitel  $\Delta U_{tb}$  pro vodorovné stavební části [6]

Plocha stavební části [m <sup>2</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ pro otvorové výplně [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ]
0 až 2	0,5
2 až 4	0,4
4 až 9	0,3
9 až 20	0,2
více než 20	0,1

Tab. 8 – Korekční činitel  $\Delta U_{tb}$  pro otvorové výplně [6]

Další ze ztrát, které jsou započítány ve výpočtu celkových ztrát prostupem, jsou tepelné ztráty nevytápěným prostorem, které se uvažují v případě, že je mezi vytápěným prostorem a exteriérem prostor nevytápěný, například předsín nebo nevytápěná komora.

$$H_{T,iue} = \sum(A_k \cdot U_k \cdot b_u) + \sum(\psi_i \cdot l_i \cdot b_u) \quad (2.19)$$

Pokud je známa teplota v nevytápěném prostoru, je možné součinitel  $b_u$ , který zahrnuje teplotní rozdíl mezi teplotou nevytápěného prostoru a venkovní návrhovou teplotou, vypočítat podle následujícího vztahu. V opačném případě lze jeho hodnotu určit podle tabulky.

$$b_u = \frac{t_i - t_u}{t_i - t_e} \quad (2.20)$$

<b>Nevytápěný prostor</b>	<b><math>b_u</math> [-]</b>
Prostor	
pouze s 1 vnější stěnou	0,4
nejméně s 2 vnějšími stěnami bez venkovních dveří	0,5
nejméně s 2 vnějšími stěnami s venkovními dveřmi	0,6
se 3 vnějšími stěnami	0,8
Podzemní podlaží	
bez oken/venkovních dveří	0,5
s okny/venkovními dveřmi	0,8
Podkroví	
s vysokou výměnou vzduchu	1,0
tepelně neizolované střechy	0,9
tepelně izolované střechy	0,7
Vnitřní komunikační prostory (bez venkovních stěn, intenzita výměny vzduchu nižší než $0,5 \text{ h}^{-1}$ )	0
Volně větrané komunikační (poměr plochy otvorových výplní/objemu prostoru $> 0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1,0
Stropní konstrukce s podlahou nad vzduchovou mezerou (Stropní konstrukce s podlahou nad průlezným prostorem)	0,8

Tab. 9 – Teplotní korekční činitel  $b_u$  [6]

Předposlední typ tepelných ztrát, které jsou zahrnuty ve výpočtu, jsou tepelné ztráty zeminou. To jsou tepelné ztráty podlahami a stěnami suterénu, které jsou přímo v kontaktu s okolní zeminou, tyto ztráty jsou závislé především na styčné ploše mezi podlahou/stěnou a zeminou a technických vlastnostech zeminy. Zjednodušeným způsobem se tepelné ztráty zeminou počítají podle vztahu:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot (\sum A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_W \quad (2.21)$$

$$f_{g2} = \frac{t_i - t_{m,e}}{t_i - t_e} \quad (2.22)$$



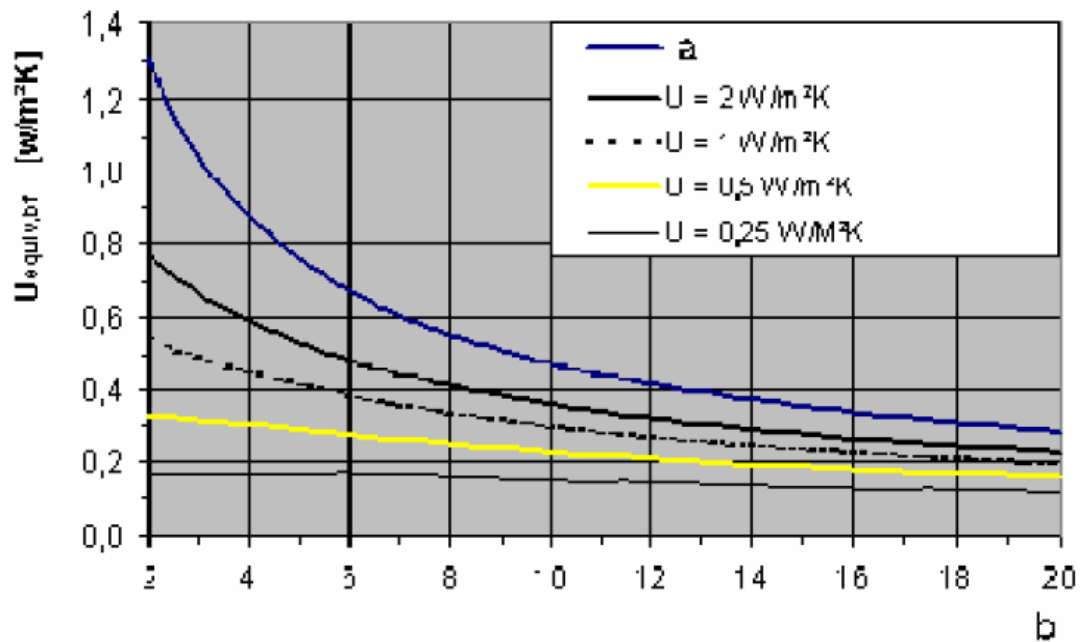
Hodnota  $f_{gI}$  je 1,45. Hodnota  $G_W$  se uvažuje 1,15, je-li předpokládaná hladina spodní vody méně než jeden metr od úrovně podlahy, jež je v kontaktu se zemínou, v opačném případě je roven jedné.  $U_{equiv}$  se stanoví z následujících tabulek na základě:

- $U$  podlahy nebo stěny,
- charakteristického čísla  $B_I$ ,

$$B_I = \frac{2A_g}{p}, \quad (2.23)$$

- hloubky desky pod úrovní terénu,
- hloubky části stěny pod úrovní terénu. [4]

Ilustrační znázornění hodnot  $U_{equiv}$  pro podlahy s různými součiniteli prostupu tepla v závislosti na charakteristickém čísle  $B_I$  jsou pro podlahu přilehlou k zemině na obrázku.



Obr. 4 – Závislost  $U_{equiv}$  na  $B_I$  [4]

<b>B<sub>I</sub> [m]</b>	<b>U<sub>equiv</sub> (pro z = 0 m) [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>				
	<b>Bez izolace</b>	<b>U<sub>podl</sub> = 2 [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>	<b>U<sub>podl</sub> = 1 [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>	<b>U<sub>podl</sub> = 0,5 [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>	<b>U<sub>podl</sub> = 0,25 [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>
2	1,30	0,77	0,55	0,33	0,17
4	0,88	0,59	0,45	0,30	0,17
6	0,68	0,48	0,38	0,27	0,17
8	0,55	0,41	0,33	0,25	0,16
10	0,47	0,36	0,30	0,23	0,15
12	0,41	0,32	0,27	0,21	0,14
14	0,37	0,29	0,24	0,19	0,14
16	0,33	0,26	0,22	0,18	0,13
18	0,31	0,24	0,21	0,17	0,12
20	0,28	0,22	0,19	0,16	0,12

Tab. 10 – Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro podlahu [6]

<b>U<sub>stěny</sub> [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>	<b>U<sub>equiv</sub> [Wm<sup>-2</sup>K<sup>-1</sup>]</b>			
	<b>z = 0 m</b>	<b>z = 1 m</b>	<b>z = 2 m</b>	<b>z = 3 m</b>
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,50	0,44	0,39	0,35	0,32
0,75	0,63	0,54	0,48	0,43
1,00	0,81	0,68	0,59	0,53
1,25	0,98	0,81	0,69	0,61
1,50	1,14	0,92	0,78	0,68
1,75	1,28	1,02	0,85	0,74
2,00	1,42	1,11	0,92	0,79
2,25	1,55	1,19	0,98	0,84
2,50	1,67	1,27	1,04	0,88
2,75	1,78	1,34	1,09	0,92
3,0	1,89	1,41	1,13	0,96

Tab. 11 – Ekvivalentní součinitel prostupu tepla pro část konstrukce stěny [6]

V tabulce č. 10 jsou uvedeny hodnoty pro podlahu umístěnou přímo na zemině, neboť to jsou hodnoty pro tuto práci relevantní, ostatní tabulky jsou uvedeny v příslušné normě a v materiálech [6].

Posledním typem tepelných ztrát, které je nutné započítat ve výpočtu celkových ztrát prostupem, jsou tepelné ztráty mezi prostory, které jsou vytápěné na různou hodnotu:

$$H_{T,ij} = \sum(f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k), \text{ kde} \quad (2.24)$$

$$f_{ij} = \frac{t_i - t_j}{t_i - t_e} \quad (2.25)$$

je činitel teplotní redukce, který zahrnuje rozdíl mezi teplotou přilehlého prostoru a venkovní výpočtovou teplotou. Při výpočtu tepelných ztrát mezi prostory vytápěnými na různé teploty se neuvažují tepelné mosty.

### 2.5.2 Přesný výpočet tepelných ztrát větráním $Q_V$

Tepelná ztráta větráním se určuje rozdílně pro objekty s přirozeným větráním a objekty s větracím systémem, neboť pro objekty s větráním přirozeným se přivodní vzduch započítává s tepelně technickými parametry venkovního vzduchu, kdežto u objektů s větracími systémy může být vzduch přehříván. Tepelnou ztrátu větráním lze vyjádřit vzorcem:

$$Q_{V,i} = H_{V,i} \cdot (t_i - t_e) \quad (2.26)$$

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c = 0,34 \cdot V_i \quad (2.27)$$

Pokud není nainstalována větrací soustava, je tepelná ztráta úměrná rozdílu teplot vnitřní a vnější výpočtové teploty a objemový tok vzduchu se určí jako maximum výměny vzduchu infiltrací  $V_{inf,i}$  spárami a styky obvodového pláště budovy a minimální výměny vzduchu  $V_{min,i}$  požadované z hygienických důvodů.

$$V_i = \max(V_{inf,i}, V_{min,i}) \quad (2.28)$$

Nejmenší požadované množství vzduchu z hygienických důvodů je dáno objemem vytápěného prostoru a nejmenší požadovanou intenzitou výměny vzduchu, která je uvedena v tabulce.

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_a \quad (2.29)$$

Typ místnosti	$n_{min} [h^{-1}]$
Obytné místnosti	0,5
Kuchyně a koupelny bez oken	1,5

Tab. 12 – Hygienické minimum výměny vzduchu[6]

Infiltrace pláštěm budovy je ovlivněna výškou budovy, neboť s rostoucí výškou nad povrchem země roste též rychlost proudění vzduchu, jejím zastíněním a výměnou vzduchu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnějškem a vnitřkem budovy.

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (2.30)$$

Činitel 2 ve výše uvedené rovnici je z toho důvodu, že hodnota  $n_{50}$  je dána pro celou budovu a ve výpočtu je nutno počítat s nejhorsím případem, kdy všechen vzduch vstupující infiltračí vstupuje pouze na jedné straně budovy. Hodnota  $V_{inf,i}$  musí být větší nebo rovna nule, hodnoty činitelů nezbytných pro výpočet uvádějí tabulky.

Stavba	$n_{50}$		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy		
	Vysoká (velmi utěsněná okna i dveře)	Střední (okna s dvojskly, normálně utěsněná)	Nízká (okna s jednoduchým zasklením, bez utěsnění)
Rodinný dům s jedním bytem	< 4	4 až 10	> 10
Jiné bytové domy nebo budovy	< 2	2 až 5	> 5

Tab. 13 – Intenzita výměny vzduchu pro celou budovu [6]

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země (vzdálenost středu výšky místnosti od země)	$\varepsilon$ [-]
0 – 10 m	1,0
> 10 – 30 m	1,2
> 30 m	1,5

Tab. 14 – Výškový teplotní činitel  $\varepsilon$  [6]

Třída zastínění	e [-]		
	Vytápěný prostor bez nechráněných otvorových výplní	Vytápěný prostor s jednou nechráněnou otvorovou výplní	Vytápěný prostor s více než jednou nechráněnou otvorovou výplní
Žádné zastínění (budovy ve větrné oblasti, vysoké budovy v městských centrech)	0	0,03	0,05
Mírné zastínění (budovy v krajině se stromovým nebo v zastavěném území, předměstská zástavba)	0	0,02	0,03
Velké zastínění (středně vysoké budovy v městských centrech, budovy v zalesněné krajině)	0	0,01	0,02

Tab. 15 – Stínící činitel e [6]

Pro objekty s větracím systémem je objemový tok vzduchu závislý na projektovaném přívodním objemovém toku vzduchu  $V_{su,i}$ , přebytku odsávaného vzduchu  $V_{mech,inf,i}$ , což je rozdíl mezi objemovým tokem přiváděným a odváděným soustavou a je dán pro celou budovu, a teplotě přiváděného vzduchu  $t_{su}$ .

$$V_i = V_{inf,i} + V_{su,i} \cdot f_{v,i} + V_{mech,inf,i} \quad (2.31)$$

$$f_{v,i} = \frac{t_i - t_{su}}{t_i - t_e} \quad (2.32)$$

$$V_{mech,inf,i} = \max(V_{ex} - V_{su}, 0) \quad (2.33)$$

## 2.6 Návrhový tepelný výkon, celková potřeba energie

Návrhový tepelný výkon se stanovuje na základě celkových tepelných ztrát, tedy ze všech vypočítaných tepelných ztrát prostupem a tepelných ztrát větráním. Pro návrh zdroje se užije vztahu:

$$Q_H = \sum Q_{T,i} + \sum Q_{V,i} \quad (2.34)$$

Celková potřeba energie, kterou je nutné dodat do otopné soustavy, se stanoví z tepla, které je zpětně získané z přídavných zařízení a z okolního systému  $Q_r$ , tepla potřebného k vytápění budovy, tepla potřebného k ohřevu teplé užitkové vody  $Q_w$  a z celkové tepelné ztráty tepelné soustavy  $Q_t$  [6].

$$Q + Q_r = Q_H + Q_w + Q_t \quad (2.35)$$

Množství tepla potřebné pro ohřev TUV se stanoví základním vztahem

$$Q_w = c \cdot \rho \cdot V_w \cdot (t_w - t_o) \quad (2.36)$$

# 3. Popis objektu a požadavků na rekonstrukci

## 3.1 Celkový popis objektu

Uvažovaný objekt je chalupa z konce 19. století poblíž centra obce Albrechtice nad Vltavou. Objekt je jednopatrový – přízemní s kamennou podezdívkou, zděný ze smíšeného zdiva, převážně kamenného a není podsklepen. Zdivo je nahozené maltou, na povrchu je na vnitřních i vnějších stranách vápenná omítka a zdivo není nijak izolované, a to jak tepelně, tak z hlediska vlhkosti. Objekt je rozdělen průjezdem z ulice na dvě samostatné části a dohromady je ve tvaru písmene U, s uzavřeným dvorem. K chalupě těsně přiléhá hospodářská budova a na ni navazuje stodola. Největší otevření objektu je na východ do zahrady a na sever do ulice. Střecha na celém objektu je sedlová z pálených tašek, není nijak izolovaná a půda je zcela neizolovaná

a nevytápěná. Z technických sítí je k domu přivedena elektřina, voda je čerpána ze studny. Dveře uvnitř objektu jsou dřevěné s dřevěnými zárubněmi, všechna okna jsou běžná špaletová, z čehož některá jsou jednoduchá a některá dvojí. Zděné příčky uvnitř obytných částí objektu jsou z pálených cihel a stavěné na šířku cihly. Podlahy nejsou nijak izolované, zpravidla se jedná o udusanou hlínu, na níž je vrstva šterku a posléze beton s povrchovou krytinou. V obytných místnostech jsou stropy povalové omítnuté na rákos, v hospodářských budovách jsou cihlové stropy tvořené českou klenbou. Výška stropů v obytných částech se pohybuje okolo 3m, v hospodářské budově do 2,6 m. Vytápění objektu je kamny, topí se dřevem a uhlím, případně je možno využít přenosný elektrický přímotop. K budově majitel nemá k dispozici stavební dokumentaci, veškeré v práci uváděné údaje jsou na základě měření a konzultací.

### 3.2 Popis stavebních částí

Vzhledem k absenci stavebních plánů jsou veškeré konkrétní informace o orientaci, síle a tepelně izolačních vlastnostech stěn, stropů a podlah uvedeny v tabulkách. Hodnoty  $\lambda$  a  $R$  jsou uvedeny dle tabulek [9], přičemž pro hodnoty  $\lambda$  u kamenného zdiva byla uvažována hodnota pro pískovec 1,4. K samotnému výpočtu  $U$  byl použit online kalkulátor [10]. Pořadí stavebních konstrukcí je v tabulkách uvedeno v pořadí zevnitř ven.

#### 3.2.1 Obvodové zdivo

<b>SO1 – severní stěna – do ulice, první část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	$R_i$ [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
$R_{si}$	-	-	0,13	1,35
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
$R_{se}$	-	-	0,04	

Tab. 16 – Konstrukční popis obvodové stěny 1

<b>SO2 – západní stěna – k sousednímu stavení, první část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	$R_i$ [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
$R_{si}$	-	-	0,13	1,5
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,65	1,4	0,464	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
$R_{se}$	-	-	0,04	

Tab. 17 – Konstrukční popis obvodové stěny 2

SO3 – jižní stěna – do dvora, první část obytných místností				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,5
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,65	1,4	0,464	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 18 – Konstrukční popis obvodové stěny 3

SO4 – východní stěna – do průjezdu, první část obytných místností				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,18
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,90	1,4	0,643	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 19 – Konstrukční popis obvodové stěny 4

SO5 – severní stěna – do ulice, druhá část obytných místností				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,35
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 20 – Konstrukční popis obvodové stěny 5

SO6 – západní stěna – do průjezdu, druhá část obytných místností				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,58
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,60	1,4	0,63	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 21 – Konstrukční popis obvodové stěny 6

<b>SO7 – západní stěna – do dvora, druhá část obytných místností, hospodářské stavby</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,18
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,90	1,4	0,643	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 22 – Konstrukční popis obvodové stěny 7

<b>SO8 – východní stěna – do zahrady, druhá část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,35
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 23 – Konstrukční popis obvodové stěny 8

<b>SO9 – východní stěna – do zahrady, druhá část obytných místností, hospodářské stavby</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,29
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,80	1,4	0,571	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 24 – Konstrukční popis obvodové stěny 9

<b>SO10 – jižní stěna – ke stodole, druhá část obytných místností, hospodářské stavby</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,29
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,80	1,4	0,571	
Vnější omítka	0,020	0,88	0,023	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 25 – Konstrukční popis obvodové stěny 10



### 3.2.2 Vnitřní zdivo

SV1 – kamenná vnitřní stěna původně rozdělující hospodářské budovy				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	1,291
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vnější omítka	0,015	0,88	0,017	
R <sub>se</sub>	-	-	0,13	

Tab. 26 – Konstrukční popis vnitřní stěny 1

SV2 – cihlové příčky				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	2,11
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Zdivo – pálené cihly	0,14	0,78	0,179	
Vnější omítka	0,015	0,88	0,017	
R <sub>se</sub>	-	-	0,13	

Tab. 27 – Konstrukční popis vnitřní stěny 2

### 3.2.3 Stropy a podlahy

S1 – povalový strop, omítnutý rákos				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>j</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,1	0,77
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Dřevěné trámy	0,20	0,18	1,111	
Jílová mazanina	0,05	1,5	0,033	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 28 – Konstrukční popis stropu 1

<b>S2 – klenutý strop z pálených cihel</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,1	1,89
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Zdivo – pálené cihly	0,290	0,78	0,372	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 29 – Konstrukční popis stropu 2

<b>P1 – betonová podlaha pokrytá linoleem</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,17	2,03
Linoleum	0,005	0,17	0,029	
Beton	0,15	1,23	0,122	
Štěrka	0,10	0,58	0,172	
R <sub>se</sub>	-	-	0,0	

Tab. 30 – Konstrukční popis podlahy 1

<b>P2 – betonová podlaha pokrytá dlažbou</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,17	2,12
Dlažba	0,010	1,3	0,008	
Beton	0,15	1,23	0,122	
Štěrka	0,10	0,58	0,172	
R <sub>se</sub>	-	-	0,0	

Tab. 31 – Konstrukční popis podlahy 2

<b>P3 – betonová podlaha bez krytiny</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,17	2,12
Beton	0,15	1,23	0,122	
Štěrka	0,10	0,58	0,172	
R <sub>se</sub>	-	-	0,0	

Tab. 32 – Konstrukční popis podlahy 3

### 3.2.4 Okna a dveře

Pro jednoduchá okna a dveře je součinitel prostupu tepla  $U$  uváděn dle tabulek [11].  
Při výpočtu  $U$  pro dvojitá okna podle vztahu

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_1} - R_{si} + R_a - R_{se} + \frac{1}{U_2}}, \quad (3.1)$$

kde  $U_1$  a  $U_2$  jsou součinitele prostupu tepla vnitřního a vnějšího okna a  $R_a$  je tepelný odpor vzduchové mezery mezi okny o šířce 20 mm, je výsledek:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_1} - R_{si} + R_a - R_{se} + \frac{1}{U_2}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{5,2} - 0,13 + 0,17 - 0,04 + \frac{1}{5,2}}$$

$$U = \underline{2,6 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}}$$

Tabulková hodnota součinitele  $U$  pro zdvojené okno dle [11] je rovna  $2,8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .  
S ohledem na rezervu ve výpočtu jsou v přehledových tabulkách a v následujících výpočtech tedy uvažovány hodnoty tabulkové.

Označení	Jednoduché/ dvojité	Šířka [mm]	Výška [mm]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
<b>O1</b>	D	1050	1650	2,8
<b>O2</b>	D	950	1500	2,8
<b>O3</b>	J	650	800	5,2
<b>O4</b>	D	700	700	2,8
<b>O5</b>	J	700	900	5,2
<b>O6</b>	J	800	1000	5,2
<b>O7</b>	J	400	500	5,2
<b>O8</b>	D	800	1200	2,8
<b>O9</b>	D	900	1200	2,8

*Tab. 33 – Konstrukční popis oken*

Označení	Šířka [mm]	Výška [mm]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
D1	1150	2000	3,0
D2	900	2000	2,0
D3	850	2000	2,0
D4 - vchodové	2100	2600	4,7
D5	850	170	2,0
D6	750	2000	2,0
D7	900	1700	2,0
D8 - vchodové	1150	2000	2,6
D9	750	1900	2,0

Tab. 34 – Konstrukční popis dveří

### 3.3 Rozložení místností

#### 3.3.1 Západní část objektu – neužívaná

V části chalupy na západ od průjezdu jsou dvě obytné místnosti – pro další výpočty pod označením pokoj1 a pokoj2 – oddělené příčkou s dveřmi D9, v západní (pokoj1) je okno do zahrady O9, ve východní místnosti je okno do zahrady O8, dvě okna do ulice O1, vchodové dveře D8 přímo do průjezdu a kamna pro vytápění obou místností. V obou místnostech je podlaha pokrytá linoleem.

#### 3.3.2 Východní část objektu – obytná

Do východní části objektu se vchází ze zahrady přes verandu vchodovými dveřmi D4. Z verandy je dále vstup na východ do kuchyně dveřmi D3, vedle nichž je okénko mezi verandou a kuchyní O3, v kuchyni je ještě okno O4 na východ do zahrady. Z verandy na sever je dveřmi D2 vstup do sednice a na jih dveřmi D5 do hospodářských budov. Kromě toho ještě veranda přímo sousedí s nevytápěným schodištěm na půdu, na které je vstup vedle hlavních vchodových dveří. Podlaha na verandě a v kuchyni je dlážděná.

V sednici jsou celkem troje dveře, jedny již zmíněné vchodové, další jsou do kuchyně, D2, a potom D1 do poslední obytné místnosti, ložnice. V místnosti jsou dvě okna, jedno do zahrady na východ O1, druhé do dvora O2. V sednici jsou kamna opět pro vytápění nejen sednice, ale i přilehlých místností. V ložnici jsou tři okna O1 do ulice. Na podlahách v sednici i v pokoji je linoleum.

### **3.3.3 Východní část objektu – užívaná hospodářská budova, nevytápěná**

První část hospodářské budovy, přímo sousedící s kuchyní a verandou, je v současnosti užívána jako technická místnost a je v ní toaleta. Okna v místnosti jsou do zahrady O5 a do dvora O6. Místnost je dveřmi D7 průchozí do druhé části hospodářského stavení, které je využíváno jako skladiště, a je v něm okno O7. Tato část je původní chlívek, v současnosti rozdělený zděnou příčkou. Zbylá oddělená část přímo sousedí se stodolou a je do ní vstup ze dvora, v současnosti je využívána jako sklad nářadí.

## **3.4 Zhodnocení k rekonstrukci**

Současný stav objektu odpovídá rekreačnímu užívání a pro trvalé obývání je ze zřejmých důvodů nevhodný, tudíž i výpočet tepelných ztrát pro stávající stav a dispozice pozbývá významu. Rekonstrukce objektu by probíhala s ohledem na zachování rázu chalupy. S budoucím využitím podkroví pro obývání se nepočítá, neboť by se neobešlo bez výrazné změny celé střechy, nicméně jeho zateplení je při rekonstrukci esenciální. Během rekonstrukce objektu by bylo zachováno rozložení stávajících obytných místností a kuchyně. Část hospodářské budovy sousedící verandou by byla předělána na koupelnu s WC, na kterou by navazovala technická místnost a s tou by sousedila kotelna, do které by byl vstup zvenku. Vzhledem ke stavebním rozměrům, rozložení vstupních dveří do hospodářské budovy a přilehlého schodiště na půdu, není prostor pro vybudování chodby a koupelna by musela být průchozí. Chlívek vedle budoucí kotelny by posloužil jako případná uhelna. Vytápění objektu by bylo změněno z lokálních kamen na ústřední vytápění s vlastním tepelným zdrojem v každé užívané místnosti.

Výpočet tepelných ztrát bude proveden napřed pro stávající zdivo při rozložení místností, které by nastalo po rekonstrukci, a následně pro vyčíslení možných úspor bude proveden návrh a výpočet tepelných ztrát, jaké by objekt měl po zateplení.

## **3.5 Tepelné ztráty objektu a energie potřebná k vytápění**

### **3.5.1 Tepelné ztráty jednotlivých místností**

V následujících tabulkách jsou uvedeny vypočtené tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti, jejich návrhovou vnitřní teplotu a  $t_e = -15^\circ\text{C}$ . Konkrétní tabulky s podrobným rozbohem jednotlivých ztrát jsou uvedeny v příloze 9 až 22. Na konci kapitoly za tabulkami jsou uvedeny příklady výpočtů jednotlivých veličin.

Místnost	Pokoj 1	Místnost	Pokoj 2
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	20
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	51,28	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	61,09
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	11,3	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	12,57
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	12,89	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	14,33
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	75,47	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	87,99
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	7,23	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,05
$Q_T$ [W]	2641,45	$Q_T$ [W]	3079,65
$Q_V$ [W]	253,05	$Q_V$ [W]	281,75
$Q_C$ [W]	2894,5	$Q_C$ [W]	3361,4

Tab. 35 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – pokoj 1 a pokoj 2

Místnost	sednice	Místnost	ložnice
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	20
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	50,03	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	64,58
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	19,64	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	15,58
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	15,16	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	17,77
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	1,73	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	86,56	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	97,93
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	12,57	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,8
$Q_T$ [W]	3029,6	$Q_T$ [W]	3427,55
$Q_V$ [W]	439,95	$Q_V$ [W]	343
$Q_C$ [W]	3469,55	$Q_C$ [W]	3770,55

Tab. 36 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – sednice a ložnice

Místnost	kuchyně	Místnost	veranda
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	15
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	12,92	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	33,12
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	4,9	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	10,04
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	5,59	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,9
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	0,98	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-5,67
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	24,39	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	41,39
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,57	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	2,85
$Q_T$ [W]	853,65	$Q_T$ [W]	1241,7
$Q_V$ [W]	334,95	$Q_V$ [W]	85,5
$Q_C$ [W]	1188,6	$Q_C$ [W]	1327,2

Tab. 37 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – kuchyně a veranda

Místnost	koupelna	Místnost	technická m.
$t_{iv}$ [°C]	24	$t_{iv}$ [°C]	15
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	20,51	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,76
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	27,03	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	11,46
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,7	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,82
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,6	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-12,39
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	64,84	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	11,65
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,83	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$Q_T$ [W]	2528,76	$Q_T$ [W]	349,5
$Q_V$ [W]	383,37	$Q_V$ [W]	-
$Q_C$ [W]	2912,13	$Q_C$ [W]	349,5

Tab. 38 – Vyhodnocení tepelných ztrát před zateplením – koupelna a technická místnost

### 3.5.2 Určení tepla pro vytápění a ohřev TUV

Z předcházejících tabulek je zřejmé, že bez zateplení je objekt vzhledem k jeho tepelné ztrátě k trvalému užívání především na vytápění energeticky náročný. V následující tabulce je uveden souhrn celkových tepelných ztrát objektu bez zateplení a následně za pomoci kalkulátoru [12] stanovena potřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV při předpokládaném užívání objektu čtyřmi osobami, konkrétní výstup z kalkulátoru je v příloze 23.

Celkové $Q_T$ [W]	Celkové $Q_V$ [W]	$Q_C$ objektu [W]
17151,86	2121,57	19273,43

Tab. 39 – Celkové tepelné ztráty objektu bez zateplení

$Q_{VYT,r}$ [MWh/rok]	$Q_{VYT,r}$ [GJ/rok]	$Q_{TUV,r}$ [MWh/rok]	$Q_{TUV,r}$ [GJ/rok]	$Q_r$ [MWh/rok]	$Q_r$ [GJ/rok]
46,5	167,3	8,5	30,8	55	198,1

Tab. 40 – Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV

### 3.5.3 Příklady výpočtů

Zde uvedené příklady výpočtů jsou ilustrační pro výpočty, které probíhaly podle vzorců zmíněných v kapitole 2 a pro které není jednoduše ověřitelný výpočet zřejmý z uváděných tabulek či příloh.

Výpočet  $U_{equiv}$  pro pokoj 1, podlahová plocha 14,67 m<sup>2</sup>, obvod místnosti 15,7 m, neizolovaná podlaha P1.

$$B_I = \frac{2Ag}{P}$$

$$B_I = \frac{14,67}{7,85}$$

$$B_I = 1,87$$

$$\underline{\text{tabulkové } B_I = 2}$$

Tabulková hodnota  $U_{equiv}$  pro takto určené charakteristické číslo  $B_I$  a pro hodnotu  $U = 2,03$  je rovna  $1,30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ .

Výpočet  $f_{g2}$  pro pokoj1,  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_e = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_{em} = 3,7^\circ\text{C}$ .

$$f_{g2} = \frac{t_i - t_{em}}{t_i - t_e}$$

$$f_{g2} = \frac{20 - 3,7}{20 + 15}$$

$$f_{g2} = \frac{t_i - t_{m,e}}{t_i - t_e}$$

$$\underline{f_{g2} = 0,466}$$

Výpočet  $f_{ij}$  pro ztrátu tepla mezi sednicí a verandou,  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ,  $t_e = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_j = 15^\circ\text{C}$ .

$$f_{ij} = \frac{t_i - t_j}{t_i - t_e}$$

$$f_{ij} = \frac{20 - 15}{20 + 15}$$

$$\underline{f_{ij} = 0,14}$$

Výpočet  $V_{inf,i}$  a  $H_{V,i}$  pro pokoj 1 při objemu místnosti  $42,54 \text{ m}^3$ ,  $n_{50} = 4,5$ ,  $e = 0,02$ ,  $\varepsilon = 1$ .

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i$$

$$V_{inf,i} = 2 \cdot 42,54 \cdot 4,5 \cdot 0,02 \cdot 1$$

$$\underline{V_{inf,i} = 7,66 \text{ m}^3\text{h}^{-1}}$$

## 4. Návrh zateplení a otopné soustavy

### 4.1 Návrh zateplení stavebních konstrukcí

Z výše uvedených výpočtů se dá předpokládat, že celkové zateplení objektu je nezbytné, nicméně vše je nutné ověřit výpočtem, zda by investice do zateplení nebyla větší než předpokládaná uspořena částka za vytápění.



#### 4.1.1 Návrh nových oken a dveří

Prvním důležitým bodem zateplení objektu je výměna oken, která je obzvláště palčivá u oken s jednoduchým zasklením. Nová okna jsou počítána dřevěná eurookna s izolačním dvojsklem, výrobcem uváděný součinitel prostupu tepla  $U_w = 1,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  [13]. Při výměně by došlo též ke sjednocení tvaru a velikostí některých oken, která jsou na společných konstrukcích a též k výměně vchodových dveří. S výměnou vnitřních dveří či zateplením vnitřního zdiva se nepočítá. Nově navrhovaná okna a dveře by pak měly následující parametry:

Označení	Šířka [mm]	Výška [mm]	U [ $\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ ]
<b>O1, O2</b>	1050	1650	1,5
<b>O3, O4</b>	700	800	1,5
<b>O5, O6</b>	800	1000	1,5
<b>O7</b>	400	500	1,5
<b>O8, O9</b>	900	1200	1,5
<b>D4 - vchodové</b>	2100	2600	1,7
<b>D8 - vchodové</b>	1150	2000	1,7

*Tab. 41 – Konstrukční parametry nových oken a dveří*

#### 4.1.2 Návrh izolace podlah a stropů

Dalším krokem zateplení by byla možná renovace a izolace stávajících podlah. Ze známých hodnot součinitele prostupu tepla pro stávající podlahy není výpočtem těžké určit, jaká by musela síla izolace pro splnění normou požadované hodnoty pro podlahu  $U_{N,20} = 0,45 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Při výpočtu izolované podlahy již není uvažováno s podlahovou krytinou, neb její vliv je oproti izolaci zanedbatelný a dále rozhodování o typech podlahové krytiny v jednotlivých místnostech není předmětem tepelného rozboru.

Za předpokladu složení podlahy z 10 cm silné vrstvy štěrku, 15 cm základního hrubého betonu, vrstvy izolačního EPS a následně vrchní 10 cm vrstvy vrchního betonu je výpočet nutné síly izolace při známosti velikosti její tepelné vodivosti  $\lambda = 0,04 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  následující.

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = \frac{1}{0,45}$$

$$R_T = \frac{20}{9} \text{ m}^2\text{KW}^{-1}$$

$$R_{izolace} = \frac{s}{\lambda}$$

$$R_T = R_{si} + R_{beton1} + R_{izolace} + R_{beton2} + R_{štěrka}$$

$$R_{izolace} = R_T - R_{si} - R_{beton1} - R_{beton2} - R_{štěrka}$$

$$\frac{s}{\lambda} = R_T - R_{si} - R_{beton1} - R_{beton2} - R_{štěrka}$$

$$s = \lambda(R_T - R_{si} - R_{beton1} - R_{beton2} - R_{štěrka})$$

$$s = 0,04 \left( \frac{20}{9} - 0,17 - 0,081 - 0,122 - 0,172 \right)$$

$$s = 0,04 \left( \frac{20}{9} - 0,17 - 0,081 - 0,122 - 0,172 \right)$$

$$s = 0,067 \text{ m}$$

Pro sílu izolačního EPS 70mm je výpočet součinitele prostupu tepla pro danou podlahu dle [10] následující:

P1,2,3 – betonová podlaha bez krytiny				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,17	0,44 / 0,39
Beton	0,10	1,23	0,081	
Pěnový polystyren	0,07 / 0,08	0,04	1,75 / 2	
Beton	0,15	1,23	0,122	
Štěrka	0,10	0,58	0,172	
R <sub>se</sub>	-	-	0,0	

Tab. 42 – Konstruktivní parametry podlah po odizolování

V tabulce je uvedena hodnota též pro sílu izolace 80 mm pro bezpečnější splnění požadovaného limitu. Izolace podlahy by obnášela vykopání stávajících podlah a též vykopání přebytečné zeminy, aby bylo možné zvětšit sílu podlah.

Prakticky totožného výpočtu jako při výpočtu síly izolace u podlahy lze užít i při výpočtu síly izolace pro zateplení stropních konstrukcí pro požadovanou hodnotu  $U_{N,20} = 0,30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Rozdíl ve výpočtu je pouze ve skladbě jednotlivých konstrukčních prvků, výsledná tabulka je opět uvedena s vypočtenou rezervou. Na zateplení stropů by byla užita minerální vata pro zajištění lepší prodyšnosti konstrukcí. Na podlahovou část stropu by bylo nutné udělat pro izolaci dřevěný rošt a následně záklop, aby strop i po zaizolování zůstal pochozí.

S1 – povalový strop, omítnutý rákos				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$	$R_j$	U
$R_{si}$	-	-	0,1	0,25
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Dřevěné trámy	0,20	0,18	1,111	
Jílová mazanina	0,05	1,5	0,033	
Minerální vlna	0,10	0,036	2,439	
$R_{se}$	-	-	0,04	

Tab. 43 – Konstrukční popis stropu 1 po zateplení

S2 – klenutý strop z pálených cihel				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$	$R_j$	U
$R_{si}$	-	-	0,1	0,26
Vnitřní omítka	0,015	0,88	0,017	
Zdivo – pálené cihly	0,290	0,78	0,372	
Minerální vlna	0,12	0,036	3,333	
$R_{se}$	-	-	0,04	

Tab. 44 – Konstrukční popis stropu 2 po zateplení

#### 4.1.3 Návrh izolace obvodového zdiva

Zateplení vnějšího zdiva je zpravidla možné třemi způsoby – tepelně-izolační omítkou, kontaktním zateplovacím systémem a bezkontaktním, či též odvětrávaným zateplovacím systémem. Vzhledem k charakteru zdiva je tepelně-izolační omítka systém nepostačující, zbývá tedy rozhodnout, zda je lepší kontaktní či bezkontaktní zateplovací systém.

Kontaktní zateplovací systém je, jak už název napovídá, přímo v kontaktu s obvodovým zdivem, na takové zateplení se užívá jak EPS, tak minerální vlna, které se v podobě desek lepí přímo na zdivo. Zateplení s použitím EPS je zpravidla jednodušší a na materiál i provedení levnější, avšak má tu nevýhodu, že dochází k výraznému uzavření obálky budovy z hlediska pronikání vlhkosti, což u starých staveb může způsobit nemalé obtíže v podobě kondenzace vodních par na vnitřním zdivu, následné tvorbě plísní a celkového zhoršení vnitřního prostředí. K podobnému utěsnění však dochází i za použití kontaktního zateplovacího systému provedeného za použití minerální vlny.

Z výše uvedeného rizika s uzamčením vlhkosti uvnitř stavby a též vzhledem k charakteru zdiva i znalosti vnitřních podmínek je rozumné se přiklonit k variantě poslední, kterou je odvětrávaný zateplovací systém. Tento systém je proveden tak, že na samotné vněj-

ší zdivo je ponejprv připevněn rošt a na ten je teprve přidělávána izolace. Mezi izolací a zdívem tak vzniká vzduchová mezera, kterou může proudit vzduch a vlhkost ze zdiva tak má možnost odcházet ven a nezůstává uzavřená uvnitř. Velikost vzduchové mezery se doporučuje 30 až 80 mm, přičemž její výška nesmí být větší než 9 m, aby nedošlo ke vzniku komínového efektu. V případě větší výšky fasády je nutné po devíti metrech vzduchovou mezeru přerušit překážkou a zhotovit v izolaci nasávací a výdechové otvory. Další výhodou bezkontaktního zateplení je fakt, že je možné odstranit ze zdiva vlhkou omítku a nechat zdivo zcela neomítnuté pro ještě lepší odvod vlhkosti. Nárůst síly zateplení o vzduchovou mezeru pak není tak palčivý. Bezkontaktní zateplení je možné provést jak minerální vatou, tak EPS. Pro zateplení pomocí EPS jsou k dispozici speciální zateplovací systémy s vlastním vymezením vzduchové mezery a odpadá tak nutnost zhotovení roštu.

V následujících tabulkách jsou uvedeny parametry obvodových stěn po zateplení jak při užití minerální vaty, tak při užití EPS, vzduchová mezera je uvažována 30 mm, vnější omítko ve výpočtu není, počítá se s jejím odstraněním.  $U_{N,20}$  pro vnější stěny je roven  $0,30 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$ . Výpočet síly izolačního materiálu je analogický k již uvedenému výpočtu síly izolace u podlahy.

<b>SO1 – severní stěna – do ulice, první část obytných místností</b>				
<b>Typ konstrukce</b>	<b>d [m]</b>	<b><math>\lambda_u</math> [<math>\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}</math>]</b>	<b><math>R_i</math> [<math>\text{m}^2\text{KW}^{-1}</math>]</b>	<b>U [<math>\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}</math>]</b>
$R_{si}$	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítko	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
$R_{se}$	-	-	0,04	

*Tab. 45 – Konstrukční popis obvodové stěny 1 po zateplení*

<b>SO2 – západní stěna – k sousednímu stavení, první část obytných místností</b>				
<b>Typ konstrukce</b>	<b>d [m]</b>	<b><math>\lambda_u</math> [<math>\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}</math>]</b>	<b><math>R_i</math> [<math>\text{m}^2\text{KW}^{-1}</math>]</b>	<b>U [<math>\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}</math>]</b>
$R_{si}$	-	-	0,13	0,28 / 0,25
Vnitřní omítko	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,65	1,4	0,464	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
$R_{se}$	-	-	0,04	

*Tab. 46 – Konstrukční popis obvodové stěny 2 po zateplení*

<b>SO3 – jižní stěna – do dvora, první část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,28 / 0,25
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,65	1,4	0,464	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 47 – Konstrukční popis obvodové stěny 3 po zateplení

<b>SO4 – východní stěna – do průjezdu, první část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,90	1,4	0,643	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 48 – Konstrukční popis obvodové stěny 4 po zateplení

<b>SO5 – severní stěna – do ulice, druhá část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 49 – Konstrukční popis obvodové stěny 5 po zateplení

<b>SO6 – západní stěna – do průjezdu, druhá část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,28 / 0,25
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,60	1,4	0,63	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 50 – Konstrukční popis obvodové stěny 6 po zateplení

<b>SO7 – západní stěna – do dvora, druhá část obytných místností, hospodářské stavby</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,90	1,4	0,643	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 51 – Konstrukční popis obvodové stěny 7 po zateplení

<b>SO8 – východní stěna – do zahrady, druhá část obytných místností</b>				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,75	1,4	0,536	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 52 – Konstrukční popis obvodové stěny 8 po zateplení

SO9 – východní stěna – do zahrady, druhá část obytných místností, hospodářské stavby				
Typ konstrukce	d [m]	$\lambda_u$ [Wm <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> ]	R <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> KW <sup>-1</sup> ]	U [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]
R <sub>si</sub>	-	-	0,13	0,27 / 0,24
Vnitřní omítka	0,010	0,88	0,011	
Zdivo	0,80	1,4	0,571	
Vzduchová mezera	0,030	0,176	0,17	
MW/EPS	0,10	0,036 /0,031	2,778 /3,226	
R <sub>se</sub>	-	-	0,04	

Tab. 53 – Konstrukční popis obvodové stěny 9 po zateplení

## 4.2 Tepelné ztráty objektu a energie potřebná k vytápění po zateplení

### 4.2.1 Tepelné ztráty jednotlivých místností

V následujících tabulkách jsou opět uvedeny vypočtené tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti, jejich návrhovou vnitřní teplotu a  $t_e = -15^\circ\text{C}$ , tentokrát po zateplení. Konkrétní tabulky s podrobným rozбором jednotlivých ztrát jsou tytéž jako v předchozím zhodnocení v příloze 9 až 22.

Místnost	Pokoj 1 EPS/MW	Místnost	Pokoj 2 EPS/MW
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	20
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	11,61 /12,57	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	22,0 /22,82
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,67	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	4,08
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,27	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,64
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	18,55 /19,51	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	29,72 /30,54
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	7,23	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,05
$Q_T$ [W]	649,25 /682,85	$Q_T$ [W]	1040,2 /1068,9
$Q_V$ [W]	253,05	$Q_V$ [W]	281,75
$Q_C$ [W]	902,3 /935,9	$Q_C$ [W]	1321,95 /1350,65

Tab. 54 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – pokoj 1 a pokoj 2

Místnost	Sednice EPS/MW	Místnost	Ložnice EPS/MW
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	20
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	14,61 /15,39	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	19,95 /20,93
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	6,38	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	5,06
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	5,17	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	4,51
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	1,73	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	27,89 /28,67	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	29,52 /30,5
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	12,57	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,8
$Q_T$ [W]	976,15 /1003,45	$Q_T$ [W]	1033,2 /1067,5
$Q_V$ [W]	439,95	$Q_V$ [W]	343
$Q_C$ [W]	1416,1 /1443,4	$Q_C$ [W]	1376,2 /1410,5

Tab. 55 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – sednice a ložnice

Místnost	kuchyně EPS/MW	Místnost	veranda EPS/MW
$t_{iv}$ [°C]	20	$t_{iv}$ [°C]	15
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	3,44 /3,68	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	11,99 /12,1
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	1,59	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	7,18
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	1,42	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	0,99
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	0,71	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-5,34
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	7,16 /7,4	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	14,82 /14,93
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,57	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	2,85
$Q_T$ [W]	250,6 /259	$Q_T$ [W]	444,6 /447,9
$Q_V$ [W]	334,95	$Q_V$ [W]	85,5
$Q_C$ [W]	585,55 /593,95	$Q_C$ [W]	530,1 /533,4

Tab. 56 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – kuchyně a veranda

Místnost	Koupelna EPS/MW	Místnost	technická m. EPS/MW
$t_{iv}$ [°C]	24	$t_{iv}$ [°C]	15
$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	5,94 /6,22	$H_{T,ie}$ [WK <sup>-1</sup> ]	1,98 /2,18
$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,64	$H_{T,iue}$ [WK <sup>-1</sup> ]	2,07
$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	2,21	$H_{T,ig}$ [WK <sup>-1</sup> ]	0,97
$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	8,6	$H_{T,ij}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-12,39
$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	26,39 /26,67	$H_T$ [WK <sup>-1</sup> ]	-7,37 /-7,17
$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	9,83	$H_{V,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]	-
$Q_T$ [W]	1029,21 /1040,13	$Q_T$ [W]	-221,1 /-215,1
$Q_V$ [W]	383,37	$Q_V$ [W]	-
$Q_C$ [W]	1412,58 /1423,5	$Q_C$ [W]	-221,1 /-215,1

Tab. 57 – Vyhodnocení tepelných ztrát po zateplení – koupelna a technická místnost



#### 4.2.2 Určení tepla pro vytápění a ohřev TUV

Z předcházejících tabulek je očividné, že po navrhovaném celkovém zateplení objektu dochází k výraznému poklesu tepelných ztrát, v některých místnostech dokonce téměř na jednu třetinu původních ztrát. U technické místnosti je dokonce výsledný výkon záporný, což znamená, že místnost je dostatečně vytápěna od sousedící koupelny a kotelny a nebude potřeba ji vytápět vlastním radiátorem. Pro výpočet celkových nákladů na spotřebu tepelné energie již dále není ve výpočtu uvažována. Vzhledem k tomu, že s novými okny dojde spíše k utěsnění budovy než jejímu otevření vnějšímu vzduchu, není po zateplení nutné nově počítat tepelné ztráty větráním a lze využít již spočítané tepelné ztráty z nezatepleného stavu, neboť jsou určeny pro hygienické minimum, které je stejné i po zateplení. V následující tabulce je uveden souhrn celkových tepelných ztrát objektu po zateplení pro obě dvě varianty a následně opět za pomoci kalkulátoru [12] stanovena potřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV při předpokládaném užívání objektu čtyřmi osobami, vstupní hodnoty k výpočtu jsou až na celkové ztráty objektu totožné s výpočtem celkové potřeby tepla bez zateplení. Výstup z kalkulátoru je uveden v přílohách 23 až 27.

	Celkové $Q_T$ [W]	Celkové $Q_V$ [W]	$Q_C$ objektu [W]
<b>EPS</b>	5423,21	2121,57	7544,78
<b>MW</b>	5569,73	2121,57	7691,3

Tab. 58 – Celkové tepelné ztráty objektu po kompletním zateplení

	$Q_{VYT,r}$ [MWh/rok]	$Q_{VYT,r}$ [GJ/rok]	$Q_{TUV,r}$ [MWh/rok]	$Q_{TUV,r}$ [GJ/rok]	$Q_r$ [MWh/rok]	$Q_r$ [GJ/rok]
<b>EPS</b>	18,2	65,4	8,5	30,8	26,7	96,1
<b>MW</b>	18,5	66,7	8,5	30,8	27,1	97,4

Tab. 59 – Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev TUV po zateplení

Z uvedených údajů je očividné, že po celkovém zateplení dojde k poklesu celkové spotřeby energie téměř na jednu třetinu původního množství. Energie potřebná na ohřev TUV se nemění, nicméně energie potřebná k vytápění razantně klesá. K ohřevu TUV by byl využit elektrický bojler o objemu 100 l, jako zdroj tepla pro otopnou soustavu je uvažován automatický kotel na hnědé uhlí. Plynový kotel není relevantní, neboť k objektu není zaveden plyn a pro užití kotle na dřevo není v objektu dostatek místa na skladování potřebného paliva. Tepelné čerpadlo by připadalo v úvahu, ale jeho pořizovací hodnota by výrazně zvyšovala cenu investice než navrhované řešení s kotlem na tuhá paliva. Vzhledem

k vypočteným tepelným ztrátám objektu po zateplení je s rezervou postačující kotel o výkonu 10kW.

## 5. Ekonomický rozbor navrhovaných možností

Z návrhu vyplývají ke zhodnocení celkem čtyři různé kombinace po rekonstrukci:

- Varianta A – vnější zateplení objektu minerální vatou včetně renovace podlah.
- Varianta B – vnější zateplení objektu minerální vatou, bez renovace podlah.
- Varianta C – vnější zateplení objektu EPS, včetně renovace podlah.
- Varianta D – vnější zateplení objektu EPS, bez renovace podlah.

### 5.1 Přehled celkových nákladů

#### 5.1.1 Náklady na zateplení

Pro všechny čtyři varianty jsou společné náklady v podobě zateplení stropů, a výměně oken a vchodových dveří. Všechny náklady je nutné započítat do celkového rozpočtu. Pro přehlednost jsou veškeré náklady uvedeny v tabulkách, pouze pro výměnu oken je na základě informací od stavební firmy stanovena orientační cena 150 000 Kč. U zateplení podlah a stropu se počítá se zvládnutím práce svépomocí, tudíž odpadá nutnost započítat práci odborníka. Obdobně se uvažuje užití vlastního materiálu pro konstrukci stropních roštů. Pro určení množství izolačního materiálu je započítána rezerva v podobě 10% povrchu izolovaných ploch a zaokrouhlena na celé čtvereční metry. S rezervou 10% je počítáno též u stavebních materiálů.

Renovace podlah		Cena za měrnou jednotku [Kč]	Celková cena [Kč]
Celková podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	102,83	-	-
Celkový objem šterku [m <sup>3</sup> ]	11	380	4180
Celkový objem základového betonu [m <sup>3</sup> ]	17	2000	34000
Celkový objem vrchního betonu [m <sup>3</sup> ]	11	2250	24750
Celkový počet sítí armatury 6m <sup>2</sup> [ks]	17	280	4760
Celková potřeba EPS 80 [m <sup>2</sup> ]	113	139,36	15747,68
Souhrnná cena			83437,68 Kč

*Tab. 60 – Náklady na renovaci podlah*

<b>Zateplení stropů</b>		<b>Cena za měrnou jednotku [Kč]</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
Celková stropní plocha [m <sup>2</sup> ]	106,65	-	-
Celková potřeba MW 100 [m <sup>2</sup> ]	102	174,24	17772,48
Celková potřeba MW 120 [m <sup>2</sup> ]	16	208,12	3329,92
Celková potřeba OSB desek [m <sup>2</sup> ]	117	177,34	20748,78
Souhrnná cena			41851,18 Kč

Tab. 61 – Náklady na zateplení stropů

<b>Zateplení fasády MW 100</b>		<b>Cena za měrnou jednotku [Kč]</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
Celková zateplovaná plocha [m <sup>2</sup> ]	161,27	-	-
Cena práce za m <sup>2</sup> včetně materiálu	-	550	88698,5
Souhrnná cena			88698,5 Kč

Tab. 62 – Náklady na zateplení fasády minerální vatou

<b>Zateplení fasády EPS 100</b>		<b>Cena za měrnou jednotku [Kč]</b>	<b>Celková cena [Kč]</b>
Celková zateplovaná plocha [m <sup>2</sup> ]	161,27	-	-
Cena práce za m <sup>2</sup> včetně materiálu	-	490	79022,3
Souhrnná cena			79022,3 Kč

Tab. 63 – Náklady na zateplení fasády EPS

### 5.1.2 Přehled celkové potřeby tepla a náklady na vytápění pro jednotlivé varianty

V následujících tabulkách jsou shrnuty a porovnány celkové tepelné ztráty objektu a celková potřeba tepla na vytápění pro jednotlivé varianty návrhu. Potřeba tepla na ohřev TUV se pro jednotlivé varianty nemění, tudíž již v přehledu není uvedena a pro následné vyčíslení možných úspor po zateplení objektu není započítána.

	<b>Celkové <math>Q_T</math> [W]</b>	<b>Celkové <math>Q_V</math> [W]</b>	<b><math>Q_C</math> objektu [W]</b>
<b>Bez zateplení</b>	17151,86	2121,57	19273,43
<b>Varianta A</b>	5569,73	2121,57	7691,3
<b>Varianta B</b>	7580,69	2121,57	9702,26
<b>Varianta C</b>	5423,21	2121,57	7544,78
<b>Varianta D</b>	7434,17	2121,57	9555,74

Tab. 64 – Přehled tepelných ztrát pro jednotlivé varianty

	$Q_{VYT,r}$ [MWh/rok]	$Q_{VYT,r}$ [GJ/rok]
<b>Bez zateplení</b>	46,5	167,3
<b>Varianta A</b>	18,5	66,7
<b>Varianta B</b>	23,4	84,1
<b>Varianta C</b>	18,2	65,4
<b>Varianta D</b>	23	82,9

Tab. 65 – Přehled potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty

	<b>Kotel</b>	<b>Cena</b>
<b>Bez zateplení</b>	Kotel na tuhá paliva Dakon DOR N 20	54886 Kč
<b>Ostatní varianty</b>	Kotel na tuhá paliva Klimosz EKO LE 10	50409 Kč

Tab. 66 – Přehled kotlů pro jednotlivé varianty

Z předchozích tabulek lze za pomoci kalkulátoru [13] při vstupních datech dle přílohy 28 vyčíslit předpokládanou spotřebu uhlí a odpovídající cenu vytápění, při uvažované ceně za palivo 2,9 Kč za kilogram a účinnosti automatického kotle Dakon 88% a Klimosz 89,7%. Výstup z kalkulátoru je v přílohách 29 až 33. Kromě předpokládaných nákladů na vytápění jsou v následující tabulce uvedeny též souhrnné investice, které by byly nezbytné pro vypracování daných variant. V investicích nejsou započítány položky, které by byly společné jak pro variantu bez zateplení tak pro varianty se zateplením, jako je kupříkladu výstavba nového komínu, náklady na vypracování otopné soustavy a pravidelné revize systému, náklady na ohřev TUV či roční spotřeba elektřiny, naopak jsou ale celkové investice do jednotlivých variant poníženy o 4477 Kč, což je rozdíl v cenách navrhovaných kotlů.

	<b>Množství uhlí [q]</b>	<b>Cena za palivo za rok</b>	<b>Úspora za palivo za rok</b>	<b>Celkové investice</b>
<b>Bez zateplení</b>	82	23761 Kč	0 Kč	0 Kč
<b>Varianta A</b>	28	7905 Kč	15856 Kč	359510,4 Kč
<b>Varianta B</b>	37	10561 Kč	13200 Kč	276072,7 Kč
<b>Varianta C</b>	27	7692 Kč	16069 Kč	349834,2 Kč
<b>Varianta D</b>	36	10428Kč	13333 Kč	266396,5 Kč

Tab. 67 – Náklady na vytápění a přehled investic pro jednotlivé varianty

## 5.2 Výpočet ekonomického zhodnocení

Na základě stanovených úspor na vytápění a výší investic do jednotlivých variant zateplení již lze přistoupit k samotnému výpočtu ekonomického zhodnocení pro různé návrhy. K výpočtu byla použita metoda NPV – net present value neboli, čistá současná hodnota, kte-

rá je pro výpočet dlouhodobějších investic vhodnější než kritérium prosté doby splacení, neboť ve výpočtu uvažuje změnu ceny peněz během délky trvání investice. Základním hodnotícím kritériem u metody NPV je její hodnota. V nejlepším případě je velikost  $NPV > 0$ , což je ukazatel, že navrhovaná investice přinese v budoucnu zhodnocení a vyplatí se realizovat. Je-li velikost  $NPV = 0$ , investice nepřináší žádný zisk, ale ani ztrátu a je z ekonomického hlediska neutrální. V případě nejhorším je hodnota  $NPV < 0$ , což znamená, že investice výhodná není a bylo by lepší uvažovanou částku zhodnotit jiným způsobem. Vzor pro výpočet NPV je následující:]

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IN \quad (5.1)$$

Při výpočtu zhodnocení podle kritéria NPV je nejjednodušší částí výpočtu určit velikost diskontu a odhadnout peněžní toky v průběhu trvání investice. Velikost diskontu byla určena podle vztahu:

$$r_n = (1 + r_r) \cdot (1 + \alpha) - 1 \quad (5.2)$$

S uvažovanou hodnotou  $r_r = 1\%$ , což je dle [15] aktuální nejvyšší úroková sazba pro spořicí účty. Míra inflace je uvažována  $\alpha = 2,2\%$ , což je dle ČSÚ průměrná míra inflace za posledních 15 let. Na základě těchto dat je pak ve výpočtech užitá nominální diskontní míra  $r_n = 3,22\%$ .

Finanční toky pro jednotlivé roky jsou na základě dané míry inflace a počátečního toku peněz v podobě roční úspory za palivo vyjádřeny jako:

$$CF_t = CF \cdot (1 + \alpha)^t \quad (5.3)$$

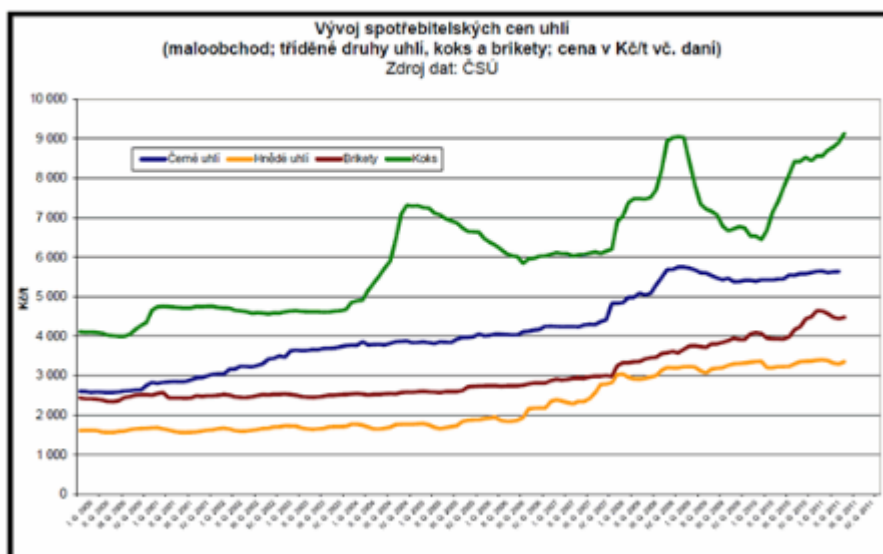
Příklad výpočtu pro tok peněz ve třetím roce pro variantu A s roční úsporou za palivo 15856 Kč je takovýto:

$$CF_3 = 15856 \cdot (1 + 0,022)^3$$

$$\underline{CF_3 = 16925,7 \text{ Kč}}$$

Do výpočtu, není zahrnuta případná změna energií, neboť podle současného trendu na trhu s uhlím se dá velmi těžko odhadnout, jaký bude dlouhodobý vývoj cen. V průběhu let 2000 až 2010 došlo k nárůstu cen hnědého uhlí o 40 procent, avšak současný vývoj cen je poměrně nepředvídatelný, jak je doloženo na následujících grafech. V případě růstu cen uhlí by byly vyšší peněžní toky v jednotlivých letech a analogicky potom nižší při poklesu tržní hodnoty uhlí.

### 1. Vývoj spotřebitelských cen uhlí



Obr. 5 – Vývoj cen uhlí v letech 2000 až 2010 [16]



Obr. 6 – Vývoj cen uhlí v letech 2009 až 2017 [17]

Na základě stanovených předpokladů již lze vyčíslit diskontovaný peněžní tok pro jednotlivé roky. Ve třetím roce trvání investice pro variantu A je diskontovaný peněžní tok:

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+r)^t} \tag{5.4}$$

$$DCF_3 = \frac{CF_3}{(1+r)^3}$$

$$DCF_3 = \frac{16925,7}{(1+0,032)^3}$$

$$\underline{DCF_3 = 15390,6 \text{ Kč}}$$

Tabulky vypočítaných DCF pro jednotlivé varianty návrhu zateplení objektu jsou uvedeny v přílohách 34 až 37. Investice začíná rokem 0, ve kterém je uvažován záporný hotovostní tok ve výši počáteční investice, výpočet byl proveden pro odhadovanou životnost projektu 30 let. V tabulce je uveden výsledný NPV pro jednotlivé varianty a jim odpovídající úspory a investice.

	Úspora za palivo za rok	Celkové investice	NPV <sub>30</sub>
<b>Varianta A</b>	15856 Kč	359510,4 Kč	49813,7 Kč
<b>Varianta B</b>	13200 Kč	276072,7 Kč	64686,5 Kč
<b>Varianta C</b>	16069 Kč	349834,2 Kč	64988,5 Kč
<b>Varianta D</b>	13333 Kč	266396,5 Kč	77796,1 Kč

*Tab. 68 – Zhodnocení jednotlivých návrhů pomocí NPV*

Ze spočítaných hodnot NPV je vidět, že všechny varianty jsou dobrou investicí. Z ekonomického hlediska je „nejhorší“ varianta A, varianty B a C se ve výsledku příliš neliší a představují jakýsi investiční „střed“ a ekonomicky nejprůzračnější je varianta D.

## **6. Technický a ekologický rozbor**

### **6.1 Technické hledisko**

Z technického hlediska celkových provedených prací jsou si podobné varianty A a C a varianty B a D. Z pohledu použitých materiálů jsou si podobné varianty A a B a varianty C a D.

Zateplení fasády pěnovým polystyrenem má oproti minerální vatě výhodu v nižší hmotnosti a celkovému nižšímu zatížení stavební konstrukce. S nižší hmotností je spojena i snadnější manipulace s materiálem při stavbě. EPS se též snadněji upevňuje a opracovává a není nasákavý.

Výhoda minerální vaty oproti polystyrenu je jednoznačně v její životnosti, pokud je konstrukce dobře provedena. To souvisí též s ekonomickou stránkou věci, neboť je možné předpokládat, že doba životnosti zateplení minerální vatou bude delší a tudíž i výsledná NPV bude vyšší oproti předpokládaným třiceti letům. Zároveň se životnost promítá i do ekologického hlediska z pohledu doby, za jakou bude potřeba provést ekologickou likvidaci doslouživších materiálů. Další výraznou výhodou minerální vaty je její nehořlavost, minerální vata je z hlediska požární odolnosti tepelných izolací v kategorii A1 – nehořlavé

materiály, pěnový polystyren je v kategorii B – těžce hořlavé. Poslední výhodou minerální vaty je její lepší prodyšnost, což je u starého stavení důležitý aspekt. V návrhu zateplení se uvažuje speciální paropropustný EPS, který má oproti klasickému polystyrenu prodyšnost lepší, avšak pořád nedosahuje v propustnosti kvalit minerální vaty.

Z pohledu stavebních prací jsou obě varianty zateplení fasády rovnocenné. Obě konstrukce vyžadují základový rošt a následně povrchovou úpravu. Zásadní rozdíl je potom ale mezi variantami, které počítají s renovací podlah a které ne. Při renovaci podlah by bylo nutné ponejprv stávající podlahy vykopat, posléze prohloubit prostor pro podlahy nové a ty potom realizovat. Ze stavebního hlediska to znamená vystěhování celého objektu, byť by bylo možné renovaci realizovat po etapách, a manipulaci s velkým objemem stavebního materiálu. Podlahy již navíc byly částečně renovovány, ale ne v míře navrhované v této práci. Z již uvedeného ekonomického rozboru je patrné, že rekonstrukce podlah je finančně náročná a nepřinese takové výsledky, aby se bezpodmínečně vyplatila. Situace by byla jiná, pokud by podlahy byly v dezolátním stavu a jejich oprava byla nezbytná.

## **6.2 Ekologické hledisko**

Z ekologického hlediska je nutné posouzení emisí jednotlivých typů vytápění a především určit hodnotu neobnovitelné primární energie a celkové primární energie. Dle údajů výrobců spadá kotel Dakon DOR N 20 dle EN 303-5 do 4. emisní třídy, kotel Klimosz EKO LE 10 do třídy 5. Význam emisních tříd je spojený s tlakem na minimalizaci emisí znečišťujících látek a maximalizaci míry využití energie paliva. Výsledný efekt pro ústřední vytápění domácností je v podobě nasazování automatických kotlů, které mají vysokou účinnost spalování a nižší emisní hodnoty.

Účinnost spalování je pro uživatele malých spalovacích zařízení na tuhá paliva zajímavá především ve spojení se spotřebou paliva a náklady na vytápění, což bylo stanoveno v kapitole 5.1.2. Základní požadavky na účinnost malých spalovacích zařízení jsou dány evropskými technickými normami a národními předpisy. U kotlů s výkonem do 20 kW je stanovena minimální účinnost na 75 %, což oba navrhované kotle splňují.

Z pohledu emisních hodnot jsou nejvíce sledovány hodnoty prachu, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> a uhlovodíků. Přehled požadavků pro kotle s výkonem do 500 kW a dopad těchto požadavků na kotle v různých emisních třídách je na následujících obrázcích.



**Tabulka č. 1 Porovnání schválených hodnot emisních limitů pro kotle spalující tuhá paliva dle velikosti kotle, které budou platit po roce 2020 (vyjádřeno jako koncentrace znečišťujících látek v mg/m<sup>3</sup> v suchých spalínách při 6% O<sub>2</sub>, 101 325 Pa, 0 °C)**

Platné předpisy	výkon / příkon kotle	typ kotle	tuhé částice (PM)	uhlovodíky (OGC, TOC)	oxid uhelnatý (CO)	oxidy dusíku (NO <sub>x</sub> vyjádřeno jako NO <sub>2</sub> )	oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> )
Požadavky dle Směrnice o Ekodesignu 2009/125/ES – požadavky pro kotle na tuhá paliva, platnost od 1. 1. 2020, jedná se o sezónní emise znečišťujících látek – vážený průměr (85% P <sub>sniženy</sub> , 15% P <sub>jmen</sub> )	do 0,5 MW	automatické kotle	55 (40) <sup>3)</sup>	27 (20) <sup>3)</sup>	682 (500) <sup>3)</sup>	273 <sup>4)</sup> (200) <sup>3)</sup>	
		manuální kotle	82 (60) <sup>3)</sup>	41 (30) <sup>3)</sup>	955 (700) <sup>3)</sup>	477 <sup>5)</sup> (350) <sup>3)</sup>	

Obr. 7 – Emisní požadavky pro kotle s výkonem do 500 kW [18]

**Tabulka č. 2 Přehled povinností souvisejících s prodejem a provozem kotlů na tuhá paliva pro vytápění domácností (do 500 kW)**

Platnost od	Popis nařízení
1. 1. 2014	Zákaz prodeje kotlů 1. a 2. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle 3., 4. a 5. emisní třídy)
1. 1. 2017	Povinnost na vyžádání předložit revizi kotle (včetně označení emisní třídy)
1. 1. 2018	Zákaz prodeje kotlů 3. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle 4. a 5. emisní třídy)
1. 1. 2020	Zákaz prodeje kotlů 4. a 5. emisní třídy (možnost legálně zakoupit a uvést do provozu pouze kotle splňující požadavky EKODESIGN) – pro celou EU
1. 9. 2022	1. 9. 2022 Zákaz používání kotlů 1. a 2. emisní třídy (bez ohledu na to, kdy byly pořízeny)

pozn.: Emisní třídy dle EN 303-5  
zjednodušeně je možné říci, že požadavky dle EKODESIGN jsou rozšířené požadavky na 5. emisní třídu

Obr. 8 – Možnosti užívání kotlů podle emisních tříd [18]

Oba kotle prozatím požadavky na emisní třídu splňují, pokud nedojde ke změně specifikací nebo jejich hodnocení, nebude ale již možné je po roce 2020 zakoupit. Kotel Klimosz EKO LE 10 se tak se zařazením do páté emisní třídy jeví jako lepší varianta.

Posledním faktorem ekologického zhodnocení tak zůstává neobnovitelná primární energie, která vyjadřuje odpovídající spotřebu přírodních zdrojů. Při určení roční neobnovitelné energie se započítávají dílčí energie potřebné na vytápění, chlazení, nucené větrání, úpravu vlhkosti vnitřního vzduchu, přípravy teplé vody, osvětlení a případnou energií spojenou s energií vyrobenou v budově a dodávanou mimo budovu. Obecný vztah pro výpočet je:

$$NPE = NPE_H + NPE_C + NPE_F + NPE_{RH} + NPE_W + NPE_L + NPE_{el} \quad (6.1)$$

Pro účely této práce stačí stanovit neobnovitelnou primární energii potřebnou pro vytápění, neboť ostatní energie spojené s provozem budovy, čili energie na ohřev TUV a osvětlení nejsou předmětem uvažovaných úspor a pro jednotlivé varianty navrhovaného zateplení se počítá s jejich stejnou hodnotou. Zbylé energie výše zmíněné pak nejsou pro tuto práci relevantní vůbec.

Vzhledem k užití pouze jednoho tepelného zdroje je výpočet neobnovitelné primární energie potřebné na vytápění jednoduchý:

$$NPE_H = Q_{H,pativo} \cdot \xi_{pne} \quad (6.2)$$

	$Q_{VYT,r}$ [GJ/rok]	Účinnost kotle [%]	$Q_{VYT,r}/\eta$ [GJ/rok]	$\xi_{pne}$ [-]	$NPE_H$ [GJ]
<b>Bez zateplení</b>	167,3	88	190,11	1,1	209,121
<b>Varianta A</b>	66,7	89,7	74,36	1,1	81,796
<b>Varianta B</b>	84,1	89,7	93,76	1,1	103,136
<b>Varianta C</b>	65,4	89,7	72,91	1,1	80,201
<b>Varianta D</b>	82,9	89,7	92,42	1,1	101,662

Tab. 69 – Přehled neobnovitelné primární energie pro jednotlivé návrhy zateplení

Výpočet celkové primární energie, která zohledňuje emisní vliv použitého energonositele, je analogický k postupu 6.2, pouze je ve výpočtu faktor neobnovitelné primární energie zaměněn za faktor celkové primární energie. Vzhledem k tomu, že pro hnědé uhlí mají oba faktory stejnou hodnotu, je celková primární energie shodná s neobnovitelnou primární energií.

Z vypočtených hodnot spotřeby neobnovitelné primární energie je zřejmé, že po zateplení objektu dojde k významnému poklesu její spotřeby. Pro varianty B a D jde o pokles přibližně na polovinu původní hodnoty, u variant A a C pokles na přibližně 40 procent.

## 7. Závěr

Cílem práce bylo seznámit se s legislativní problematikou vytápění, navrhnout pro zvolený objekt různé možnosti zateplení pro snížení tepelných ztrát a spočítat jejich parametry a jednotlivé varianty návrhu zhodnotit z technického, ekonomického a ekologického hlediska.

### 7.1 Srovnání cílů práce s výsledky

#### 1. teoretický rozbor problematiky vytápění, tepelných ztrát a ohřevu vody, energetický průkaz budovy

Po nastudování příslušných zákonů, vyhlášek, nařízení a technických dokumentů byly shrnuty jednotlivé legislativní a technické požadavky na energetické aspekty při rekonstrukci objektů. Taktéž byly vzaty v úvahu okolnosti, které souvisí s konkrétní zpracovávanou stavbou.

## **2. popis objektu a požadavků na rekonstrukci**

V popisu objektu jsou uvedeny stručné informace o zpracovávaném stavení. Dále jsou zde technické informace o aktuálních stavebních konstrukcích a jejich rozložení. Následuje výpočet tepelných ztrát jednotlivých místností a určení celkové potřeby tepla k vytápění a ohřevu TUV a příklady výpočtu

## **3. návrh zateplení a otopné soustavy**

Po zhodnocení vlastností stávajícího objektu byly udělány dvě, respektive čtyři návrhové varianty zateplení objektu. Návrhy byly zpracovány tak, aby jejich tepelně-technické vlastnosti korespondovaly s požadavky stanovenými normou. Pro takto stanovené požadavky byly následně určeny tepelné ztráty, které by objekt měl při realizaci daných variant, a na jejich základě stanovena též potřeba energie pro vytápění.

## **4. ekonomický rozbor navrhovaných možností vytápění**

Na základě návrhů rekonstrukce z předchozí kapitoly rekonstrukce jsou zde vypočteny a uvedeny náklady na vytápění pro jednotlivé varianty a především náklady na realizaci jednotlivých variant zateplení. Pomocí hodnotícího kritéria NPV pro investice je stanoveno ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů. Při hodnocení nejsou vzaty v úvahu možnosti změny cen uhlí, v textu jsou uvedeny důvody, proč.

## **5. technický a ekologický rozbor**

V technickém rozboru je poukázáno především na stavební proveditelnost jednotlivých návrhů a jsou zde zmíněny výhody a nevýhody jednotlivých užitých materiálů a jejich aplikace. Z ekologického hlediska jsou projekty hodnoceny z pohledu spotřeby celkové primární energie a neobnovitelné primární energie, též je rozebrána účinnost kotlů a jejich emisní třída a související legislativní požadavky.

## **6. celkové zhodnocení navrhovaných možností**

Na základě získaných poznatků, konzultací s odborníky a provedených výpočtů bych z navrhovaných variant zateplení doporučil variantu B, což by obnášelo výměnu oken, zateplení stropů a fasády minerální vatou o síle 100 a 120 milimetrů a neproběhla by celková renovace podlah, která byla v celkovém měřítku jedna z nejvyšších položek. Na tuto variantu jsou sice kladeny vyšší finanční nároky než na variantu D, která je z ekonomického hlediska nejprůzračnější, ale z pohledu užitých materiálů a typu obvodového zdiva je pro zateplení fasády minerální vata lepší volba než pěnový

polystyrén. Další výhodou užití minerální vaty při zateplení fasády je její životnost, což znamená, že NPV vypočtená ve čtvrté kapitole by s každým dalším rokem životnosti projektu rostla.

Z ekonomického hlediska je otázkou též cena uhlí, která dlouhodobě není zcela stabilní. Při výpočtech bylo uvažováno s cenou 290 Kč za metrický cent a během doby vypracování se cena změnila na 315 Kč za metrický cent. Vzhledem k nárůstu cen by byla i větší úspora a tím opět větší NPV, ale stejně tak je možné, byť asi nepravděpodobné, že dojde k výraznému poklesu cen uhlí a v tom okamžiku by již návratnost investic nemusela být na takové výši.

Ze stavebního hlediska by mohlo být problematické zateplení vnějšího zdiva, které přímo sousedí s vjezdem do objektu, neboť na zdech jsou připevněna vrata. Při předpokládané síle zateplení 100 milimetrů by bylo nutné vrata patřičným způsobem upravit a též změnit systém jejich upevnění. Šířka průjezdu by i po rekonstrukci byla postačující pro vjezd osobním vozem, ale byl by výrazně ovlivněn zbývající prostor k chození okolo případného zaparkovaného vozu. Finanční náročnost úpravy vrat v práci uvažována není.

Tato práce může sloužit majiteli nemovitosti jako orientační rozvaha při plánování případné rekonstrukce a to jak z pohledu úspor při zateplení objektu, tak z pohledu nutných investic a stavebních prací spojených s rekonstrukcí. Zároveň mu může posloužit jako přibližný ukazatel energetické náročnosti budovy po rekonstrukci takového rozsahu, neboť budoucí vypracování PENB by po rekonstrukci bylo nezbytné.

## Literatura

- [1] Zákon č. 406/2000 Sb. Zákon o hospodaření energií, 2000. In: *406/2000*.
- [2] Vyhláška č. 194/2007 Sb. kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé vody, měrné ukazatele spotřeby tepelné energie pro vytápění a pro přípravu teplé vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími a registrujícími dodávku tepelné energie, 2007. In: *194/2007*.
- [3] BROŽ, Karel, 2002. *Vytápění*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT. ISBN 80-010-2536-5.
- [4] *Přednáška A\_UT 01\_09.pdf* [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A\\_UT%2001\\_09.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/A_UT%2001_09.pdf)
- [5] Vyhláška č. 78/2013 Sb. Vyhláška o energetické náročnosti budov, 2013. In: *78/2013*.
- [6] *Užití nově zavedených EN norem při zpracování energetických auditů pro budovy* [online], 2004. In: . [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/1007>
- [7] SVOBODA, Zbyněk, 2006. *Okrajové podmínky pro tepelně technické výpočty* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: [http://kps.fsv.cvut.cz/file\\_download.php?fid=4274](http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4274)
- [8] VARGA, Martin, Ing. 2014. *Jaký je rozdíl mezi  $\Delta U_{em}$  v Energetice a  $\Delta U$  v Tepelné technice 1D?* [online]. In: . [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <https://stavebni-fyzika.cz/technicke-forum/technicka-knihovna/energetika/ostatni/story-17>
- [9] *Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů - TZB-info* [online], 2001. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [10] *Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci - TZB-info* [online], 2011. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [11] *Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994) - TZB-info* [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdušnosti-oken-a-dveri-dle-csn-73-0540>
- [12] *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody - TZB-info* [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

- [13] *Porovnání nákladů na vytápění TZB-info - TZB-info* [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- [14] *Poznámky a výukové materiály k předmětu Ekonomika elektroenergetiky od Doc. Ing. Jiřího Vašíčka, CSc.*
- [15] *Aktuální úrokové sazby spořicíh účtů k 1. 2. 2017* [online], 2017. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.uctysporici.cz/products/aktualni-urokove-sazby-sporicich-uctu-a-terminovanych-vkladu/>
- [16] *Vývoj cen pevných paliv pro domácnosti v letech 2007-2010 - TZB-info* [online], 2011. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/7840-vyvoj-cen-pevných-paliv-pro-domacnosti-v-letech-2007-2010>
- [17] *Uhlí US index - aktuální a historické ceny uhlí US index, graf vývoje ceny uhlí US index - od 29.9.2003 - měna USD* [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: [http://www.kurzy.cz/komodity/uhli-us-index-graf-vyvoje-ceny/nr\\_index.asp?A=5&idk=116&od=29.9.2003&curr=&default\\_curr=&unit=&lg=1](http://www.kurzy.cz/komodity/uhli-us-index-graf-vyvoje-ceny/nr_index.asp?A=5&idk=116&od=29.9.2003&curr=&default_curr=&unit=&lg=1)
- [18] *Co musí splnit nový kotel na tuhá paliva po roce 2020? - TZB-info* [online], 2015. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/12909-co-musi-splnit-novy-kotel-na-tuha-paliva-po-roce-2020>
- [19] SVOBODA, Zbyněk, *Výpočet energetické náročnosti budov* [online]. [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: [kps.fsv.cvut.cz/file\\_download.php?fid=4033](http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=4033)
- [20] Normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $UN_{20}$  jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky - TZB-info [online], [cit. 2017-05-08]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>

## **Přílohy**

<i>Příloha 1 – Faktory primární energie hodnocené budovy [5].....</i>	<i>59</i>
<i>Příloha 2 – Hodnoty faktoru primární energie pro referenční budovu [5] .....</i>	<i>59</i>
<i>Příloha 3 – snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu [5] .....</i>	<i>60</i>
<i>Příloha 4 – referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy [5].....</i>	<i>60</i>
<i>Příloha 5 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla UN,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [20].....</i>	<i>61</i>
<i>Příloha 6 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [4] .....</i>	<i>62</i>
<i>Příloha 7 – Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti [4].....</i>	<i>62</i>
<i>Příloha 8 – Tepelné ztráty prostupem – pokoj 1 .....</i>	<i>63</i>
<i>Příloha 9 – Tepelné ztráty prostupem – pokoj 2 .....</i>	<i>64</i>
<i>Příloha 10 – Tepelné ztráty prostupem – sednice.....</i>	<i>65</i>
<i>Příloha 11 – Tepelné ztráty prostupem – ložnice.....</i>	<i>66</i>
<i>Příloha 12 – Tepelné ztráty prostupem – kuchyně.....</i>	<i>67</i>
<i>Příloha 13 – Tepelné ztráty prostupem – veranda.....</i>	<i>68</i>
<i>Příloha 14 – Tepelné ztráty prostupem – koupelna .....</i>	<i>69</i>
<i>Příloha 15 – Tepelné ztráty prostupem – technická místnost .....</i>	<i>70</i>
<i>Příloha 16 – Tepelná ztráta větráním – pokoj1 .....</i>	<i>71</i>
<i>Příloha 17 – Tepelná ztráta větráním – pokoj2 .....</i>	<i>71</i>
<i>Příloha 18 – Tepelná ztráta větráním – sednice .....</i>	<i>71</i>
<i>Příloha 19 – Tepelná ztráta větráním – ložnice.....</i>	<i>71</i>
<i>Příloha 20 – Tepelná ztráta větráním – kuchyně.....</i>	<i>72</i>
<i>Příloha 21 – Tepelná ztráta větráním - .....</i>	<i>72</i>
<i>Příloha 22 – Tepelná ztráta větráním – koupelna.....</i>	<i>72</i>
<i>Příloha 23 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV před zateplením [12].....</i>	<i>73</i>
<i>Příloha 24 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení EP – varianta B [12] .....</i>	<i>73</i>
<i>Příloha 25 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení MW – varianta A [12] .....</i>	<i>74</i>
<i>Příloha 26 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení MW bez renovace podlah – varianta C[12] .....</i>	<i>74</i>
<i>Příloha 27 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení EPS bez renovace podlah – varianta D[12] .....</i>	<i>75</i>
<i>Příloha 28 – Vstupní data pro výpočet spotřeby paliva [13].....</i>	<i>75</i>

<i>Příloha 29 – Spotřeba paliva pro objekt bez zateplení [13] .....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 30 – Spotřeba paliva pro variantu A [13].....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 31 – Spotřeba paliva pro variantu B [13].....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 32 – Spotřeba paliva pro variantu C [13] .....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 33 – Spotřeba paliva pro variantu D [13] .....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 34 – Výpočet NPV pro variantu A.....</i>	<i>76</i>
<i>Příloha 35 – Výpočet NPV pro variantu B.....</i>	<i>77</i>
<i>Příloha 36 – Výpočet NPV pro variantu C .....</i>	<i>77</i>
<i>Příloha 37 – Výpočet NPV pro variantu D.....</i>	<i>77</i>



<b>Energonositel</b>	<b>Faktor celkové primární energie [-]</b>	<b>Faktor neobnovitelné primární energie [-]</b>
Zemní plyn	1,1	1,1
Černé uhlí	1,1	1,1
Hnědé uhlí	1,1	1,1
Propan-butan/LPG	1,2	1,2
Topný olej	1,2	1,2
Elektrina	3,2	3,0
Dřevěné peletky	1,2	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	1,1	0,1
Energie okolního prostředí (elektrina a teplo)	1,0	0,0
Elektrina - dodávka mimo budovu	-3,2	-3,0
Teplo - dodávka mimo budovu	-1,1	-1,0
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,1
Soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem obnovitelných zdrojů	1,1	0,3
Soustava zásobování tepelnou energií s 50% a nižším podílem obnovitelných zdrojů	1,1	1,0
Ostatní neuvedené energonositele	1,2	1,2

*Příloha 1 – Faktory primární energie hodnocené budovy [5]*

<b>Typ spotřeby</b>	<b>Faktor neobnovitelné primární energie [-]</b>
Vytápění	1,1
Chlazení	3,0
Příprava teplé vody	1,1
Úprava vlhkosti vzduchu	3,0
Mechanické větrání	3,0
Osvětlení	3,0
Pomocné energie (čerpadla, regulace apod.)	3,0

*Příloha 2 – Hodnoty faktoru primární energie pro referenční budovu [5]*

Parametr	Označení	Jednotky	Druh budovy nebo zóny	Referenční hodnota
				Dokončená budova a její změna po 1.1. 2015
Snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu	$\Delta e_{p,R}$	%	Rodinný dům	3
			Bytový dům	3
		%	Ostatní budovy	3

*Příloha 3 – snížení hodnoty neobnovitelné primární energie stanovené pro referenční budovu [5]*

Parametr	Označení	Jednotka	Referenční hodnota
Účinnost výroby energie zdrojem tepla pro vytápění a/nebo přípravu teplé vody <sup>1)</sup>	$\eta_{H,gen,R}$	%	80
Chladicí faktor kompresorového zdroje chladu	$EER_{C,gen,R}$ <sup>2)</sup>	W/W	2,7
Chladicí faktor ostatních zdrojů chladu	$EER_{C,gen,R}$ <sup>2)</sup>	W/W	0,5
Topný faktor tepelného čerpadla	$COP_{H,gen,R}$ <sup>3)</sup>	W/W	3,0
Účinnost zpětného získávání tepla -rovnotlaký systém nuceného větrání	$\eta_{H,hr,sys}$ <sup>4)</sup>	(%)	60

*Příloha 4 – referenční parametry a hodnoty pro měněné technické systémy budovy [5]*

<b>Popis konstrukce</b>	<b>Typ konstrukce</b>	<b>Požadované hodnoty <math>U_N</math></b>	<b>Doporučené hodnoty <math>U_N</math></b>
Stěna venkovní	lehká	0,30	0,20
Stěna k nevytápěné půdě	těžká	0,30	0,25
Střecha strmá se sklonem nad 45°		0,30	0,20
Střecha – plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně		0,24	0,16
Strop s podlahou nad venkovním prostorem		0,24	0,16
Strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace		0,30	0,20
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině		0,45	0,30
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru, strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí		0,75	0,50
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině		0,85	0,60
Stěna mezi sousedními budovami		1,05	0,70
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,05	0,70
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,3	0,90
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,2	1,45
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,7	1,8
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří		1,5	1,20
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí		1,4	1,1
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)		1,7	1,2
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru		3,5	2,3
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		3,5	2,3
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí		2,6	1,7

*Příloha 5 – Normové hodnoty součinitele prostupu tepla  $U_N$ ,20 jednotlivých konstrukcí dle ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky [20]*

Faktor tvaru budovy $A/V$ [ $m^2/m^3$ ]	Průměrný požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rg}$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	Průměrný doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,N,rg}$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]
$\leq 0,2$	1,05	0,79
0,3	0,80	0,6
0,4	0,68	0,51
0,5	0,60	0,45
0,6	0,55	0,41
0,7	0,51	0,39
0,8	0,49	0,37
0,9	0,47	0,35
$\geq 1$	0,45	0,34

Příloha 6 – Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla [4]

Výplně otvorů	Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti $i_{L,V,N}$ [ $m^3/(s \cdot m \cdot Pa^{0,67})$ ]	
	Budova s větráním přiro- zeným nebo kombinovaným	Budova s větráním pouze nuceným nebo s klimatiza- cí
Vstupní dveře do zádveří budovy při celkové výšce nadzemní části do 8m včetně	$1,60 \cdot 10^{-4}$	$0,87 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vstupní dveře do budovy a dveře oddělující ucelenou část budovy	$0,87 \cdot 10^{-4}$	$0,30 \cdot 10^{-4}$
Ostatní vnější výplně otvorů při celkové výšce nadzemní části budovy		$0,10 \cdot 10^{-4}$
- do 8m včetně	$0,87 \cdot 10^{-4}$	
- 8 až 20m včetně	$0,60 \cdot 10^{-4}$	
- 20 až 30 m včetně	$0,30 \cdot 10^{-4}$	
- nad 30m	$0,10 \cdot 10^{-4}$	
Lehký obvodový plášť včet- ně oken s dveří	$0,05 \cdot 10^{-4}$	$0,05 \cdot 10^{-4}$

Příloha 7 – Požadovaná hodnota součinitele spárové průvzdušnosti [4]

Tepelné ztráty prostupem – pokoj 1																		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken					
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	
SO1	10,44	1,35	0,05	1,40	1	14,62	10,44	0,24	0,05	0,29	1	3,03	0,27	0,05	0,32	1	3,34	
SO2	11,02	1,5	0,05	1,55	1	17,01	11,02	0,25	0,05	0,3	1	3,31	0,28	0,05	0,33	1	3,64	
SO3	10,38	1,5	0,05	1,55	1	16,09	10,38	0,25	0,05	0,3	1	3,11	0,28	0,05	0,33	1	3,43	
O9	1,08	2,8	0,5	3,3	1	3,56	1,08	1,5	0,5	2,0	1	2,16	1,5	0,5	2,0	1	2,16	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						51,28	-					11,61	-					12,57
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																		
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
S1	14,67	0,77	0	0,77	1	11,3	14,67	0,25	0	0,25	1	3,67						
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						11,3	-					3,67						
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																		
Bez zateplení																		
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]													
-	-	-	-	-	-													
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou						-												
Tepelné ztráty zeminou																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equivsk}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equivsk}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
P1	14,67	1,30	1,45	0,466	1	12,89	14,67	0,33	1,45	0,466	1	3,27						
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						12,89	-					3,27						

Příloha 8 – Tepelné ztráty prostupem – pokoj 1

Tepelné ztráty prostupem – pokoj 2																	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken				
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]
SO1	8,02	1,5	0,05	1,55	1	12,43	8,02	0,24	0,05	0,29	1	2,33	0,27	0,05	0,32	1	2,57
SO3	9,34	1,5	0,05	1,55	1	14,48	9,22	0,25	0,05	0,30	1	2,77	0,28	0,05	0,33	1	3,04
SO4	10,32	1,18	0,05	1,23	1	12,69	10,32	0,24	0,05	0,29	1	2,99	0,27	0,05	0,32	1	3,30
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
O8	0,96	2,8	0,5	3,3	1	3,17	1,08	1,5	0,5	2,0	1	2,16	1,5	0,5	2,0	1	2,16
D8	2,3	2,6	0,4	3	1	6,9	2,3	1,7	0,4	2,1	1	4,83	1,7	0,4	2,1	1	4,83
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						61,09	-					22,0	-				22,82
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																	
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
S1	16,32	0,77	0	0,77	1	12,57	16,32	0,25	0	0,25	1	4,08					
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						12,57	-					4,08					
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																	
Bez zateplení																	
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]												
-	-	-	-	-	-												
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					-												
Tepelné ztráty zeminou																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
P1	16,32	1,30	1,45	0,466	1	14,33	16,32	0,33	1,45	0,466	1	3,64					
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						14,33	-					3,64					

Tepelné ztráty prostupem - sednice																	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken				
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]
SO6	11,33	1,58	0,05	1,63	1	18,47	11,03	0,25	0,05	0,30	1	3,31	0,28	0,05	0,33	1	3,64
SO8	15,09	1,35	0,05	1,4	1	21,13	15,09	0,24	0,05	0,29	1	4,38	0,27	0,05	0,32	1	4,83
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
O2	1,43	2,8	0,5	3,3	1	4,72	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						50,03	-					14,61	-				15,39
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																	
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
S1	25,5	0,77	0	0,77	1	19,64	25,5	0,25	0	0,25	1	6,38					
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						19,64	-					6,38					
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																	
Bez zateplení																	
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]												
SV2	stěna k verandě	4,17	2,11	0,14	1,23												
D2	dveře na verandu	1,8	2,0	0,14	0,5												
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					1,73												
Tepelné ztráty zeminou																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
P1	25,5	0,88	1,45	0,466	1	15,16	25,5	0,30	1,45	0,466	1	5,17					
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						15,16	-					5,17					

Příloha 10 – Tepelné ztráty prostupem – sednice

Tepelné ztráty prostupem - ložnice																	
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken				
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]
SO5	14,67	1,35	0,05	1,4	1	20,54	14,67	0,24	0,05	0,29	1	4,25	0,27	0,05	0,32	1	4,69
SO6	6,84	1,58	0,05	1,63	1	11,15	6,84	0,25	0,05	0,30	1	2,05	0,28	0,05	0,33	1	2,26
SO8	11,26	1,35	0,05	1,4	1	15,76	11,26	0,24	0,05	0,29	1	3,27	0,27	0,05	0,32	1	3,60
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
O1	1,73	2,8	0,5	3,3	1	5,71	1,73	1,5	0,5	2,0	1	3,46	1,5	0,5	2,0	1	3,46
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						64,58	-					19,95	-				20,93
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																	
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
S1	20,23	0,77	0	0,77	1	15,58	20,23	0,25	0	0,25	1	5,06					
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						15,58	-					5,06					
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																	
Bez zateplení																	
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]												
-	-	-	-	-	-												
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					-												
Tepelné ztráty zeminou																	
Bez zateplení							Při zateplení EPS										
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]					
P1	20,23	1,30	1,45	0,466	1	17,77	20,23	0,33	1,45	0,466	1	4,51					
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						17,77	-					4,51					

Příloha 11 – Tepelné ztráty prostupem – ložnice



Tepelné ztráty prostupem - kuchyně																			
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																			
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken						
Č. K.	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	ΔU <sub>tb</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	U <sub>kc</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	e <sub>k</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	ΔU <sub>tb</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	U <sub>kc</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	e <sub>k</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	ΔU <sub>tb</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	U <sub>kc</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	e <sub>k</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]		
SO8	8,07	1,35	0,05	1,4	1	11,3	8	0,24	0,05	0,29	1	2,32	0,27	0,05	0,32	1	2,56		
O4	0,49	2,8	0,5	3,3	1	1,62	0,56	1,5	0,5	2,0	1	1,12	1,5	0,5	2,0	1	1,12		
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						12,92	-						3,44	-					3,68
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																			
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou												
Č. K.	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	ΔU <sub>tb</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	U <sub>kc</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	b <sub>u</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	ΔU <sub>tb</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	U <sub>kc</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	b <sub>u</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]							
S1	6,36	0,77	0	0,77	1	4,9	6,36	0,25	0	0,25	1	1,59							
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						4,9	-					1,59							
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																			
Bez zateplení							Při výměně oken												
Č. K.	popis	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	f <sub>ij</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	f <sub>ij</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]										
SV2	stěna k verandě	6,34	2,11	0,14	1,87	6,3	2,11	0,14	1,86										
SV2	stěna ke koupelně	7,55	2,11	-0,11	-1,75	7,55	2,11	-0,11	-1,75										
D3	dveře na verandu	1,7	2,0	0,14	0,48	1,7	2,0	0,14	0,48										
O3	okno na verandu	0,52	5,2	0,14	0,38	0,56	1,5	0,14	0,12										
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					0,98	-			0,71										
Tepelné ztráty zeminou																			
Bez zateplení							Při zateplení EPS												
Č. K.	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>equiv,k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	f <sub>g1</sub> [-]	f <sub>g2</sub> [-]	G <sub>w</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]	A <sub>k</sub> [m <sup>2</sup> ]	U <sub>equiv,k</sub> [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	f <sub>g1</sub> [-]	f <sub>g2</sub> [-]	G <sub>w</sub> [-]	H <sub>k</sub> [WK <sup>-1</sup> ]							
P2	6,36	1,30	1,45	0,466	1	5,59	6,36	0,33	1,45	0,466	1	1,42							
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						5,59	-					1,42							

Příloha 12 – Tepelné ztráty prostupem – kuchyně

Tepelné ztráty prostupem - veranda																		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken					
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	
SO6	3,57	1,58	0,05	1,63	1	5,82	3,57	0,25	0,05	0,3	1	1,07	0,28	0,05	0,33	1	1,18	
D4	5,46	4,7	0,3	5,0	1	27,3	5,46	1,7	0,3	2,0	1	10,92	1,7	0,3	2,0	1	10,92	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						33,12	-					11,99	-					12,1
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																		
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
S1	5,5	0,77	0	0,92	1	4,24	5,5	0,25	0	0,25	1	1,38						
SV2	6,71	2,11	0,05	2,16	0,4	5,8	6,71	2,11	0,05	2,16	0,4	5,8						
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						10,04	-					7,18						
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																		
Bez zateplení							Při výměně oken											
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]									
SV2	stěna ke kuchyni	6,34	2,11	-0,17	-2,27	6,3	2,11	-0,17	-2,26									
SV2	stěna ke koupelně	2,36	2,11	-0,3	-1,49	2,36	2,11	-0,3	-1,49									
D5	dveře do koupelny	1,45	2,0	-0,3	-0,87	1,45	2,0	-0,3	-0,87									
D3	dveře do kuchyně	1,7	2,0	-0,17	-0,58	1,7	2,0	-0,17	-0,58									
O3	okno do kuchyně	0,52	5,2	-0,17	-0,46	0,56	1,5	-0,17	-0,14									
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					-5,67	-			-5,34									
Tepelné ztráty zeminou																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
P2	5,5	1,30	1,45	0,377	1	3,9	5,5	0,33	1,45	0,377	1	0,99						
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						3,9	-					0,99						

Tepelné ztráty prostupem - koupelna																		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken					
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	
SO7	4,72	1,18	0,05	1,23	1	5,81	4,72	0,24	0,05	0,29	1	1,37	0,27	0,05	0,32	1	1,51	
SO9	4,89	1,29	0,05	1,34	1	6,55	4,72	0,24	0,05	0,29	1	1,37	0,27	0,05	0,32	1	1,51	
O5	0,63	5,2	0,5	5,7	1	3,59	0,8	1,5	0,5	2,0	1	1,6	1,5	0,5	2,0	1	1,6	
O6	0,8	5,2	0,5	5,7	1	4,56	0,8	1,5	0,5	2,0	1	1,6	1,5	0,5	2,0	1	1,6	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						20,51	-					5,94	-					6,22
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																		
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
S2	10,67	1,89	0,10	1,99	1	21,23	10,67	0,26	0,10	0,36	1	3,84						
SV2	6,71	2,11	0,05	2,16	0,4	5,8	6,71	2,11	0,05	2,16	0,4	5,8						
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						27,03	-					9,64						
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																		
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ii}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]													
SV2	stěna ke kuchyni	7,55	2,11	0,1	1,59													
SV2	stěna k verandě	2,36	2,11	0,23	1,15													
SV2	stěna k tech. míst.	9,25	2,11	0,23	4,49													
D5	dveře na verandu	1,45	2,0	0,23	0,67													
D7	dveře do tech. míst.	1,53	2,0	0,23	0,7													
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					8,6													
Tepelné ztráty zeminou																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
P2	8,88	1,30	1,45	0,52	1	8,7	8,88	0,33	1,45	0,52	1	2,21						
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						8,7	-					2,21						

Příloha 14 – Tepelné ztráty prostupem – koupelna

Tepelné ztráty prostupem – technická místnost																		
Tepelné ztráty přímo do venkovního prostředí																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS a výměně oken						Při zateplení minerální vatou a výměně oken					
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$e_k$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	
SO7	3,41	1,18	0,05	1,23	1	4,19	3,41	0,24	0,05	0,29	1	0,99	0,27	0,05	0,32	1	1,09	
SO9	3,41	1,29	0,05	1,34	1	4,57	3,41	0,24	0,05	0,29	1	0,99	0,27	0,05	0,32	1	1,09	
Celková měrná tepelná ztráta přímo do venkovního prostředí						8,76	-					1,98	-					2,18
Tepelné ztráty nevytápěným prostorem																		
Bez zateplení							Při zateplení minerální vatou											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U_{tb}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$\Delta U$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$U_{kc}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$b_u$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
S2	5,76	1,89	0,10	1,99	1	11,46	5,76	0,26	0,1	0,36	1	2,07						
Celková měrná tepelná ztráta přes nevytápěný prostor						11,46	-					2,07						
Tepelné ztráty z/do prostorů vytápěných na rozdílné teploty																		
Tepelný zisk z kotelny – kotel na uhlí ( $t_j = 30^\circ\text{C}$ )																		
Č. K.	popis	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_k$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{ij}$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]													
SV2	stěna ke koupelně	9,25	2,11	-0,3	-5,86													
SO10	stěna ke kotelně	8,7	1,29	-0,5	-5,61													
D7	dveře do koupelny	1,53	2,0	-0,3	-0,92													
Celková měrná tepelná ztráta z/do prostoru s odlišnou teplotou					-12,39													
Tepelné ztráty zeminou																		
Bez zateplení							Při zateplení EPS											
Č. K.	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]	$A_k$ [m <sup>2</sup> ]	$U_{equiv,k}$ [Wm <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> ]	$f_{g1}$ [-]	$f_{g2}$ [-]	$G_w$ [-]	$H_k$ [WK <sup>-1</sup> ]						
P3	5,37	1,30	1,45	0,377	1	3,82	5,37	0,33	1,45	0,377	1	0,97						
Celková měrná tepelná ztráta zeminou						3,82	-					0,97						

Příloha 15 – Tepelné ztráty prostupem – technická místnost

Tepelná ztráta větráním – pokoj1						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
42,54	-15	20	0,5	21,27		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
1	4,5	0,02	1	7,66	21,27	7,23

Příloha 16 – Tepelná ztráta větráním – pokoj1

Tepelná ztráta větráním – pokoj2						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
47,33	-15	20	0,5	23,67		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
3	4,5	0,03	1	12,78	23,67	8,05

Příloha 17 – Tepelná ztráta větráním – pokoj2

Tepelná ztráta větráním - sednice						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
73,95	-15	20	0,5	36,98		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
2	4,5	0,03	1	19,97	36,98	12,57

Příloha 18 – Tepelná ztráta větráním – sednice

Tepelná ztráta větráním - ložnice						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
57,66	-15	20	0,5	28,83		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
3	4,5	0,03	1	15,57	28,83	9,8

Příloha 19 – Tepelná ztráta větráním – ložnice

Tepelná ztráta větráním - kuchyně						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
18,76	-15	20	1	28,14		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
1	4,5	0,02	1	3,38	28,14	9,57

Příloha 20 – Tepelná ztráta větráním – kuchyně

Tepelná ztráta větráním - veranda						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
16,78	-15	15	0,5	8,39		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
1	4,5	0,02	1	3,02	8,39	2,85

Příloha 21 – Tepelná ztráta větráním -

Tepelná ztráta větráním - koupelna						
$V_i$ [m <sup>3</sup> ]	$t_e$ [°C]	$t_i$ [°C]	Hygienické požadavky			
			$n$ [h <sup>-1</sup> ]	$V_{min,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]		
19,27	-15	24	1,5	28,91		
Počet nechráněných otvorů	$n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	$e$ [-]	$\varepsilon$ [-]	$V_{inf,i}$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$\max(V_{min,i}, V_{inf,i})$ [m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]	$H_{v,i}$ [WK <sup>-1</sup> ]
2	4,5	0,03	1	5,2	28,91	9,83

Příloha 22 – Tepelná ztráta větráním – koupelna

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> t <sub>em</sub> = 12 °C <input type="radio"/> t <sub>em</sub> = 13 °C <input checked="" type="radio"/> t <sub>em</sub> = 15 °C ???	
Město	Písek	Délka topného období	d = 247 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub>	= -15 °C	Prům. teplota během otopného období	t <sub>es</sub> = 3.7 °C
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu Q <sub>c</sub> = 19,3 kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota t <sub>is</sub> = 19,25 °C ??? Vytápěcí denostupně D = d · (t <sub>is</sub> - t <sub>es</sub> ) = 3841 K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému e <sub>j</sub> = 0,85 ???   η <sub>o</sub> = 0,9 ??? e <sub>t</sub> = 0,90 ???   η <sub>r</sub> = 0,95 ??? e <sub>d</sub> = 1,00 ??? Opravný součinitel ε ??? <input checked="" type="radio"/> ε = e <sub>j</sub> · e <sub>t</sub> · e <sub>d</sub> = 0,765 <input type="radio"/> ε = 0,765 $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left( \begin{array}{l} 167,3 \text{ GJ/rok} \\ 46,5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> t <sub>1</sub> = 10 °C ???   ρ = 1000 kg/m <sup>3</sup> ??? t <sub>2</sub> = 55 °C ???   c = 4186 J/kgK ??? V <sub>2p</sub> = 0,328 m <sup>3</sup> /den ??? Koeficient energetických ztrát systému z = 0,5 ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25,7 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě t <sub>svl</sub> = 10 °C Teplota studené vody v zimě t <sub>svz</sub> = 5 °C Počet pracovních dní soustavy v roce N = 365 [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 30,8 \text{ GJ/rok} \\ 8,5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
<b>198.1 GJ/rok</b> $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 198,1 \text{ GJ/rok} \\ 55 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$			

Příloha 23 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV před zateplením [12]

Lokalita (Tabulka)		<input type="radio"/> t <sub>em</sub> = 12 °C <input type="radio"/> t <sub>em</sub> = 13 °C <input checked="" type="radio"/> t <sub>em</sub> = 15 °C ???	
Město	Písek	Délka topného období	d = 247 [dny]
Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub>	= -15 °C	Prům. teplota během otopného období	t <sub>es</sub> = 3.7 °C
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu Q <sub>c</sub> = 7,54 kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota t <sub>is</sub> = 19,25 °C ??? Vytápěcí denostupně D = d · (t <sub>is</sub> - t <sub>es</sub> ) = 3841 K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému e <sub>j</sub> = 0,85 ???   η <sub>o</sub> = 0,9 ??? e <sub>t</sub> = 0,90 ???   η <sub>r</sub> = 0,95 ??? e <sub>d</sub> = 1,00 ??? Opravný součinitel ε ??? <input checked="" type="radio"/> ε = e <sub>j</sub> · e <sub>t</sub> · e <sub>d</sub> = 0,765 <input type="radio"/> ε = 0,765 $Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left( \begin{array}{l} 65,4 \text{ GJ/rok} \\ 18,2 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> t <sub>1</sub> = 10 °C ???   ρ = 1000 kg/m <sup>3</sup> ??? t <sub>2</sub> = 55 °C ???   c = 4186 J/kgK ??? V <sub>2p</sub> = 0,328 m <sup>3</sup> /den ??? Koeficient energetických ztrát systému z = 0,5 ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25,7 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě t <sub>svl</sub> = 10 °C Teplota studené vody v zimě t <sub>svz</sub> = 5 °C Počet pracovních dní soustavy v roce N = 365 [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 30,8 \text{ GJ/rok} \\ 8,5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
<b>96.1 GJ/rok</b> $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 96,1 \text{ GJ/rok} \\ 26,7 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$			

Příloha 24 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení EP – varianta B [12]

Lokalita (Tabulka) <span style="float: right;"> <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 12 °C <input checked="" type="radio"/> t<sub>em</sub> = 13 °C <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 15 °C ???             </span>	
Město <input type="text" value="Písek"/>	Délka topného období d = <input type="text" value="247"/> [dny]
Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub> = <input type="text" value="-15"/> °C	Prům. teplota během otopného období t <sub>es</sub> = <input type="text" value="3.7"/> °C
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu Q <sub>C</sub> = <input type="text" value="7.69"/> kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota t <sub>is</sub> = <input type="text" value="19.25"/> °C ??? Vytápěcí denostupně D = d · (t <sub>is</sub> - t <sub>es</sub> ) = 3841 K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému e <sub>i</sub> = <input type="text" value="0.85"/> ??? η <sub>o</sub> = <input type="text" value="0.9"/> ??? e <sub>t</sub> = <input type="text" value="0.90"/> ??? η <sub>r</sub> = <input type="text" value="0.95"/> ??? e <sub>d</sub> = <input type="text" value="1.00"/> ??? Opravný součinitel ε ??? <input checked="" type="radio"/> ε = e <sub>i</sub> · e <sub>t</sub> · e <sub>d</sub> = 0.765 <input type="radio"/> ε = <input type="text" value="0.765"/> $Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ Q <sub>VYT,r</sub> = ( <input type="text" value="66.7"/> GJ/rok <input type="text" value="18.5"/> MWh/rok )	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> t <sub>1</sub> = <input type="text" value="10"/> °C ??? ρ = <input type="text" value="1000"/> kg/m <sup>3</sup> ??? t <sub>2</sub> = <input type="text" value="55"/> °C ??? c = <input type="text" value="4186"/> J/kgK ??? V <sub>2p</sub> = <input type="text" value="0.328"/> m <sup>3</sup> /den ??? Koefficient energetických ztrát systému z = <input type="text" value="0.5"/> ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě t <sub>svl</sub> = <input type="text" value="10"/> °C Teplota studené vody v zimě t <sub>svz</sub> = <input type="text" value="5"/> °C Počet pracovních dní soustavy v roce N = <input type="text" value="365"/> [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ Q <sub>TUV,r</sub> = ( <input type="text" value="30.8"/> GJ/rok <input type="text" value="8.5"/> MWh/rok )
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody Q <sub>r</sub> = Q <sub>VYT,r</sub> + Q <sub>TUV,r</sub> = ( <b>97.4 GJ/rok</b> <b>27.1 MWh/rok</b> )	

Příloha 25 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení MW – varianta A [12]

Lokalita (Tabulka) <span style="float: right;"> <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 12 °C <input checked="" type="radio"/> t<sub>em</sub> = 13 °C <input type="radio"/> t<sub>em</sub> = 15 °C ???             </span>	
Město <input type="text" value="Písek"/>	Délka topného období d = <input type="text" value="247"/> [dny]
Venkovní výpočtová teplota t <sub>e</sub> = <input type="text" value="-15"/> °C	Prům. teplota během otopného období t <sub>es</sub> = <input type="text" value="3.7"/> °C
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu Q <sub>C</sub> = <input type="text" value="9.7"/> kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota t <sub>is</sub> = <input type="text" value="19.25"/> °C ??? Vytápěcí denostupně D = d · (t <sub>is</sub> - t <sub>es</sub> ) = 3841 K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému e <sub>i</sub> = <input type="text" value="0.85"/> ??? η <sub>o</sub> = <input type="text" value="0.9"/> ??? e <sub>t</sub> = <input type="text" value="0.90"/> ??? η <sub>r</sub> = <input type="text" value="0.95"/> ??? e <sub>d</sub> = <input type="text" value="1.00"/> ??? Opravný součinitel ε ??? <input checked="" type="radio"/> ε = e <sub>i</sub> · e <sub>t</sub> · e <sub>d</sub> = 0.765 <input type="radio"/> ε = <input type="text" value="0.765"/> $Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_C \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ Q <sub>VYT,r</sub> = ( <input type="text" value="84.1"/> GJ/rok <input type="text" value="23.4"/> MWh/rok )	<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> t <sub>1</sub> = <input type="text" value="10"/> °C ??? ρ = <input type="text" value="1000"/> kg/m <sup>3</sup> ??? t <sub>2</sub> = <input type="text" value="55"/> °C ??? c = <input type="text" value="4186"/> J/kgK ??? V <sub>2p</sub> = <input type="text" value="0.328"/> m <sup>3</sup> /den ??? Koefficient energetických ztrát systému z = <input type="text" value="0.5"/> ??? Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7 \text{ kWh}$ Teplota studené vody v létě t <sub>svl</sub> = <input type="text" value="10"/> °C Teplota studené vody v zimě t <sub>svz</sub> = <input type="text" value="5"/> °C Počet pracovních dní soustavy v roce N = <input type="text" value="365"/> [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ Q <sub>TUV,r</sub> = ( <input type="text" value="30.8"/> GJ/rok <input type="text" value="8.5"/> MWh/rok )
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody Q <sub>r</sub> = Q <sub>VYT,r</sub> + Q <sub>TUV,r</sub> = ( <b>114.9 GJ/rok</b> <b>31.9 MWh/rok</b> )	

Příloha 26 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení MW bez renovace podlah – varianta C [12]



Lokalita <a href="#">(Tabulka)</a>		<input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ <a href="#">???</a>	
Město	<input type="text" value="Písek"/>	Délka topného období	$d = $ <input type="text" value="247"/> [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e = $	<input type="text" value="-15"/> $^{\circ}\text{C}$	Prům. teplota během otopného období	$t_{es} = $ <input type="text" value="3.7"/> $^{\circ}\text{C}$
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Vytápění</b> Tepelná ztráta objektu $Q_c = $ <input type="text" value="9,56"/> kW Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = $ <input type="text" value="19,25"/> $^{\circ}\text{C}$ <a href="#">???</a> Vytápěcí denostupně $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3841$ K.dny Opravné součinitele a účinnosti systému $e_i = $ <input type="text" value="0.85"/> <a href="#">???</a> $\eta_o = $ <input type="text" value="0.9"/> <a href="#">???</a> $e_t = $ <input type="text" value="0.90"/> <a href="#">???</a> $\eta_r = $ <input type="text" value="0.95"/> <a href="#">???</a> $e_d = $ <input type="text" value="1.00"/> <a href="#">???</a> Opravný součinitel $\epsilon$ <a href="#">???</a> <input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0.765$ <input type="radio"/> $\epsilon = $ <input type="text" value="0.765"/> $Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$ $Q_{VYT,r} = \left( \begin{array}{l} 82.9 \text{ GJ/rok} \\ 23 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Ohřev teplé vody</b> $t_1 = $ <input type="text" value="10"/> $^{\circ}\text{C}$ <a href="#">???</a> $\rho = $ <input type="text" value="1000"/> $\text{kg/m}^3$ <a href="#">???</a> $t_2 = $ <input type="text" value="55"/> $^{\circ}\text{C}$ <a href="#">???</a> $c = $ <input type="text" value="4186"/> $\text{J/kgK}$ <a href="#">???</a> $V_{2p} = $ <input type="text" value="0.328"/> $\text{m}^3/\text{den}$ <a href="#">???</a> Koeficient energetických ztrát systému $z = $ <input type="text" value="0.5"/> <a href="#">???</a> Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody $Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 25.7$ kWh Teplota studené vody v létě $t_{svl} = $ <input type="text" value="10"/> $^{\circ}\text{C}$ Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = $ <input type="text" value="5"/> $^{\circ}\text{C}$ Počet pracovních dní soustavy v roce $N = $ <input type="text" value="365"/> [dny] $Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$ $Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 30.8 \text{ GJ/rok} \\ 8.5 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$	
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody $Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \left( \begin{array}{l} 113.6 \text{ GJ/rok} \\ 31.6 \text{ MWh/rok} \end{array} \right)$			

Příloha 27 – Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev TUV po zateplení EPS bez renovace podlah – varianta D[12]

### Lokalita domu - klimatická data

Klimatická oblast	<input type="text" value="Písek"/>
Venkovní výpočtová teplota $t_e$	<input type="text" value="-15"/> $^{\circ}\text{C}$
Průměrná venkovní teplota $t_{es}$	<input type="text" value="3.7"/> $^{\circ}\text{C}$
Délka otopného období $d$	<input type="text" value="247"/> dny

### Charakteristika domu a jeho využití

Celková tepelná ztráta	<input type="text" value="19,3"/> kW
Typ provozu objektu	<input type="text" value="rodina s dětmi"/>
Podlahová plocha $A$	<input type="text" value="102,83"/> $\text{m}^2$
Objem budovy $V$	<input type="text" value="277.6"/> $\text{m}^3$
Intenzita výměny vzduchu $n$	<input type="text" value="0.4"/> $\text{h}^{-1}$

Příloha 28 – Vstupní data pro výpočet spotřeby paliva [13]

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva ? [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ] ?	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2,9 /kg	8 194 kg	23 761	0	0	0	0	23 761
Automatický kotel na uhlí								

Příloha 29 – Spotřeba paliva pro objekt bez zateplení [13]

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva ? [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ] ?	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2,9 /kg	2 726 kg	7 905	0	0	0	0	7 905
Automatický kotel na uhlí								

Příloha 30 – Spotřeba paliva pro variantu A [13]

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva ? [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ] ?	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2,9 /kg	3 642 kg	10 561	0	0	0	0	10 561
Automatický kotel na uhlí								

Příloha 31 – Spotřeba paliva pro variantu B [13]

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva ? [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ] ?	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2,9 /kg	2 652 kg	7 692	0	0	0	0	7 692
Automatický kotel na uhlí								

Příloha 32 – Spotřeba paliva pro variantu C [13]

Palivo ? / zdroj tepla / účinnost	Cena paliva ? [Kč]	Spotřeba paliva [rok <sup>-1</sup> ] ?	Roční náklady [Kč] ?					
			Vytápění	Teplá voda	Elektro	Platby	Investice a údržba	Celkem
Hnědé uhlí <input checked="" type="checkbox"/>	2,9 /kg	3 596 kg	10 428	0	0	0	0	10 428
Automatický kotel na uhlí								

Příloha 33 – Spotřeba paliva pro variantu D [13]

Varianta A		ROK	DCF	ROK	DCF	ROK	DCF
IN	359 510,4 Kč	1	15 699,3 Kč	11	14 215,1 Kč	21	12 871,3 Kč
CF	15856	2	15 544,2 Kč	12	14 074,7 Kč	22	12 744,1 Kč
r	3,22%	3	15 390,6 Kč	13	13 935,6 Kč	23	12 618,1 Kč
ú	1%	4	15 238,5 Kč	14	13 797,9 Kč	24	12 493,5 Kč
inf	2,2%	5	15 087,9 Kč	15	13 661,5 Kč	25	12 370,0 Kč
růst	0%	6	14 938,8 Kč	16	13 526,5 Kč	26	12 247,8 Kč
		7	14 791,2 Kč	17	13 392,9 Kč	27	12 126,7 Kč
NPV	49 813,7 Kč	8	14 645,0 Kč	18	13 260,5 Kč	28	12 006,9 Kč
		9	14 500,3 Kč	19	13 129,5 Kč	29	11 888,2 Kč
		10	14 357,0 Kč	20	12 999,7 Kč	30	11 770,8 Kč

Příloha 34 – Výpočet NPV pro variantu A

Varianta B		ROK	DCF	ROK	DCF	ROK	DCF
IN	276 072,7 Kč	1	13 069,6 Kč	11	11 834,0 Kč	21	10 715,2 Kč
CF	13200	2	12 940,4 Kč	12	11 717,1 Kč	22	10 609,4 Kč
r	3,22%	3	12 812,5 Kč	13	11 601,3 Kč	23	10 504,5 Kč
ú	1%	4	12 685,9 Kč	14	11 486,6 Kč	24	10 400,7 Kč
inf	2,2%	5	12 560,6 Kč	15	11 373,1 Kč	25	10 297,9 Kč
růst	0%	6	12 436,4 Kč	16	11 260,7 Kč	26	10 196,2 Kč
		7	12 313,5 Kč	17	11 149,5 Kč	27	10 095,4 Kč
NPV	64 686,5 Kč	8	12 191,9 Kč	18	11 039,3 Kč	28	9 995,7 Kč
		9	12 071,4 Kč	19	10 930,2 Kč	29	9 896,9 Kč
		10	11 952,1 Kč	20	10 822,2 Kč	30	9 799,1 Kč

*Príloha 35 – Výpočet NPV pro variantu B*

Varianta C		ROK	DCF	ROK	DCF	ROK	DCF
IN	349 834,2 Kč	1	15 910,2 Kč	11	14 406,1 Kč	21	13 044,2 Kč
CF	16069	2	15 753,0 Kč	12	14 263,7 Kč	22	12 915,3 Kč
r	3,22%	3	15 597,3 Kč	13	14 122,8 Kč	23	12 787,7 Kč
ú	1%	4	15 443,2 Kč	14	13 983,2 Kč	24	12 661,3 Kč
inf	2,2%	5	15 290,6 Kč	15	13 845,0 Kč	25	12 536,2 Kč
růst	0%	6	15 139,5 Kč	16	13 708,2 Kč	26	12 412,3 Kč
		7	14 989,9 Kč	17	13 572,8 Kč	27	12 289,6 Kč
NPV	64 988,5 Kč	8	14 841,8 Kč	18	13 438,6 Kč	28	12 168,2 Kč
		9	14 695,1 Kč	19	13 305,9 Kč	29	12 047,9 Kč
		10	14 549,9 Kč	20	13 174,4 Kč	30	11 928,9 Kč

*Príloha 36 – Výpočet NPV pro variantu C*

Varianta D		ROK	DCF	ROK	DCF	ROK	DCF
IN	266 396,5 Kč	1	13 201,2 Kč	11	11 953,2 Kč	21	10 823,2 Kč
CF	13333	2	13 070,8 Kč	12	11 835,1 Kč	22	10 716,2 Kč
r	3,22%	3	12 941,6 Kč	13	11 718,2 Kč	23	10 610,4 Kč
ú	1%	4	12 813,7 Kč	14	11 602,4 Kč	24	10 505,5 Kč
inf	2,2%	5	12 687,1 Kč	15	11 487,7 Kč	25	10 401,7 Kč
růst	0%	6	12 561,7 Kč	16	11 374,2 Kč	26	10 298,9 Kč
		7	12 437,6 Kč	17	11 261,8 Kč	27	10 197,1 Kč
NPV	77 796,1 Kč	8	12 314,7 Kč	18	11 150,5 Kč	28	10 096,4 Kč
		9	12 193,0 Kč	19	11 040,3 Kč	29	9 996,6 Kč
		10	12 072,5 Kč	20	10 931,2 Kč	30	9 897,8 Kč

*Príloha 37 – Výpočet NPV pro variantu D*