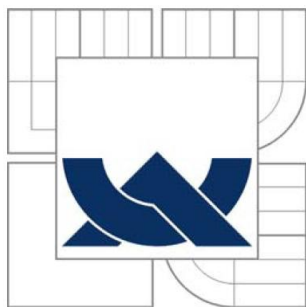




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÝHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INSTITUTE

POSOUZENÍ INVESTIC DO VYTÁPĚNÍ RODINNÉHO DOMU

ASSESSMENT OF INVESTMENT IN HEATING HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

JÁN FODOR

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2014/15

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ján Fodor

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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

Posouzení investic do vytápění rodinného domu

v anglickém jazyce:

Assessment of investment in heating house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Pro reálný rodinný dům student navrhne opatření pro snížení energetické náročnosti. Poté posoudí ekonomickou efektivitu vybraných opatření..

Cíle bakalářské práce:

- 1/ výpočet tepelných ztrát domu,
- 2/ návrh opatření pro snížení tepelných ztrát
- 3/ ekonomické porovnání navržených variant a zhodnocení

Seznam odborné literatury:

ČSN EN 12831

ČSN EN 73 0540 – 3 – Tepelná ochrana budov

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/15.

V Brně, dne 19.11.2014



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

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
Děkan

Abstrakt

Táto bakalárska práca sa venuje zhodnoteniu jednotlivých investícií pre znižovanie nákladov na vykurovanie rodinného domu. Najprv bola spočítaná návrhová tepelná strata objektu podľa normy ČSN EN 12831. Potom boli navrhnuté opatrenia pre úsporu nákladov na vykurovanie. Nakoniec je v práci ekonomické porovnanie jednotlivých opatrení na znižovanie nákladov a ich vzájomné porovnanie.

Abstract

The bachelor's thesis focuses on the assessment of individual investments for reducing the costs of heating a house. Firstly a heat loss of building was calculated according to norm ČSN EN 12831. Then were proposed some steps to save heating costs. Finally, it was in thesis economic confrontation individual's steps for decreasing costs and their mutual confrontation.

Kľúčové slová

tepelná strata, zateplenie, žalúzia, úspora energie, kotol

Keywords

heat loss, thermal insulation, venetian blind, energy savings, boiler

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA MOJEJ PRÁCE

FODOR, J. *Posouzení investic do vytápění rodinného domu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 48 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Marek Baláš, Ph.D..

Prehlásenie o pôvodnosti

Prehlasujem, že som túto bakalársku prácu na tému „Posouzení investic do vytápění rodinného domu“ vypracoval samostatne a všetky použité zdroje a literatúru som úplne a právne citoval. Bakalárska práca je z hľadiska obsahu majetkom Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně a môže byť použitá ku komerčným účelom len so súhlasom vedúceho bakalárskej práce a dekana FSI VUT v Brně.

20. 1. 2015

Ján Fodor

Na tomto mieste by som rád poďakoval vedúcemu bakalárskej práce Ing. Marekovi Balášovi, Ph.D. za cenné rady a pripomienky pri spracovaní bakalárskeho projektu.

Obsah

1. Úvod.....	2
2. Vymedzenie cieľov práce.....	3
3. Popis objektu	4
3.1 Pôdorysy posudzovaného objektu	6
4. Výpočet tepelných strát.....	9
4.1 Všeobecné údaje	10
4.2 Údaje o materiáloch.....	11
4.3 Údaje o stavebných častiach.....	12
4.4 Tepelné straty miestnosti prestupom tepla	13
4.5 Tepelné straty miestností vetraním.....	16
4.6 Zakurovací tepelný výkon	18
4.7 Celkový tepelný výkon.....	19
4.8 Ročná spotreba tepla za vykurovanie	20
5. Návrhy opatrení pre úsporu nákladov na energie.....	21
5.1 Zateplenie stien izolačným materiálom	21
5.1.1 Výber materiálu pre zateplenie domu	21
5.1.2 Voľba hrúbky tepelnej izolácie	22
5.2 Výmena okien a vchodových dverí	25
5.2.1 Výmena okien	25
5.2.2 Výmena vchodových dverí.....	26
5.3 Montáž vonkajších žalúzií	27
5.4 Výmena kotla.....	30
6. Ekonomické porovnanie a zhodnotenie	33
Záver.....	35
Literatúra	36
Použité skratky a symboly.....	38

1. Úvod

Na vykurovanie budov je spotrebovaná veľká časť energií. Preto sa tu naskytuje možnosť výrazných úspor. Z toho dôvodu sa táto bakalárska práca zaoberá možnými opatreniami znižovania energetickej náročnosti konkrétneho rodinného domu. Znižovanie energetickej náročnosti budovy nebude výhodné len pre majiteľa domu znížením nákladov na vykurovanie, ale pre životné prostredie potrebou výroby menšieho spáleného množstva palív. Kvôli tomu ministerstvo životného prostredia poskytuje dotácie na jednotlivé opatrenia znižovania energetickej náročnosti rodinných domov a bytov.

Úspora na vykurovaní môže byť uskutočnená viacerými možnosťami alebo ich kombináciou. Jednou možnosťou je znižovať straty tepla do okolia tepelnou izoláciou obálky domu a výmenou výplní otvorov za výplne s nižším súčiniteľom prestupu tepla. Nižšou stratou tepla do okolia sa znížia náklady na vykurovanie, avšak náklady na vykurovanie sa môžu znížiť aj efektívnejším využívaním spaľovania paliva. Preto sa práca bude zaoberať aj možnosťami výmeny plynového kotla.

Síce sa táto práca primárne venuje znižovaniu nákladov na vykurovanie, jedna podkapitola je venovaná aj udržiavaniu tepelnej pohody počas leta. Väčšina nákladov je za vykurovanie v zime, avšak ani udržiavanie tepelnej pohody počas leta nie je zanedbateľná položka.

Na konci bude jednotlivým možnostiam úspor nákladov na energie posúdená ich návratnosť z ekonomického hľadiska. Netreba však zabúdať, že spomínané investície nemajú len ekonomické hľadisko. Napríklad správnym tepelným zaizolovaním obvodových stien budovy sa zvýši životnosť stien. Tepelným zaizolovaním, výmenou okien a výmenou vchodových dverí sa nie len ušetrí na nákladoch za vykurovanie, ale sa aj zlepši vzhľad celkovej budovy.

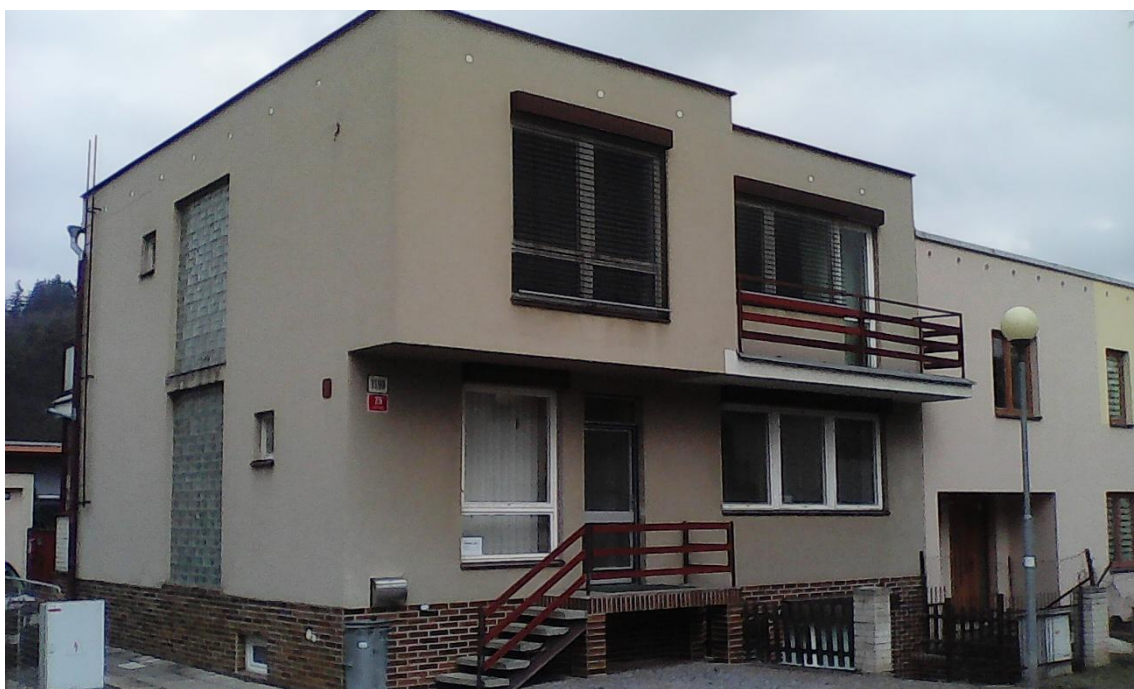
2. Vymedzenie cieľov práce

Cieľom práce je vypočítať návrhovú tepelnú stratu existujúcej budovy. Ďalej navrhnúť možnosti opatrení pre úsporu nákladov za energie, a taktiež spočítať návrhovú tepelnú stratu budovy s navrhnutými opatreniami. Na základe ušetrených nákladov a ceny investícií zhodnotiť návratnosť investícií.

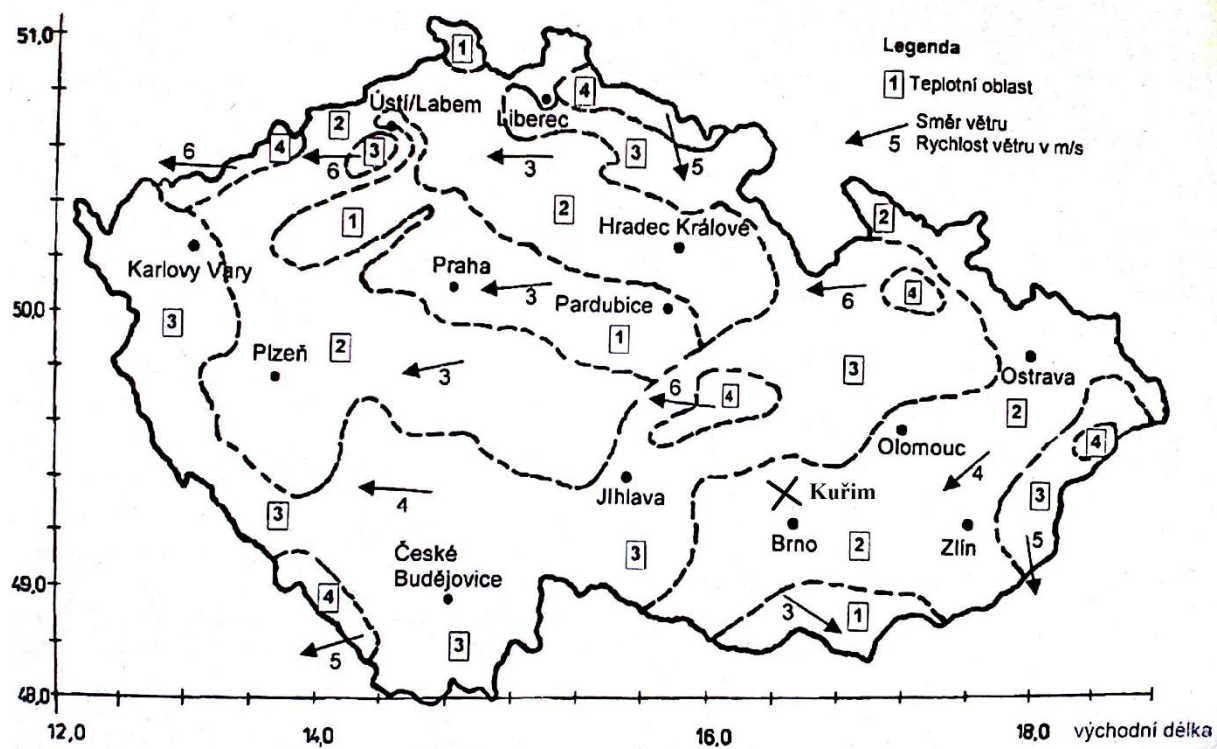
3. Popis objektu

Rodinný dom sa nachádza v meste Kuřim v okrese Brno – venkov. Objekt sa nachádza v teplotnej oblasti čísla 2 na obr. 3.2. Rodinný dom bol postavený v roku 1980. Dom je postavený zo škarobetónu. Na celom objekte boli použité drevené dvojkomorové okná. Strecha domu je plochá. Budova je tvorená jedným podzemným poschodím a dvomi nadzemnými poschodiami. Hlavný vchod je orientovaný juhozápadne. Zadný vchod je naopak orientovaný severovýchodne. Na dome nebolo od výstavby uskutočnené zateplenie ani iné opatrenie pre úsporu energie. Pred tromi rokmi bol k budove pristavený susedný dom. Spolu zdieľajú jednu stenu (stena posudzovaného domu + tepelná izolácia + stena susedného domu).

Zastavaná plocha objektu tvorí 149 m². Podlahová plocha objektu tvorí 203,4 m². Budova je vykurovaná plynovým kotlom.



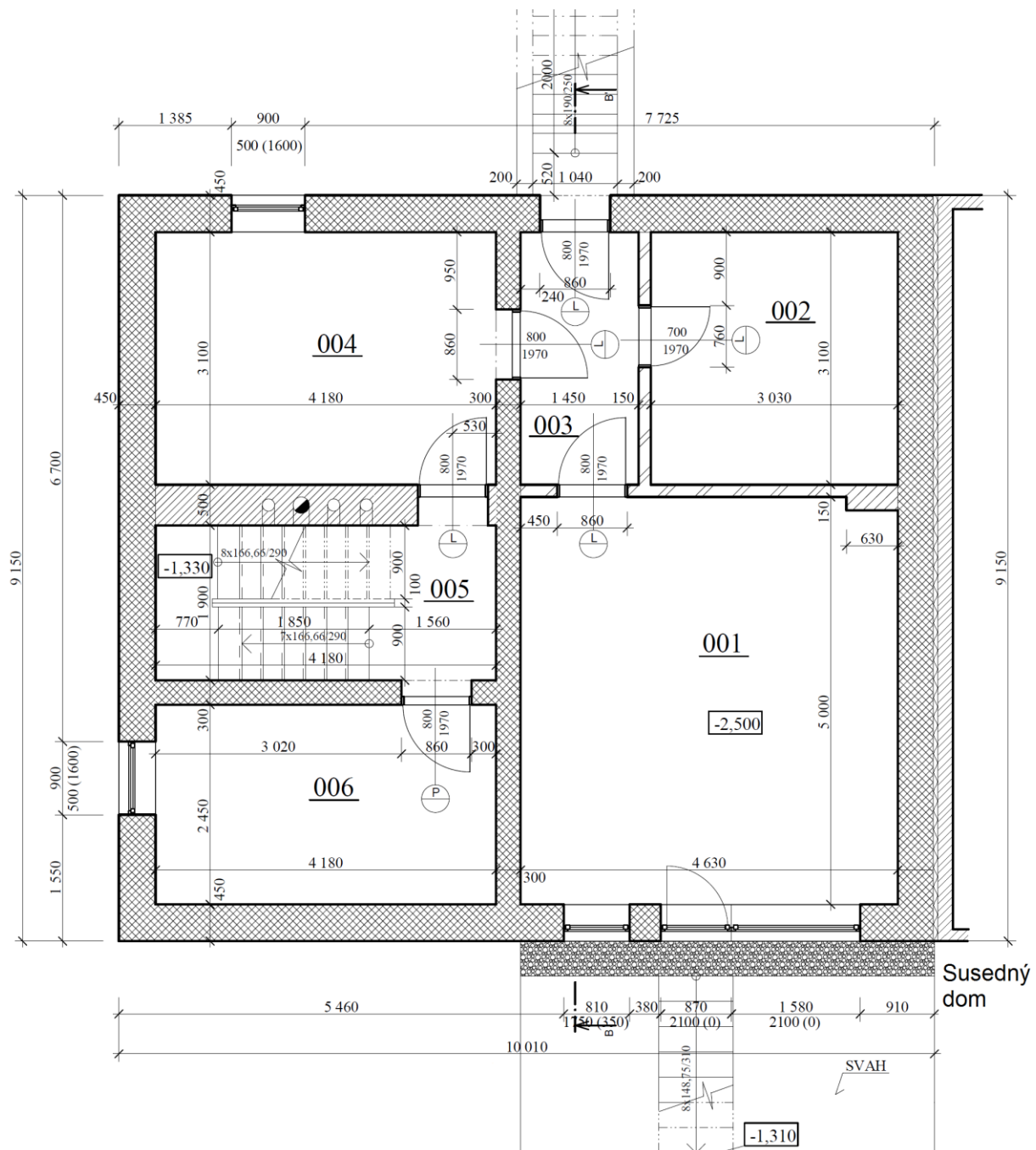
Obr. 3.1 Posudzovaný rodinný dom.



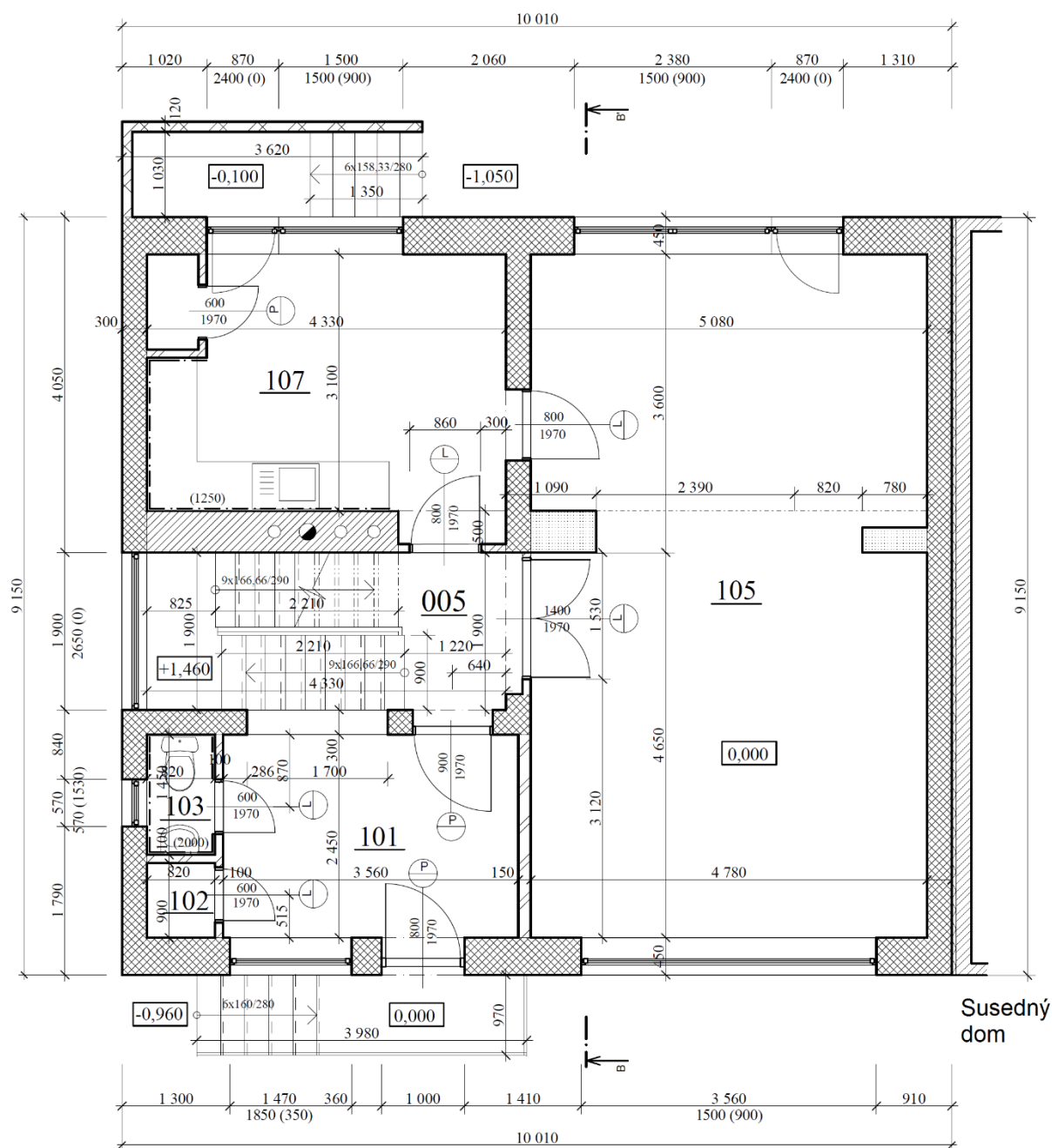
Obrázok 3.2 Mapa teplotných oblastí ČR s vyznačením polohy objektu. [2]

3.1 Pôdorysy posudzovaného objektu

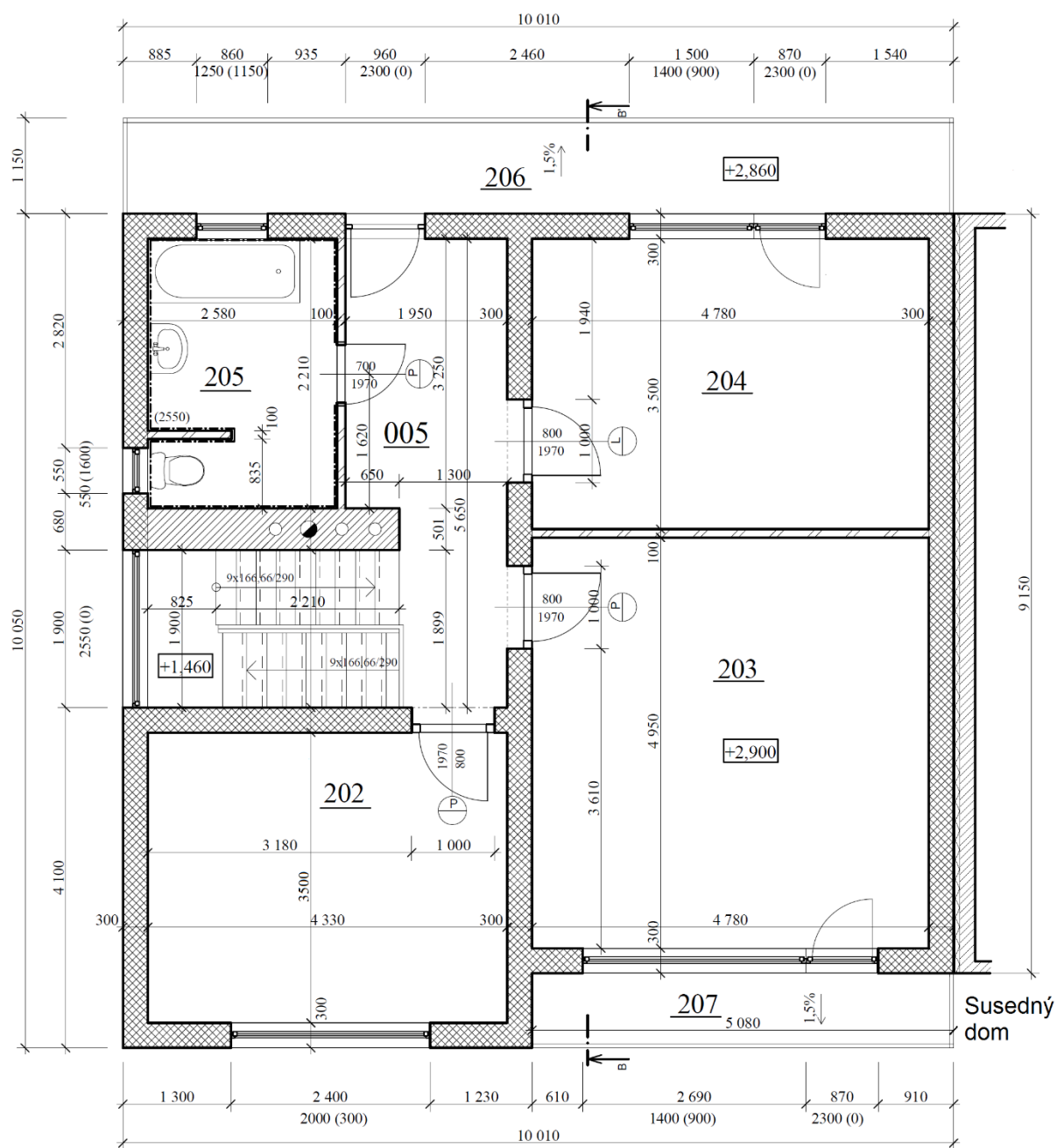
Pôdorysy budovy mi boli poskytnuté majiteľom domu vo formáte pdf.



Obr. 3.3 Pôdorys podzemného poschodia.



Obr. 3.4 Pôdorys prvého nadzemného poschodia.



Obr. 3.5 Pôdorys druhého nadzemného poschodia.

4. Výpočet tepelných strát

Výpočet tepelných strát je spracovaný pomocou normy ČSN EN 12831 [1]. Postup v spomenutej norme je nasledujúci:

- a) stanovenie hodnoty výpočtovej vonkajšej teploty a priemernej ročnej vonkajšej teploty;
- b) stanovenie stavu každého priestoru (vykurovaný alebo nevykurovaný) a hodnôt pre výpočtovú vnútornú teplotu každého vykurovaného priestoru;
- c) stanovenie rozmerových a tepelných vlastností pre všetky stavebné časti a pre každý vykurovaný a nevykurovaný priestor;
- d) výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát prestupom a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát prestupom vykurovaného priestoru;
- e) výpočet súčiniteľa návrhových tepelných strát vetraním a násobenie návrhovým rozdielom teplôt pre získanie tepelných strát vetraním vykurovaného priestoru;
- f) stanovenie celkových návrhových tepelných strát vykurovaného priestoru sčítaním návrhových tepelných strát prestupom a návrhových tepelných strát vetraním;
- g) výpočet vykurovacieho výkonu vykurovaného priestoru, napr. dodatočného výkonu potrebného pre vyrovnanie účinkov prerušovaného vykurovania;
- h) stanovenie návrhového celkového tepelného výkonu sčítaním celkových návrhových tepelných strát a vykurovacieho výkonu.

4.1 Všeobecné údaje

Výpočtová vonkajšia teplota a ročná priemerná teplota boli na základe oblasti vyčítané z normy ČSN EN 12831 [1] z tabuľky NA.1. Ďalej boli na základe výkresových podkladov spočítané plochy a objemy miestností.

Výpočtové teploty boli namerané vo vykurovacej sezóne priamo v objekte, aby sa zvýšila relevantnosť výsledkov.

Tabuľka 4.1 Všeobecné a klimatické údaje o budove

klimatické údaje			
popis	označenie	jednotka	hodnota
výpočtová vonkajšia teplota	θ_e	°C	-12
ročná priemerná teplota vzduchu	$\theta_{m,e}$	°C	3,6
korekčné činitele vystavené klimatickým podmienkam e_k a e_i			
orientácia			hodnota
			-
údaje o vykurovaných miestnostiach			
označenie miestnosti	výpočtová vnútorná teplota	plocha miestnosti	objem miestnosti
	$\theta_{int,i}$	A_i	V_i
	°C	m ²	m ³
001 – kancelária	20	15	33,75
005 – schodisko + chodba	18	31,46	78,67
101 – predsieň	17	8,72	23,11
103 – WC	18	1,19	3,15
105 – izba	17	39,44	104,5
107 – kuchyňa	21	13,42	35,56
202 – izba	21	9,57	24,4
203 – izba	21	23,66	60,33
204 – izba	21	16,73	42,66
205 – kúpeľňa + WC	24	6,36	16,22
Údaje o nevykurovaných miestnostiach			
označenie miestnosti	b - hodnota		teplota
	b_u		$\theta_{u,i}$
	-		°C
002 – sklad	0,5		16
003 – chodba	0,4		16
004 – technická miestnosť	0,5		16
006 – sklad	0,5		16
102 – komora	0,5		15
susedný dom	0,8		12

Teplotné redukčné činitele b_u boli vypočítané na základe vzorca z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (4.1)$$

4.2 Údaje o materiáloch

Pre neskorší výpočet tepelného odporu stien a tým pádom aj strát tepla, je potrebné v prvom rade definovať súčinitele tepelnej vodivosti materiálov. Jednotlivé údaje boli získané z normy ČSN 73 0540 - 3 [2] z tabuľky A1.

Súčiniteľ tepelnej vodivosti pre stropnú konštrukciu hurdis bol získaný z normy ČSN 73 0540 - 3 [2] z tabuľky C2.

Tabuľka 4.2 Súčinitele tepelnej vodivosti materiálov a tepelný odpor pri prestupe tepla

súčinitele tepelnej vodivosti stavebných materiálov		
kód stavebného materiálu	popis	λ
		W/m.K
1	škvarobetón	0,73
2	tehla plná	1,75
3	sadrokartón	0,22
4	škvarový násyp	0,27
5	železobetón	1,43
6	asfaltový pás	0,21
7	polystyrén penový	0,33
8	hurdis	0,57
9	omietka vápenná	0,88
10	keramický obklad	1,01
11	zemina	2,3
12	brizolit	0,83

Do nasledujúcej tabuľky boli zapísané údaje o prestupe tepla medzi vzduchom a stavebnou časťou. Daná hodnota závisí na rýchlosti pohybu vzduchu v okolí steny. Z tabuľky je zjavné, že tepelný odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie je najnižší, kvôli vyššiemu pohybu vzduchu.

Hodnoty tepelného odporu pri prestupe tepla boli získané z normy ČSN 73 0540 - 3 [2] z tabuľky J.1.

Tabuľka 4.3 Tepelný odpor pri prestupe tepla

tepelný odpor pri prestupe tepla (medzi vzduchom a stavebnou časťou)		
kód stavebného materiálu	popis	R_{si} alebo R_{se}
		$m^2.K/W$
20	odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane stavebnej konštrukcie	0,04
21	odpor pri prestupe tepla na vnútornom zvislom povrchu	0,13
22	odpor pri prestupe tepla na vnútornom vodorovnom povrchu (zdola hore)	0,1
23	odpor pri prestupe tepla na vnútornom vodorovnom povrchu (zhora dole)	0,17

4.3 Údaje o stavebných častiach

Budova bola rozdelená na stavebné časti podľa zloženia steny. Pre každú časť bol následne vypočítaný jej tepelný odpor pri prestupe tepla, a ako prevrátená hodnota, súčiniteľ prestupu tepla.

V tabuľke 4.4 je ako príklad uvedený výpočet pre stavebnú časť čísla 1.

Tabuľka 4.4 Výpočet súčiniteľa prestupu tepla pre stavebnú časť s kódom 1

kódy	popis	δ	λ	R	U_k
Stavebná časť	materiál	m	W/m. K	m ² .K/W	W/m ² .K
kódy	označenie stavebnej časti				
stavebných častí	kód	názov vnútornej laminárnej vrstvy		R_{si}	
	kód	δ_1	λ_1	$R_1 = \delta_1 / \lambda_1$	
	...	...	...		
	...	δ_n	λ_n	$R_n = \delta_n / \lambda_n$	
	kód	názov vonkajšej laminárnej vrstvy		R_{se}	
	celková hrúbka a U_k		$\sum \delta_i$	$\sum R_i$	$1 / \sum R_i$
kódy	popis	δ	λ	R	U_k
stavebná časť	materiál	m	W/m. K	m ² .K/W	W/m ² .K
	označenie stavebnej časti				
	21	odpor pri prestupe tepla na vnútornom zvislom povrchu		0,13	
	9	0,01	0,88	0,01	
	1	0,28	0,73	0,38	
	9	0,01	0,88	0,01	
1	20	odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane stavebnej konštrukcie		0,04	
		0,3		0,58	1,74

4.4 Tepelné straty miestností prestupom tepla

Výpočet tepelných strát jednotlivých miestností bol uskutočnený podľa normy ČSN EN 12831 [1] v programe Microsoft Excel.

Jednotlivé súčinitele prestupu tepla U_k boli pre steny a stropy doplnené z vypočítaných hodnôt. Hodnoty súčiniteľov prestupu tepla U_k pre drevené okná boli získané na základe stavu okien podľa tabuľky D.3.3 z normy ČSN 73 0540 - 3 [2]. Súčinitele prestupu tepla pre kovové vchodové dvere a vnútorné drevené dvere boli podobne navrhnuté z normy ČSN 73 0540 - 3 [2] z tabuľky D.2.

Tabuľka 4.5 Výpočet tepelnej straty prestupom pre predsieň

tepelné straty priamo do vonkajšieho prostredia					
kód	stavebná časť	A_k	U_k	e_k	$A_k \cdot U_k \cdot e_k$
		m ²	W/m ² .K	na jedn.	W/K
20	okná	2,72	2,50	1,00	6,80
21	vchodové dvere	2,00	5,65	1,00	11,30
2	vonkajšia stena	5,89	1,24	1,00	7,28
celkový súčiniteľ tepelnej straty priamo do vonkajšieho prostredia					
$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k$ W/K					25,38
tepelné straty cez nevykurované priestory					
kód	stavebná časť	A_k	U_k	b_u	$A_k \cdot U_k \cdot b_u$
		m ²	W/m ² .K	na jedn.	W/K
6	podlaha (006)	10,32	1,21	0,03	0,43
21	dvere	1,2	2	0,07	0,17
9	tehlová priečka	2,19	3,04	0,07	0,46
celkový súčiniteľ tepelnej straty cez nevykurované priestory					
$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u$ W/K					1,06
tepelné straty do priestorov vykurovaných na iné teploty					
kód	stavebná časť	A_k	U_k	f_{ij}	$A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$
6	strop (202)	10,32	1,21	-0,14	-1,73
21	dvere (103)	1,20	2,00	-0,03	-0,08
9	stena (103)	4,08	3,04	-0,03	-0,43
23	sklená priečka (005)	2,55	3,80	-0,03	-0,33
21	dvere (005)	1,92	3,00	-0,03	-0,20
7	stena (005)	6,14	1,44	-0,03	-0,31
12	stena (105)	8,18	2,80	0,00	0,00
celkový súčiniteľ tepelnej straty cez vykurované priestory na inú teplotu					
$H_{T,ij} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot f_{ij}$ W/K					-1,35
celkový súčiniteľ tepelnej straty prestupom					
$H_{T,I} = H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}$ W/K					25,09
teplotné údaje					
vonkajšia výpočtová teplota				Θ_e	°C -12
vnútorná výpočtová teplota				$\Theta_{int,i}$	°C 17
výpočtový rozdiel teplôt				$\Theta_{int,i} - \Theta_e$	°C 29
návrhová tepelná strata prestupom $\Phi_{T,i} = H_{T,i} \cdot (\Theta_{int,i} - \Theta_e)$					
					W 727,7

Súčiniteľ prestupu tepla U_k pre sklenú priečku bol vypočítaný na základe vzorca:

$$U_k = \frac{1}{2 * R_{si} + \frac{d}{\lambda}} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (4.2)$$

pričom za hodnotu R_{si} bol dosadený odpor pri prestupe tepla na vnútornom zvislom povrchu, δ je hrúbka skla a λ je súčiniteľ tepelnej vodivosti skla. Súčiniteľ tepelnej vodivosti λ bol získaný z tabuľky A.1 z normy ČSN 73 0540 - 3 [2]. Súčiniteľ prestupu tepla U_k pre Luxfery v spomínanej norme nebol nájdený, tak bol dosadený z internetového zdroja [3].

Za korekčný činiteľ pre vystavenie vplyvu poveternosti e_k bola dosadená základná hodnota podľa ČSN EN 12831 [1].

Teplotný redukčný činiteľ b_u bol dopočítaný podľa vzťahu (4.1).

Teplotný redukčný činiteľ f_{ij} bol vypočítaný na základe normy ČSN EN 12831 [1] podľa vzťahu:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_v}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (4.3)$$

K výpočtu prestupu tepla do okolitej zeminy bolo potrebné určiť charakteristický parameter B' , ktorý sa vypočíta na základe vzorca z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$B' = \frac{A_g}{0,5 * P} \quad [m] \quad (4.4)$$

kde A_g je plocha uvažovanej podlahovej konštrukcie a P je obvod uvažovanej podlahovej konštrukcie.

Ďalej sa určí ekvivalentný súčiniteľ prestupu tepla $U_{equiv,k}$ z normy ČSN EN 12831 [1] z tabuľky 5, na základe B' , súčiniteľa prestupu tepla podlahy a hĺbky ponorenia domu do zeminy.

Celková hodnota tepelnej straty do zeminy v ustálenom stave $H_{T,ig}$ sa následne vypočíta podľa vzorca z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * \left(\sum_k A_k * U_{equiv,k} \right) * G_w \quad [W/K] \quad (4.5)$$

pričom f_{g1} je korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv ročných zmien vonkajšej teploty. Korekčný činiteľ f_{g1} bol vyčítaný z normy ČSN EN 12831 [1]. Teplotný redukčný činiteľ f_{g2} zohľadňuje rozdiel medzi ročnou priemernou vonkajšou teplotou a výpočtovou vonkajšou teplotou. Stanoví sa zo vzorca podľa normy ČSN EN 12831 [1]:

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (4.6)$$

Korekčný činiteľ G_w zohľadňuje vplyv spodnej vody. Bol stanovený z normy ČSN EN 12831 [1].

4.5 Tepelné straty miestností vetraním

Z hygienického hľadiska je potrebné v obytných priestoroch vetrať. Vetraním však vznikajú aj straty tepla.

Výpočet tepelných strát vetraním vychádza zo vzťahu z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}] \quad (4.7)$$

pričom $H_{V,i}$ je súčiniteľ návrhovej tepelnej straty a vypočíta sa zo zjednodušeného vzťahu z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$H_{V,i} = 0,34 * \dot{V}_{max} \quad [\text{W/K}] \quad (4.8)$$

kde $\dot{V}_{max}$ je výmena vzduchu vo vykurovanej miestnosti v m^3/s . $\dot{V}_{max}$ dostaneme ako maximálnu hodnotu z $\dot{V}_{min}$ a $\dot{V}_{inf,i}$.

Minimálny objem výmeny vzduchu $\dot{V}_{min}$ je súčin objemu vzduchu miestnosti V_i a minimálnej intenzity výmeny vzduchu za hodinu n_{min} . Hodnota minimálnej intenzity výmeny vzduchu za hodinu bola na základe druhu miestnosti zvolená z tabuľky D.6 z normy ČSN EN 12831 [1].

Množstvo vzduchu infiltráciou $\dot{V}_{inf,i}$ je spôsobené vetrom a účinkom vztlaču na plášť budovy. Bolo vypočítané podľa normy ČSN EN 12831 [1]:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (4.9)$$

Hodnota intenzity výmeny vzduchu za hodinu pri rozdielu tlaku 50 Pa bola získaná z tabuľky D.7 z normy ČSN EN 12831 [1]. Činiteľ zaclonenia e_i bol vyčítaný z tabuľky D.8 z normy ČSN EN 12831 [1]. Výškový korekčný činiteľ ε zohľadňuje zvýšenie rýchlosti prúdenia vzduchu s výškou priestoru nad povrchom zeme. Výškový korekčný činiteľ bol vyčítaný z tabuľky D.9 z normy ČSN EN 12831 [1].

Tepelné straty miestností vetraním boli spočítané v programe Microsoft Excel pre každú miestnosť a prenesené do tabuľky 4.6.

Tabuľka 4.6 Výpočet tepelnej straty vetraním

miestnosť		001	005	101	103	105	107	202	203	204	205
objem miestnosti	V_i m ³	33,8	78,7	23,1	31,5	104,5	35,6	24,4	63,3	42,7	16,2
výpočtová vonkajšia teplota	θ_e °C	-12									
výpočtová vnútorná teplota	$\theta_{int,i}$ °C	20	18	17	18	17	21	21	21	21	24
minimálna intenzita výmeny vzduchu	$n_{min,i}$ -	1	0,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5
minimálny objem výmeny vzduchu	$V'_{min,i}$ m ³ /h	33,8	39,3	11,6	4,73	52,3	53,4	12,2	30,2	21,3	24,3
počet otvorov	-	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2
intenzita výmeny vzduchu pri 50 Pa	n_{50} h ⁻¹	8									
činiteľ zaočlonenia	e_i -	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
výškový korekčný činiteľ	ε -	1									
množstvo vzduchu infiltráciou	$V'_{inf,i}$ m ³ /h	16,2	37,8	11,1	1,01	50,2	11,3	7,8	19,3	13,6	7,8
maximálny objem vzduchu	$V'_{max,i}$ m ³ /h	33,8	39,3	11,6	4,8	52,3	53,3	12,2	30,2	21,3	24,3
návrhový súčiniteľ tepelnej straty	$H_{v,i}$ W/K	11,5	13,4	4	1,6	17,8	18,1	4,1	10,3	5,3	8,3
teplotný rozdiel	$\Delta\theta_i$ K	32	30	29	30	29	33	33	33	33	36
návrhová tepelná strata vetraním	$\Phi_{v,i}$ W	367	401	114	48,2	515	599	137	339	240	298

4.6 Zakurovací tepelný výkon

Zakurovací tepelný výkon je potrebné pripočítať kvôli nerovnomernej teplote v miestnostiach počas dňa. Keďže budova spĺňa podmienky pre zjednodušený výpočet, nutnosť pre dobu obmedzenia 8 h a strednú hmotnosť stavebnej konštrukcie, bol použitý vzorec z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH} \quad [W] \quad (4.10)$$

Zakurovací súčiniteľ f_{RH} bol na základe doby nočného teplotného útlmu, doby zátopy, hmotnosti budovy a predpokladanom poklese vnútornej teploty behom teplotného útlmu, vyčítaný z tabuľky D.10 a z normy ČSN EN 12831 [1].

Zakurovací výkon bol spočítaný pre každú miestnosť a zapísaný do tabuľky 4.7.

Tabuľka 4.7 Výpočet zakurovacieho tepelného výkonu

označenie miestnosti	zátopový súčiniteľ	podlahová plocha	zakurovací výkon
	f_{RH} W/m ²	A_i m ²	$\Phi_{RH,i}$ W
001	13	15	195
005		31,5	409
101		8,7	113,4
103		1,2	15,5
105		39,4	512,7
107		13,4	174,5
202		9,6	124,4
203		23,7	307,6
204		16,7	217,5
205		6,4	82,7
Σ		165,6	2152,2

4.7 Celkový tepelný výkon

Celkovým tepelným výkonom budovy sa rozumie zdieľané teplo medzi budovou a okolím, neuvažuje sa zdieľanie tepla medzi jednotlivými miestnosťami. Celkový tepelný výkon budovy Φ_{HL} sa stanoví podľa vzťahu z normy ČSN EN 12831 [1]:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,i} + \sum \Phi_{V,i} + \sum \Phi_{RH,i} \quad [\text{W}] \quad (4.11)$$

Podľa vzťahu (4.11) bol spočítaný celkový tepelný výkon budovy a zapísaný do tabuľky 4.8.

Tabuľka 4.8 Výpočet celkového tepelného výkonu budovy

označenie miestnosti	tepelné straty prestupom	tepelné straty vetraním	zakurovací tepelný výkon	celkový tepelný výkon
	$\Phi_{T,i}$	$\Phi_{V,i}$	$\Phi_{RH,i}$	$\Phi_{HL,i}$
	W	W	W	W
001	1 073,5	367,2	195	1 635,7
005	1 103,3	401,2	409	1 913,5
101	727,7	113,9	113,4	955
103	300,5	48,2	15,5	364,1
105	1 121,9	515,2	512,7	2 149,8
107	1 822	598,5	174,5	2 594,9
202	2 337,8	136,9	124,4	2 599,1
203	1 422,9	338,5	307,6	2 069
204	1 219,4	239,3	217,5	1 676,3
205	1 358,9	297,8	82,7	1 739,3
Σ	12 487,8	3 056,7	2 152,1	17 696,6

4.8 Ročná spotreba tepla za vykurovanie

Z vypočítanej hodnoty celkového tepelného výkonu $\Phi_{HT,i}$ je možné podľa vzorca (4.12) vypočítať ročnú spotrebu tepla na vykurovanie.

Ročná spotreba tepla na vykurovanie bola vypočítaná podľa vzorca [4]:

$$Q_{VYT,r} = \frac{e_n * e_t * e_d}{\eta_0 * \eta_r} * \frac{24 * \Phi_{HT,i} * D}{(\theta_{m,int} - \theta_e)} * 3,6 * 10^3 \quad [\text{J/rok}] \quad (4.12)$$

kde - e_n - súčiniteľ zodpovedá nesúčasnosti tepelných strát prestupom. Pre bežný prípad bola zvolená hodnota 0,85.

- e_t - súčiniteľ zodpovedá nerovnomernej teplote v priebehu dňa. Kvôli nižšej interiérovej teplote v noci bola zvolená hodnota 0,85.

- e_d - súčiniteľ zodpovedá nerovnomernej teplote v priebehu týždňa. Kvôli vykurovaniu v priebehu celého týždňa bola zvolená hodnota 1.

- η_0 - účinnosť možnosti regulácie. Bola zvolená hodnota 0,9.

- η_r - účinnosť rozvodu vykurovania. Bola zvolená hodnota 0,98.

- D - je určený vzorcom [4]:

$$D = d_p * (\theta_{m,int} - \theta_{m,e}) \quad [\text{K}] \quad (4.13)$$

- d_p - počet vykurovaných dní. Z normy ČSN EN 12831 [1] podľa tabuľky NA.1 bola zvolená hodnota 222 dní.

Po dosadení vyšlo návrhové vykurovacie teplo za rok na 138,2 GJ. Po prevedení to činí ročne 38,4 MWh. Pri cene plynu 1,20 Kč/kWh [5] ročne stojí vykurovanie budovy podľa vzorca (4.14) 46 080,- Kč.

$$C_{p,r} = C_p * E_p \quad [\text{Kč}] \quad (4.14)$$

kde $C_{p,r}$ je cena plynu za rok, C_p je cena plynu za 1 kWh a E_e je množstvo spotrebovanej energie z plynu v kWh.

5. Návrhy opatrení pre úsporu nákladov na energiu

V práci bude rozobratých viacero návrhov opatrení pre úsporu nákladov na energiu. Cieľom opatrení je úspora energií, ako na vykurovanie v zime, tak aj na chladenie v lete.

5.1 Zateplenie stien izolačným materiálom

Zateplenie fasády izolačným materiálom je dnes najbežnejší spôsob ako znížiť energetickú náročnosť domu. Práca sa preto bude venovať výberu správneho materiálu na zateplenie a správnej hrúbky tohto izolačného materiálu.

Zateplenie stien nemá výhody len z ušetrených nákladov na vykurovanie v zime a chladenie v lete, ale aj mnoho iných. Izolačné materiály zlepšujú aj akustickú priepustnosť, čím zvyšujú komfort. Pri správnom zateplení stien zvonku sa zamedzí premŕzaniu muriva, čím sa predĺži životnosť stavby. [6]

5.1.1 Výber materiálu pre zateplenie domu

Na trhu existuje viacero možností pri výbere materiálu pre zateplenie domu.

- Polystyrén - k jeho hlavným výhodám patrí jeho priaznivá cena (980,- Kč/m³ [7]). Ďalšími výhodami polystyrénu je jeho nízka hmotnosť a dobrá opracovateľnosť. Naopak nevýhodou polystyrénu je jeho nízka paropriepustnosť, čo môže spôsobovať vlhnutie a plesnivenie stien. Tomuto sa však dá predísť správnym navrhnutím hrúbky izolantu. Ďalšou nevýhodou polystyrénu je jeho horľavosť, preto je ho možné použiť len do výšky 22 m. [6]

- Minerálna vlna - hlavnými výhodami minerálnej vlny sú jej paropriepustnosť a nehorľavosť. Rovnako ako polystyrén je minerálna vlna odolná voči hlodavcom a iným škodcom. K nevýhodám minerálnej vlny patrí jej cena (1 720,- Kč/m³ [8]). Ďalšími nevýhodami sú jej vyššia hmotnosť a potreba ochrany pred vlhkosťou. V prípade navlhnutia, minerálna vlna stráca svoje termoizolačné vlastnosti.

- Ovčia vlna - jedná sa o prírodnú izoláciu. Kvôli prebytku ovčej vlny v textilnom priemysle, sa naskytuje možnosť využitia v stavebníctve. Jedná sa o prírodný materiál, preto je potrebná ochrana voči biologickej degradácii. Ovčia vlna má výhodu v nehorľavosti a podobných termoizolačných vlastnostiach (0,04 W/m.K) ako predchádzajúce materiály. Ďalšia výhoda ovčej vlny je jej odolnosť voči plesniam a hlodavcom. Hlavnou nevýhodou ovčej vlny je jej cena (2 057,- Kč/m³ [9]). [9,10]

- Konope - jedná sa o prírodnú izoláciu, preto je dôležitá ochrana voči škodcom a biologickej degradácii. Tepelnoizolačné vlastnosti konopnej izolácie sú podobné ako u polystyrénu ($0,04 \text{ W/m.K}$). Konopná izolácia ma oproti predošlým výrazne vyššiu tepelnú kapacitu, čo znižuje tepelné výkyvy. Má dobré mechanické vlastnosti. Nevýhodami konopnej izolácie sú jej vyššia cena ($2\,900,- \text{ Kč/m}^3$ [12]) a jej horľavosť. [11]

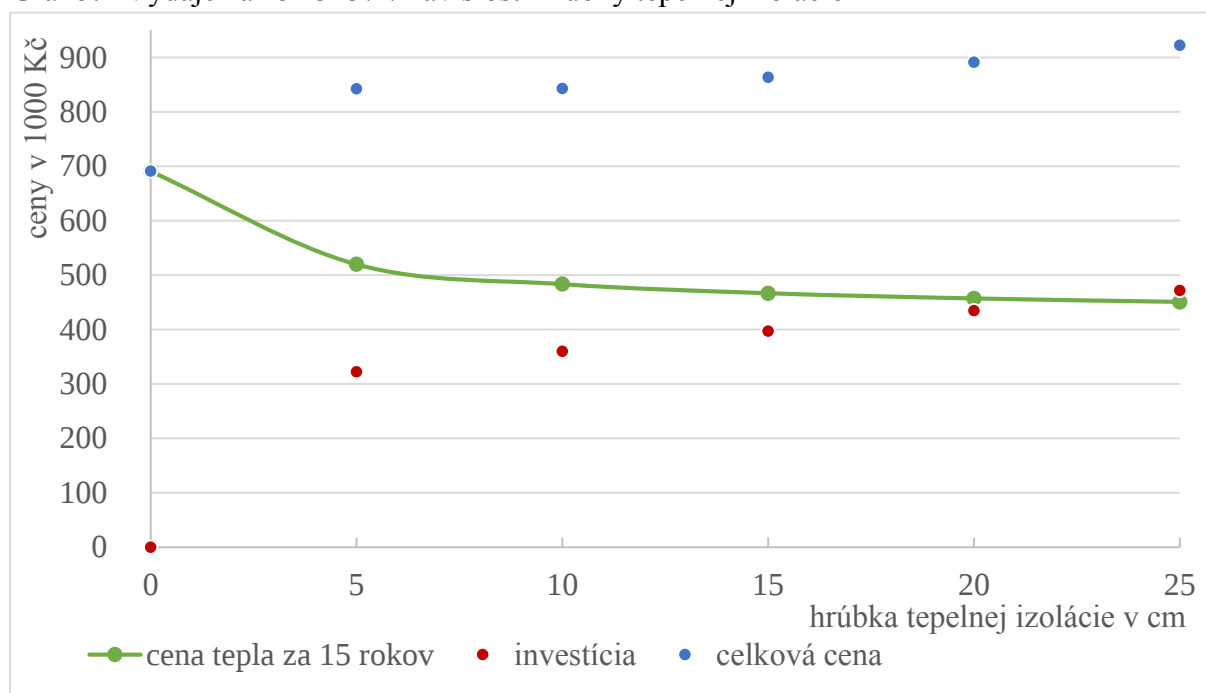
Pre ďalšie výpočty bola zvolená izolácia z polystyrénu, kvôli cene a aj ostatným vyhovujúcim vlastnostiam.

5.1.2 Voľba hrúbky tepelnej izolácie

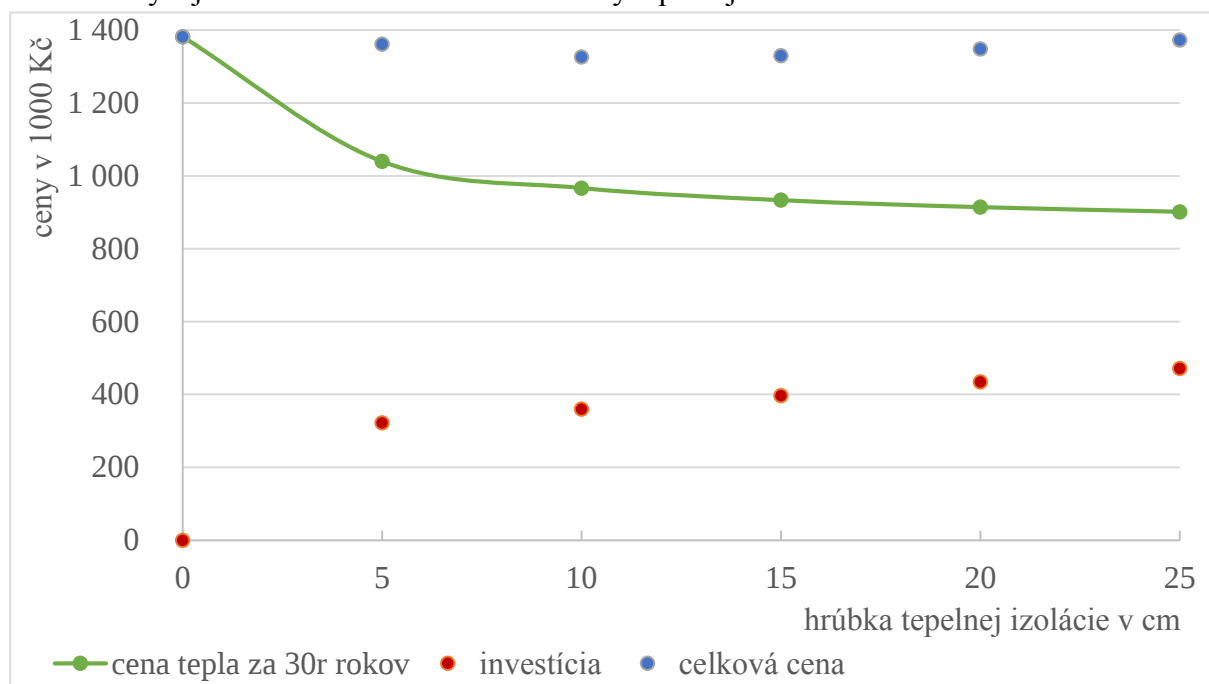
Hrúbka tepelnej izolácie môže výrazne ovplyvniť cenu zateplenia, zároveň však ovplyvňuje aj cenu úspor za energie. Na základe rozpočkovanej cenovej ponuky od súkromnej firmy bola určená cena zateplenia objektu podľa hrúbky tepelnej izolácie. V tejto podkapitole sa práca bude venovať návratnosti investície v závislosti na hrúbke izolácie.

Návrhová tepelná strata objektu po zateplení bola spočítaná v programe Microsoft Excel rovnako ako návrhová tepelná strata pred zateplením v kapitole čísla 4. Z výsledkov boli vytvorené grafy čísla 5.1 a 5.2, ktoré dávajú do súvislosti ušetrené peniaze za vykurovanie v priebehu desiatich respektíve tridsiatich rokov a hrúbku tepelnej izolácie.

Graf 5.1 Výdaje za 15 rokov v závislosti hrúbky tepelnej izolácie

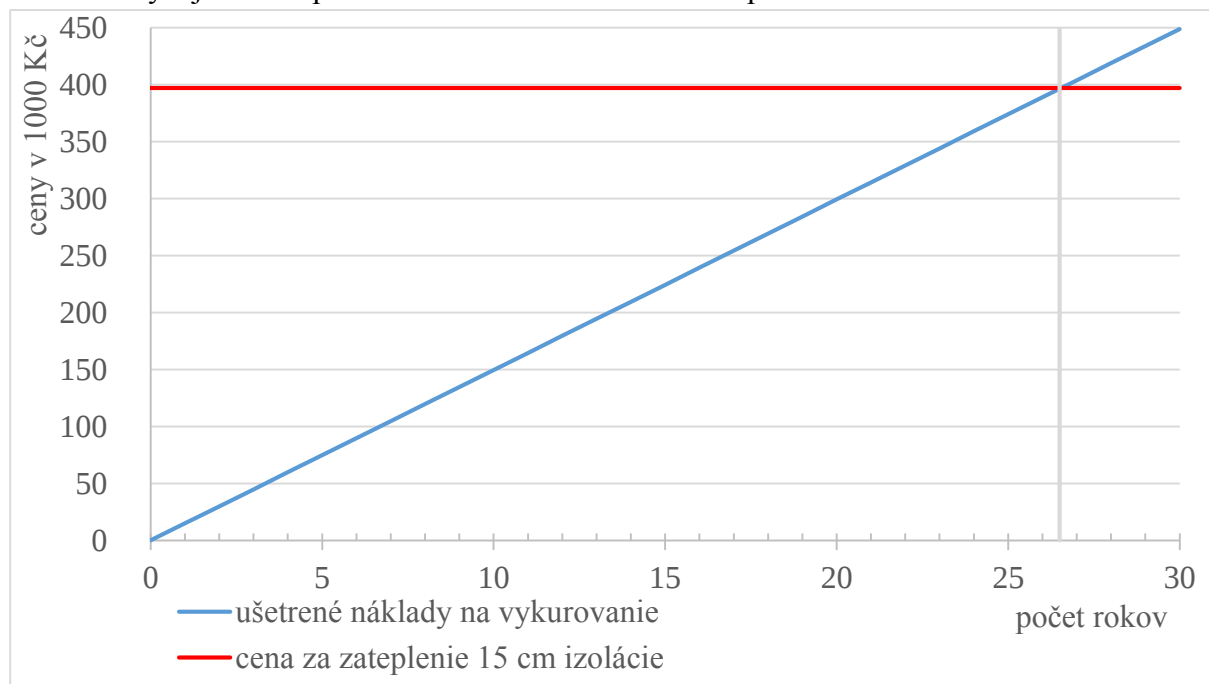


Graf 5.2 Výdaje za 30 rokov v závislosti hrúbky tepelnej izolácie



Z porovnania predchádzajúcich grafov vyplýva, že z dlhodobého hľadiska sa oplatí investovať do hrubšej izolácie. Najnižšia celková cena za 30 rokov, za investíciu a náklady na vykurovanie, bola pri hrúbke izolantu 10 cm (1 326 309,- Kč) a pri hrúbke izolantu 15 cm (1 330 414,- Kč). Podľa grafu 5.2 je zjavné, že minimálna cena za izoláciu bude práve medzi týmito dvoma hodnotami (10 cm a 15 cm izolantu). Pre ďalšie výpočty bude uvažovaná hrúbka izolácie 15 cm, pretože je najbližšia väčšia hrúbka k minimálnej cene.

Graf 5.3 Výdaje za zateplenie 15 cm izolácie v závislosti počtu rokov



Ušetrené náklady na vykurovanie za 1 rok pre graf 5.3 boli spočítané odčítaním návrhových ročných nákladov za vykurovanie po zateplení podľa (4.12) od terajších návrhových ročných nákladov za vykurovanie. Následne boli úspory prenasobené počtom rokov a vynesené do grafu.

Z grafu 5.3 vyplýva návratnosť investície za zateplenie objektu pätnástimi centimetrami tepelnej izolácie 26,5 roku. Je potrebné však brať do úvahy, že bola predpokladaná plná suma investície. Majiteľ domu má právo požiadať o dotáciu na zateplenie. Práca sa bude venovať tejto možnosti viac v kapitole 6. Ekonomické porovnanie a zhodnotenie.

Pre overenie kondenzácie vodnej pary na stenách objektu po zateplení bude použitý nasledujúci vzorec pre hustotu tepelného toku:

$$\dot{q} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_{ext})}{R_{se} + R + R_{si}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.1)$$

kde θ_{ext} je predpokladaná najnižšia teplota v roku. Tento istý tepelný tok sa dá vyjadriť aj pomocou vzorca:

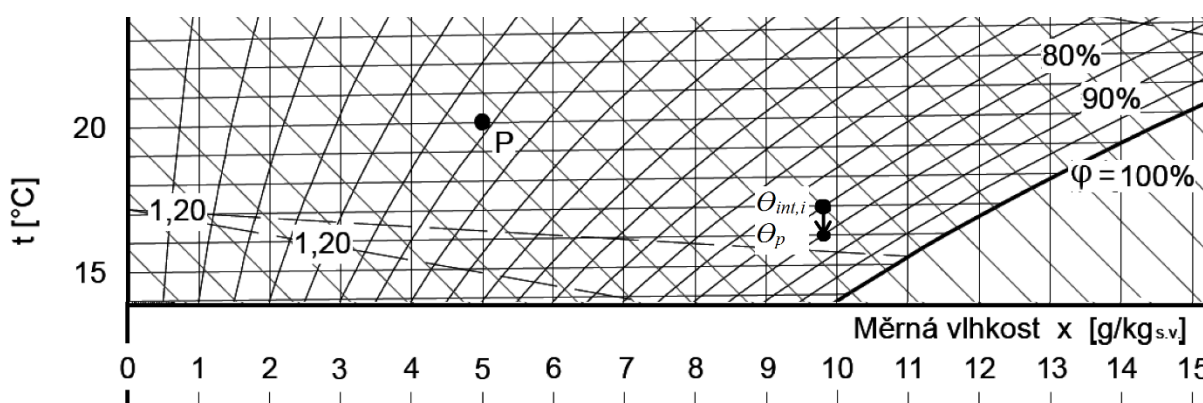
$$\dot{q} = \frac{(\theta_{int,i} - \theta_p)}{R_{si}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.2)$$

kde θ_p je teplota vnútorného povrchu posudzovanej konštrukcie. Pravú stranu rovnice (5.1) a pravú stranu rovnice (5.2) je možné dať do rovnosti. Po vyjadrení teploty θ_p dostaneme rovnicu:

$$\theta_p = \theta_{int} - \frac{R_{si} * (\theta_{int,i} - \theta_{ext})}{R_{si} + R + R_{si}} \quad [\text{W/m}^2] \quad (5.3)$$

Po dosadení vonkajšej teploty $\theta_{ext} = -20^\circ\text{C}$, a ostatných hodnôt pre miestnosť 103 (WC), dostaneme teplotu povrchu steny 16°C . Ak sa predpokladá zvýšená relatívna vlhkosť vzduchu $\varphi = 80\%$, tak po zakreslení teplôt $\theta_{int,i}$ a θ_p je vidieť, že relatívna vlhkosť vzduchu nedosiahne 100% ani na povrchu steny, čiže sa tu nebude zrážať.

Obrázok 5.1 h-x diagram podľa Molliera [13]



5.2 Výmena okien a vchodových dverí

Ďalším bežným spôsobom znižovania energetickej náročnosti budovy je výmena starých okien a dverí s vyšším súčiniteľom prestupu tepla za nové okná a dvere z nižším súčiniteľom prestupu tepla. Na celom posudzovanom dome sa nachádzajú pôvodné drevené okná okrem miestností s kódom 001 a 006. V týchto miestnostiach už boli pôvodné drevené okná vymenené za plastové. Bude sa však uvažovať aj nad výmenou týchto okien, kvôli rozdielnemu dizajnu nových okien. Zadné vchodové dvere sú taktiež pôvodné drevené. Hlavné vchodové dvere sú z jednej vrstvy skla a kovového rámu. Podľa tabuľky D.2 z normy ČSN 73 0540 - 3 [2] sa súčiniteľ tepelnej vodivosti $U_d=5,65 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, čiže tu je vysoký potenciál úspor na nákladoch za vykurovanie pri investícií za nové vchodové dvere.

5.2.1 Výmena okien

Výdaje za výmenu okien boli spočítané na webe v štyroch variantoch [14]. Ceny okien sú ceny vrátane parapetov, montáže nových okien a demontáže starých okien. Na výber boli okná:

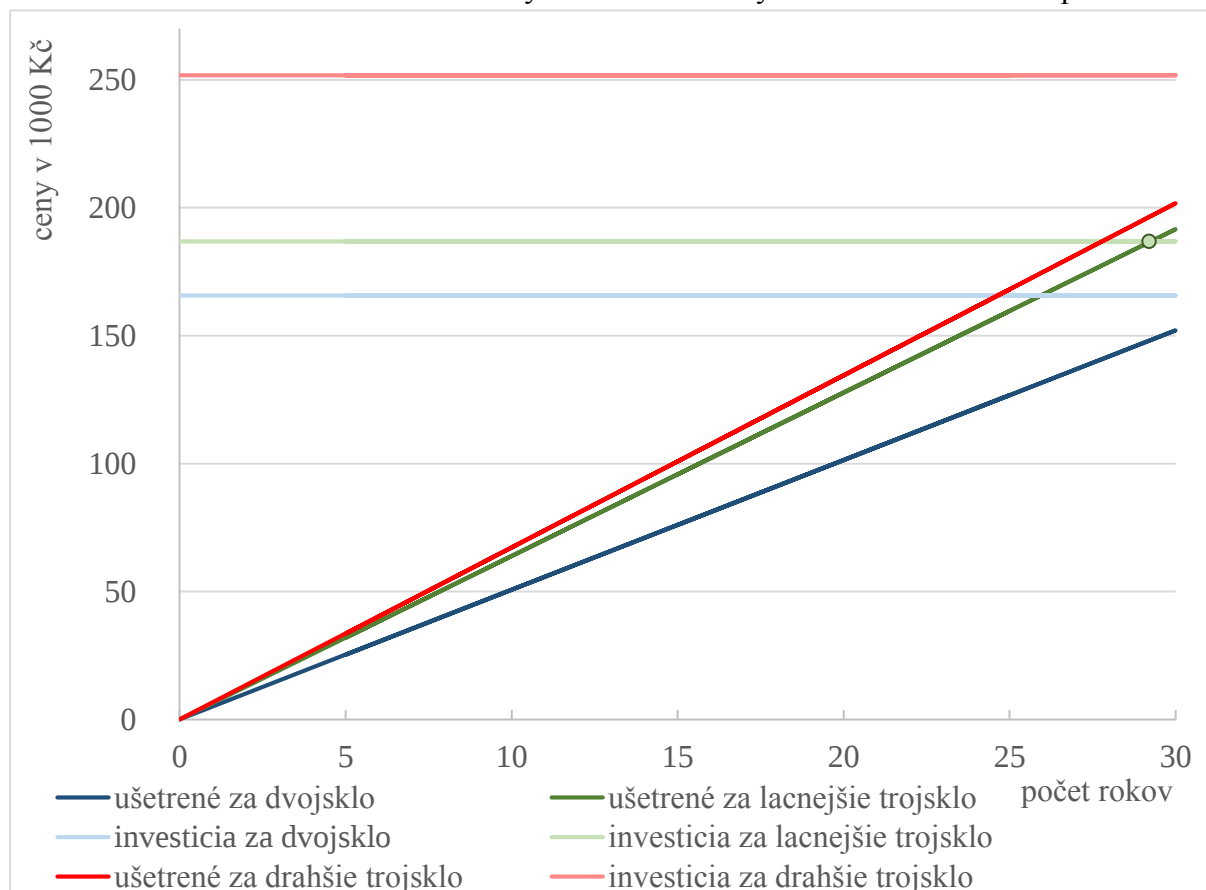
- z dvojskla so súčiniteľom prestupu tepla $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- z trojskla so súčiniteľom prestupu tepla $U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- z trojskla so súčiniteľom prestupu tepla $U_w = 0,81 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- zo štvorskla so súčiniteľom prestupu tepla $U_w = 0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Tabuľka 5.1 Cenové porovnanie štyroch variant výmeny okien.

	dvojsklo (U_w = $1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)	trojsklo (U_w = $0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)	trojsklo (U_w = $0,81 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)	štvorsklo (U_w = $0,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)
cena investície	165 720,- Kč	186 867,- Kč	251 851,- Kč	942 695,- Kč
ušetrené náklady na vykurovanie za 15 rokov	76 058,- Kč	95 826,- Kč	100 887,- Kč	117 410,- Kč

Z tabuľky 5.1 je zrejmé, že cena za okná zo štvorsklom je privysoká, a nevráti sa pravdepodobne ani v životnosti okien, preto sa s týmto variantom ďalej nepočíta. Najvýhodnejšie vychádzajú okná s trojsklom ($U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), pretože ešte nemajú vysokú cenu a už majú dosť nízku hodnotu súčiniteľa prestupu tepla. Z grafu 5.4 je zjavné, že sa v priebehu tridsiatich rokov vrátia náklady na investíciu v podobe ušetrených nákladov na vykurovanie len u okien s trojsklom ($U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$).

Graf 5.4 Porovnanie investície a ušetrených nákladov za vykurovanie v závislosti počtu rokov



Ušetrené náklady za vykurovanie v grafe 5.4 boli spočítané podobne ako v grafe 5.3. Ušetrené náklady na vykurovanie pre graf 5.4 boli spočítané odčítaním návrhových ročných nákladov za vykurovanie po výmene okien podľa (4.12) od terajších návrhových ročných nákladov za vykurovanie pre jeden rok. Ďalej boli prenasobené počtom rokov a vynesené do grafu.

Pre overenie kondenzácie vodnej pary na ráme okna (najnižší tepelný odpor) v miestnosti 103 bol použitý vzorec 5.3. Teplota na povrchu rámu vyšla 13,2 °C. Pri relatívnej vlhkosti vzduchu $\varphi = 80 \%$, by už začínalo dochádzať k zrážaniu vzdušnej vlhkosti na povrchu rámu okna. Je potrebné však podotknúť, že na to aby sa zrážala vzdušná vlhkosť na okennom ráme, musí byť splnená spomenutá podmienka relatívnej vlhkosti vzduchu a aj podmienka teploty v exteriéri, čo bude ojedinelý jav.

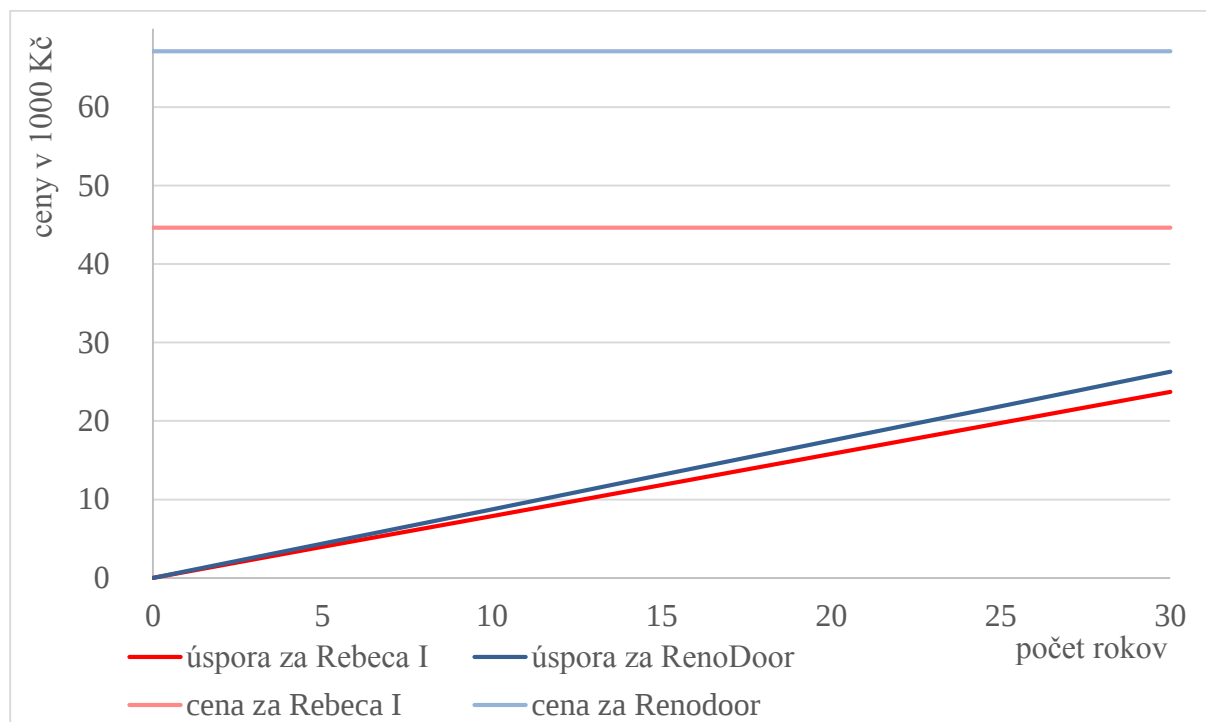
5.2.2 Výmena vchodových dverí

Výdaje na výmenu vchodových dverí boli spočítané ako súčet výdajov za nové vchodové dvere a cena montáže nových dverí a demontáže starých dverí. Pre porovnanie boli zvolené vchodové dvere Tredo Rebeca I so súčiniteľom prestupu tepla $U_d = 1,27 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ [15] a vchodové dvere RenoDoor so súčiniteľom prestupu tepla $U_d = 0,96 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ [16]. Boli vybraté masívnejšie dvere, ale v rozumných cenách.

Tabuľka 5.2 Cenové porovnanie dvoch variantov výmeny vchodových dverí

	dvere Tredo Rebeca I	dvere RenoDoor
cena investície	44 624,- Kč	67 114,- Kč
ušetrené náklady na vykurovanie za 15 rokov	11 849,- Kč	13 132,- Kč
návratnosť investície	57 rokov	77 rokov

Graf 5.5 Porovnanie investície a ušetrených nákladov za vykurovanie v závislosti počtu rokov



Úspora za výmenu vchodových dverí bola spočítaná rovnako ako u výmeny okien.

Z grafu 5.5 vyplýva, že investícia za výmenu vchodových dverí sa nevráti za 30 rokov na úspore nákladov za teplo ani u jedného variantu. Pretože z grafu 5.5 nie je jasné kedy sa investícia za výmenu vchodových dverí vráti, bola pridaná do tabuľky 5.2 kolónka s návratnosťou pre jednotlivé varianty. Napriek tomu pre ďalšie porovnanie bol zvolený variant Rebeca I, pretože jeho návratnosť je nižšia a je tu predpoklad, že po zateplení a výmene okien budú vymenené aj vchodové dvere.

5.3 Montáž vonkajších žalúzií

Trendom v dnešnej dobe je, tak ako na kancelárskych priestoroch, tak aj v bytových priestoroch, používanie veľkých presklených plôch. Tieto presklené plochy majú svoje výhody aj nevýhody. Veľké okná zväčšujú množstvo prirodzeného svetla, a tým aj znižujú

potrebu umelého osvetlenia. Avšak veľkou nevýhodou v letných mesiacoch sú vysoké tepelné zisky zo slnečného žiarenia, a tým pádom aj prehrievanie priestorov.

Problém prehrievania miestností sa často rieši klimatizáciou. V prítomnosti sa však do popredia dostáva aj riešenie pomocou vonkajších žalúzií. Pri správnom naklopení lamiel dokážu žalúzie prepúšťať časť difúzneho svetla a zároveň účinne brániť priamemu tepelnému žiareniu zo slnka.

Posudzovaný dom má na juh orientovanú veľkú presklenú plochu, preto sa v práci bude posudzovať aj ekonomické zhodnotenie vonkajších žalúzií.

Výpočet vychádza z normy ČSN 73 0548 [17] pre tepelné zisky z vonkajšieho prostredia. Kvôli zjednodušeniu výpočtu sa brali do úvahy iba tepelné zisky radiáciou. Tepelné zisky kondukciou sú po zateplení objektu rádovo menšie ako tepelné zisky radiáciou. Výpočet tepelných ziskov bol prevedený pre každú miestnosť s oknom na juhozápadnej strane objektu v programe Microsoft Excel. Ako príklad bude uvedený výpočet pre miestnosť s kódom 203.

Veľkosť oslnenej plochy okna S_{os} bola vypočítaná na základe normy ČSN 73 0548 [17] podľa vzorca:

$$S_{os} = (\check{s} - e_1) * (v - e_2) \quad [\text{m}^2] \quad (5.4)$$

kde $\check{s}$ je šírka okna a v je výška okna. Hodnota dĺžky tieňa e_1 je vypočítaná podľa vzorca:

$$e_1 = d * tg(\alpha - \gamma) \quad [\text{m}] \quad (5.5)$$

a hodnota dĺžky tieňa e_2 je vypočítaná zo vzorca:

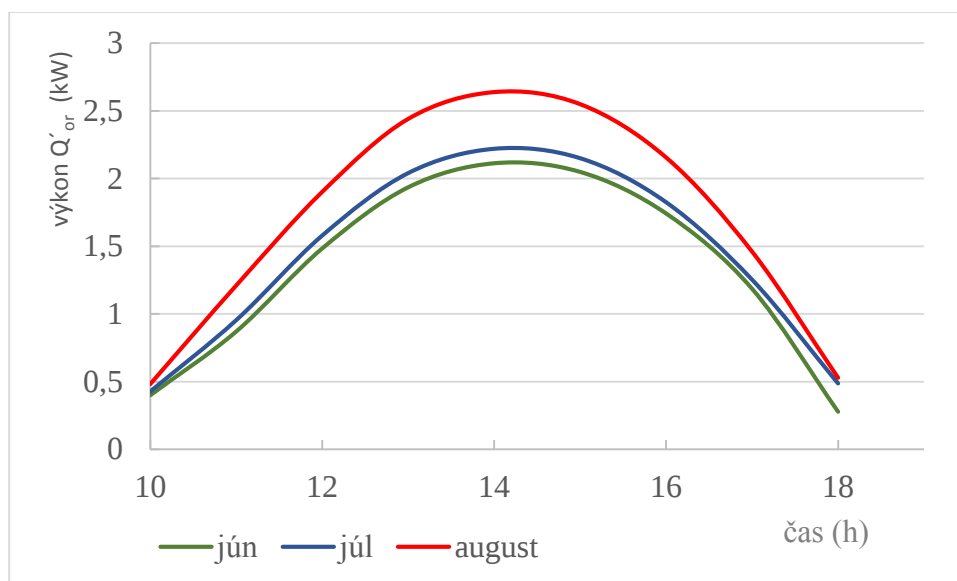
$$e_2 = c * tg(h)/\cos(\alpha - \gamma) \quad [\text{m}] \quad (5.6)$$

kde d je hĺbka okna, c je hĺbka okna vzhľadom k hornej tieniacej doske. Azimut α bol odhadnutý na základe výkresov pôdorysov. Slnečný azimut γ a výška slnka h boli získané z tabuľky 4. z normy ČSN 73 0548 [17]. Veľkosti oslnených plôch boli spočítané pre mesiace jún, júl a august. Pre výpočet výkonu slnečného žiarenia radiáciou bol použitý vzorec:

$$\dot{Q}_{or} = s * I_o * S_{os} \quad [\text{W}] \quad (5.7)$$

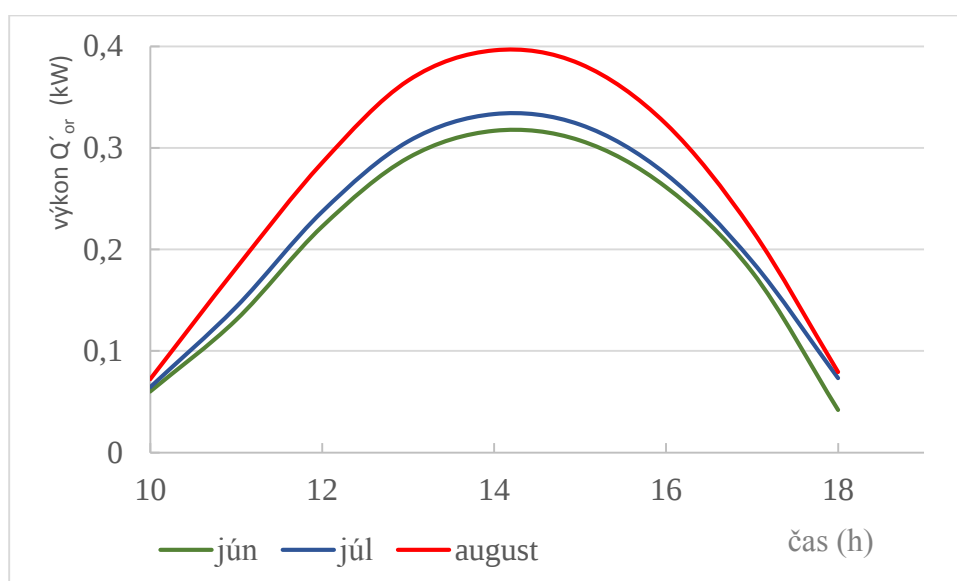
kde tieniaci súčiniteľ s je z tabuľky 11. z normy ČSN 73 0548 [17]. Intenzita slnečnej radiácie I_o bola určená ku každému mesiacu z tabuľky 10. z normy ČSN 73 0548 [17].

Graf 5.6 Tepelný výkon radiáciou Q'_{or} v miestnosti 203 bez tienenia v priebehu dňa



Graf 5.6 zobrazuje priebeh tepelného výkonu radiáciou do miestnosti bez použitia tieniacej techniky. V tomto prípade sa tieniaci súčiniteľ rovnal hodnote 0,9 [-]. Pri použití vonkajších žalúzií bude mať tieniaci súčiniteľ hodnotu 0,14 [-], čo sa výrazne prejavilo na grafe 5.7.

Graf 5.7 Tepelný výkon radiáciou Q'_{or} v miestnosti 203 tienenou žalúziami v priebehu dňa



Výkon slnečnej radiácie pre graf 5.7 bol spočítaný podľa vzorca (5.7).

Špička výkonu radiáciou na juhozápadnej strane za júl celkovo vyšla 7746 W. Posudzovaný bol mesiac júl z dôvodu, že práve vtedy sú najväčšie problémy s nadmerným teplom. V mesiaci august síce bol vyšší tepelný výkon radiáciou, avšak už z dôvodu nižšej teploty vonkajšieho vzduchu nenastávajú také problémy s nadmerným teplom, ako v mesiaci júl. V miestnostiach na prvom nadzemnom poschodí dosahoval tepelný výkon radiáciou

maximálne 400 W. Bolo to spôsobené vystúpením arkiera druhého nadzemného poschodia, ktorý v špičkách výrazne zatieňoval okná na prvom poschodí. V nasledujúcich porovnaníach bola preto uvažovaná potreba znižovania teploty v lete v miestnostiach s kódom 001, 202 a 203.

Ako alternatíva k vonkajším žalúziám bola zvolená klimatizácia. V nasledujúcej tabuľke 5.3 je cena vonkajších žalúzií na dom aj s montážou poskytnutá súkromnou firmou, a cena klimatizácie s montážou bola zistená z webu [18].

Tabuľka 5.3 Cenové porovnanie dvoch variant udržovania tepelnej pohody

	klimatizácia ASH-09HB	žalúzie F-80
cena investície	60 381,- Kč	55 370,- Kč

Ako je z tabuľky zrejmé, už len investícia do klimatizácie je vyššia ako cena žalúzií. Je potrebné počítať aj s ďalšími nákladmi za spotrebu elektriny. Pri variante žalúzií sa jedná o pasívny systém. Z druhej strany treba podotknúť, že žalúzie tienením znižujú tepelný výkon radiáciou, a kvôli tomu tepelná špička zostáva. Klimatizáciou je možné zvrátiť tepelný výkon z vonkajšieho prostredia do vnútorného prostredia.

5.4 Výmena kotla

Ďalšou možnosťou úspor na nákladoch na vykurovanie je výmena kotla. V posudzovanom dome sa nachádza plynový kotol z roku 1981. V minulosti sa vyrábali kotle s nižšou účinnosťou. Starutím plynového kotla taktiež klesá jeho účinnosť.

Pre posudzovaný objekt budú zvažované dva varianty. Prvý variant bude výmena starého plynového kotla za nový plynový kotol a druhý variant bude výmena starého plynového kotla za nový kondenzačný plynový kotol.

Medzi klasickým plynovým kotlom a kondenzačným plynovým kotlom sú principiálne odlišnosti v odvode spalín. V klasickom plynovom kotle sa odvádzajú spaliny priamo do komína a veľkým množstvom vodnej pary pri teplotách 130 až 180 °C. V kondenzačnom plynovom kotle prechádzajú spaliny najprv cez výmenník tepla, kde kondenzuje vodná para, a až potom sa odvádzajú do komína pri teplote približne 60 °C. Spomínaný výmenník tepla predhrieva vodu vo vykurovacom systéme. Aby sa využil tento predohrev, a aby mal kondenzačný kotol sľubovanú účinnosť, je potreba, aby voda vracajúca sa vo vykurovacom systéme mala čím nižšiu teplotu. Kondenzačné plynové kotle sa preto nehodia do každého vykurovacieho systému [19].

V posudzovanom dome sa nachádzajú predimenzované radiátory, takže kondenzačný plynový kotol tu dokáže pracovať s lepšou účinnosťou ako klasický plynový kotol.

Pre výber kotlov je predpokladané zateplenie domu a výmena jeho okien. Potom má dom pri vonkajšej teplote $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ návrhový tepelný výkon $9\,292\text{ W}$.

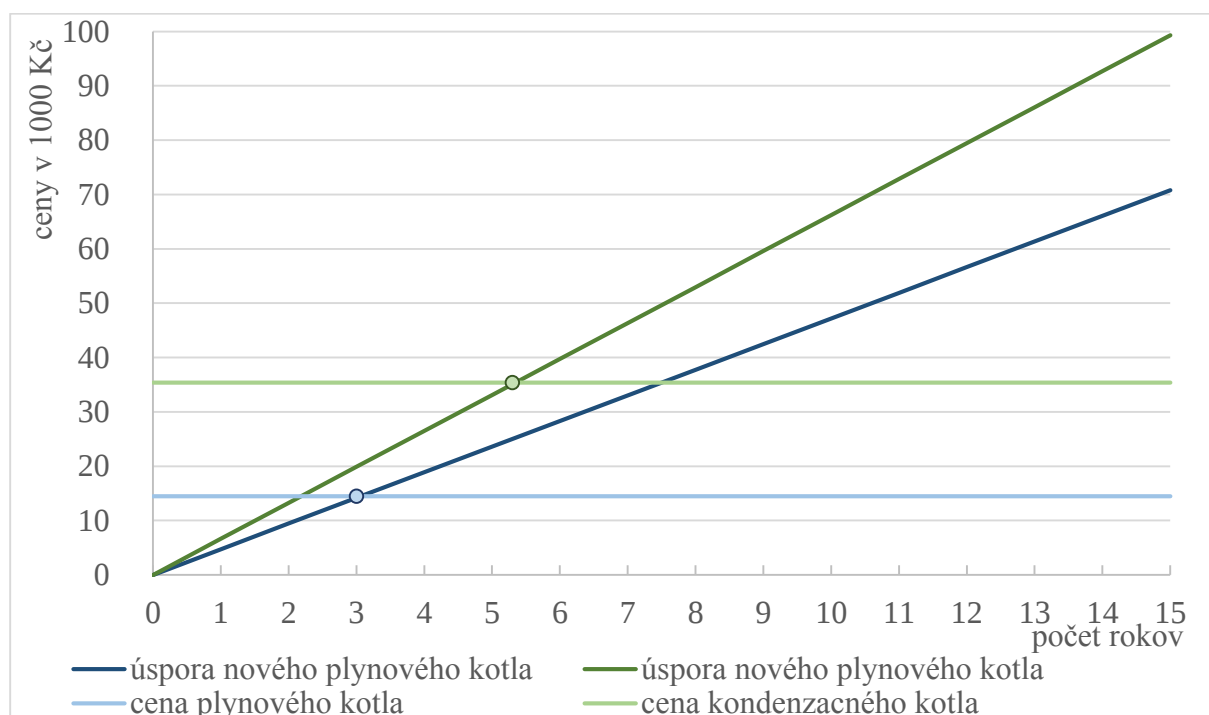
Ako klasický plynový kotol bol vybratý oceľový stacionárny kotol DPL 12 A s výkonom 12 kW a účinnosťou 92% [20]. Ako druhý variant bol zvolený kondenzačný plynový kotol Therm 14 KD.A s maximálnym výkonom $13,8\text{ kW}$ [21] a účinnosťou v rozmedzí $98 - 106\%$. Pre výpočet bol počítaný aritmetický priemer účinnosti. V tabuľke 5.3 sú uvedené ceny kotlov aj s montážou.

Účinnosť starého plynového kotla je odhadnutá na 74% . Odhad vychádza z pôvodnej účinnosti starého kotla, znížený o 10% kvôli veku plynového kotla.

Tabuľka 5.3 Cenové porovnanie dvoch variant výmeny plynových kotlov.

	Destila DPL 12 A	Therm 14 KD.A
cena investície	17 490,- Kč	35 400,- Kč
ušetrené náklady na vykurovanie za 15 rokov	70 785,- Kč	99 315,- Kč

Graf 5.6 Porovnanie investície a ušetrených nákladov za vykurovanie v závislosti počtu rokov



Výpočet úspory nového plynového kotla vychádzala z účinnosti daných kotlov. Najprv boli vypočítané náklady na vykurovanie za 1 rok pre prípad výmeny starého kotla za nový plynový kotol podľa vzorca (5.8). Následne odčítaním nákladov po výmene kotla od nákladov pred výmenou kotla sa dostane výška úspor. Táto výška úspor bola prenasobená počtom rokov a postupne vynesená do grafu 5.6.

$$C_{p,r,1} = C_{p,r} * \frac{\eta}{\eta_1} \quad [\text{Kč}] \quad (5.8)$$

$C_{p,r,1}$ sú ročné náklady za vykurovanie pre prvý variant výmeny kotla. η je účinnosť starého plynového kotla a η_1 je účinnosť plynového kotla vo variante 1.

Z grafu 5.6 je vidieť rýchlu návratnosť oboch variant. Pre variant plynového kotla je návratnosť len 3 roky, ale na druhej strane nie je tak úsporný ako kondenzačný plynový kotol. Variant kondenzačného plynového kotla sa vráti až po piatich rokoch, ale naopak je úspornejší.

Navrhované varianty výmeny kotlov boli pre už zateplený dom s vymenenými oknami. Ak by bol počítaný variant pre situáciu domu bez zateplenia, výmena plynového kotla by vyšla drahšie pre vyšší výkon, ale zároveň by návratnosť bola ešte kratšia kvôli vyšším finančným úsporám na vykurovaní.

6. Ekonomické porovnanie a zhodnotenie

K ekonomickému porovnaniu nebudú dostačujúce predchádzajúce výpočty, pretože ministerstvo životného prostredia poskytuje za splnenia určitých podmienok dotácie na jednotlivé investície do úspor energií pod názvom Nová zelená úsporám. Projekt Nová zelená úsporám sa člení na tri oblasti podpory. Posudzovaný rodinný dom si má možnosť požiadať o oblasť A - znižovanie energetickej náročnosti existujúcich rodinných domov a oblasť C - efektívne využitie zdrojov energie.

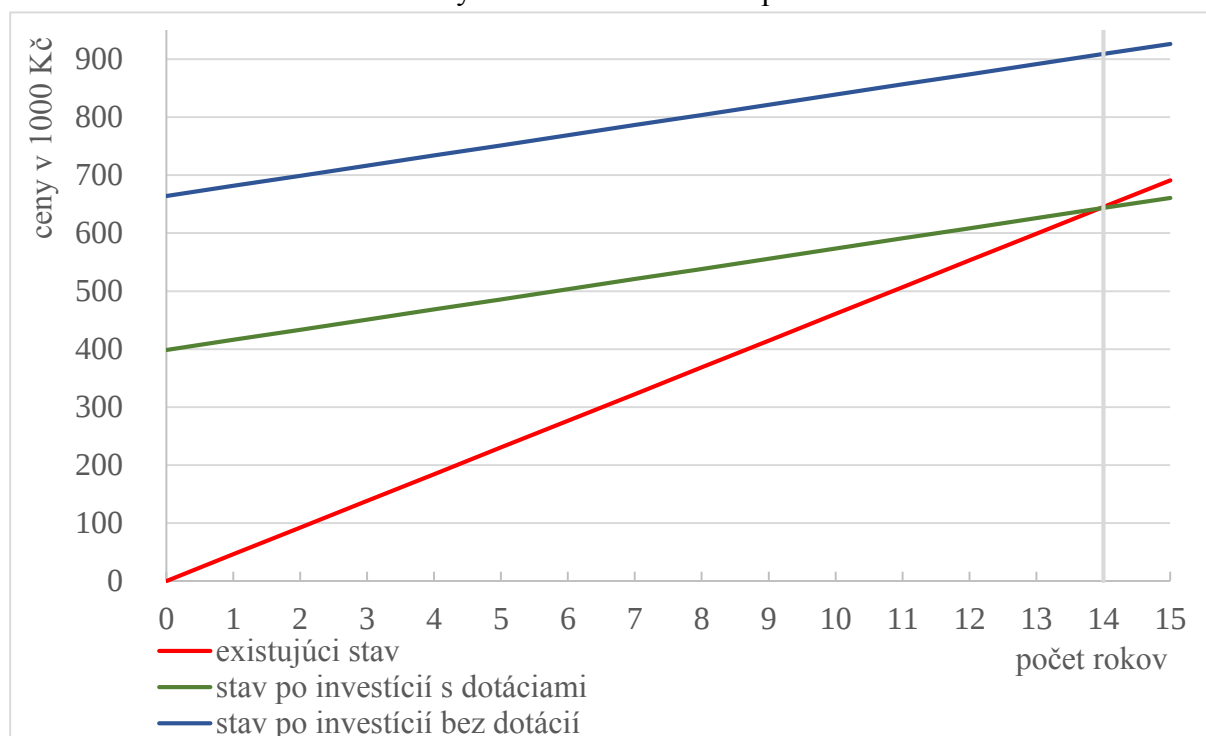
V oblasti A sa zaraďuje posudzovaný dom do podoblasti A.1 kvôli percentuálnemu zníženiu návrhovej tepelnej straty o 48 %. V tejto podoblasti má majiteľ domu právo na dotáciu zateplenia obvodovej steny a strechy na 500,- Kč/m². Po prepočítaní na konkrétny dom to činí 132 055,- Kč. V prípade zateplenia budovy s 15 cm polystyrénu výška možnej dotácie neprekračuje 50 % mieru nákladov, preto bude smerodajná. Po poskytnutí dotácie zateplenie bude stáť 264 969,- Kč [22].

Ďalej je možné v oblasti A dostať dotáciu aj na výmenu výplní otvorov. Tá činí v podoblasti A.1 2 100,- Kč/m². Po prepočítaní na konkrétnu budovu to činí 118 524,- Kč. V prípade výmeny výplní otvorov navrhovanými oknami a vchodovými dverami prekračuje výška možnej dotácie 50 % mieru nákladov. Preto bude smerodajná 50 % miera nákladov. Po poskytnutí dotácie na výmenu výplní otvorov bude stáť táto výmena 115 745,- Kč. Keďže to je polovičná cena predpokladanej ceny v podkapitole 5.2.1, bude aj návratnosť investície polovičná a to 13,5 roka [22].

V oblasti C sa posudzovaný dom zaraďuje do podoblasti C.1, za predpokladu, že spomínané opatrenia sa budú realizovať naraz so zateplením. V oblasti C je možné dostať dotáciu na výmenu kotla len na plynový kotol kondenzačný. Možná dotácia na výmenu kotla za kondenzačný činí 18 000,- Kč. V prípade výmeny starého kotla za kondenzačný kotol presahuje možná dotácia 50 % ceny nákladov za kondenzačný kotol. Smerodajná bude preto 50 % cena nákladov. Po zahrnutí dotácie bude stáť výmena kotla 17 700,- Kč. Podobne ako v prípade okien dotácia znižuje návratnosť investície za výmenu kotla na polovicu a to na 2,5 roka [23].

V grafe 6.1 je porovnaný existujúci stav, stav po investícií s dotáciou a stav po investícií bez dotácie do hore spomínaných možností v časovom horizonte. Z grafu vyplýva návratnosť investícií s dotáciou 14 rokov. Návratnosť investícií bez dotácie je 23 rokov.

Graf 6.1 Porovnanie nákladov za vykurovanie v závislosti počtu rokov



Náklady na vykurovanie boli spočítané pomocou vzorca (4.12) pre jeden rok a prenášobné počtom rokov. Pre stavy po investícií bola k nákladom na vykurovanie po investícií pripočítaná aj cena investície.

Na kúpu žalúzií ani na kúpu klimatizácie sa nevzťahuje žiadna dotácia, preto budú posúdené podľa cien v kapitole 5.3. Keďže vonkajšie žalúzie sú pasívne, ich cena sa v priebehu času prakticky nemení. Za náklady klimatizácie bola predpokladaná spotreba elektrickej energie pri jej používaní. Bolo predpokladané použitie klimatizácie 90 dní v roku a 3 hodiny denne. Pri priemernej cene elektrickej energie [24] sa navyšovali náklady o 1 053,- Kč za rok. Z tabuľky 5.3 a z predchádzajúceho predpokladu jasne vyplýva nižšia cena žalúzií v celom časovom priebehu, ale treba podotknúť, že klimatizácia ponúka vyšší komfort.

Tabuľka 6.1 Ceny navrhovaných investícií

	cena investície	výška maximálnej dotácie	cena investície po započítaní dotácie
tepelná izolácia	397 024,- Kč	132 055,- Kč	264 969,- Kč
výmena okien a vchodových dverí	231 491,- Kč	115 745,- Kč	115 746,- Kč
výmena kotla	35 400,- Kč	17 700,- Kč	17 700,- Kč
Σ	663 915,- Kč	265 500,- Kč	398 415,- Kč

Záver

V posudzovanom rodinnom dome boli na začiatku namerané teploty vo vykurovacom období v jednotlivých miestnostiach. Podľa normy ČSN EN 12831 a pôdorysov budovy boli ďalej spočítané tepelné straty prestupom jednotlivých miestností. Ďalej podľa spomínanej normy boli dopočítané tepelné straty vetraním a zakurovaním. Po sčítaní všetkých návrhových strát a miestností sa dostala návrhová tepelná strata pre celý objekt, ktorá činí 17 697 W.

Ďalším cieľom práce bolo navrhnúť opatrenia pre úsporu nákladov na vykurovanie budovy. Ako izolačný materiál bol zvolený polystyrén. Pri správnom navrhnutí nemal polystyrén prakticky žiadne nevýhody a jeho cena bola najlepšia. Ďalej bola navrhnutá jeho hrúbka 15 cm. Pri hrubšej ako navrhutej hrúbke izolácie už tepelná strata objektu výrazne neklesala, zatiaľ čo investícia naďalej rástla približne lineárne.

Na výmenu okien boli navrhnuté štyri varianty. Bol navrhnutý variant okien s trojsklom, pretože mal najlepšiu návratnosť a súčiniteľ prestupu tepla bol taktiež priaznivý ($U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Pri návrhu výmeny vchodových dverí vyšla návratnosť z ekonomického hľadiska u prvého variantu 57 a u druhého variantu 77 rokov. Napriek vysokým návratnostiam bola uvažovaná aj výmena vchodových dverí a to prvý variant. Výmena sa predpokladá aj z estetického dôvodu, keďže zateplením a výmenou okien sa obnoví celkový vzhľad budovy.

Výpočet ekonomického hľadiska montáže žalúzií bol prevedený z dôvodu záujmu majiteľa domu o vonkajšie žalúzie. V porovnaní vonkajších žalúzií s klimatizáciou, vyšli žalúzie lacnejšie. Je potreba podotknúť, že porovnávané varianty majú odlišné vlastnosti. Klimatizácia dokáže priamo znižovať teplotu vzduchu v interiéri. Vonkajšie žalúzie zasa dokážu výrazne znižovať prestup slnečného žiarenia do interiéru. Tým sa teplota v interiéri počas dňa navyšuje, avšak pri schladení budovy nočným vetraním sa nemusí prísť o tepelnú pohodu v interiéri.

Posledný návrh úspory nákladov za vykurovanie bola výmena existujúceho plynového kotla. V práci bol ponúknutý prvý variant výmeny plynového kotla za podobný, ale nový s vyššou účinnosťou a druhý variant výmeny plynového kotla za kondenzačný plynový kotol. Z dôvodu poskytovania dotácií iba na druhý variant, bol zvolený plynový kondenzačný kotol. Po získaní dotácie by investícia za kondenzačný kotol bola nižšia ako na prvý variant a kvôli vyššej účinnosti sa rýchlejšie vráti.

Pre posudzovaný dom bola v práci započítaná aj možná dotácia. V tabuľke 6.1 boli zhrnuté ceny investícií s a aj bez dotácie.

Po uskutočnení navrhnutých investícií sa znížia náklady na vykurovanie v posudzovanom dome na úroveň 35 % pôvodných nákladov za vykurovanie.

Literatúra

- [1] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [2] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [3] Luxfery.net: Luxfery technické vlastnosti. *Luxfery.net* [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.luxfery.net/luxfery.asp?obsah=65>
- [4] Topinfo s.r.o.: Tabulky a výpočty. *Vytapeni.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2015-03-10]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>
- [5] Topinfo s.r.o.: Kalkulátor cen energií. *Kalkulator.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/dodavka-zemniho-plynu-porovnani-nabidek?id=735>
- [6] Zoznam s.r.o. a Jaga s.r.o.: Chystáte sa zatepliť rodinný dom?. *Mojdom.zoznam.sk* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://mojdom.zoznam.sk/cl/10132/1342408/Chystate-sa-zateplit-rodinny-dom->
- [7] Trimot s.r.o.: Polystyren Bachl. *Trimot.cz* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.trimot.cz/eps-polystyren-bachl/>
- [8] Divize Isover, Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.: Isover Aku. *Isover.cz* [online]. [cit. 2015-04-05]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/isover-aku>
- [9] Naturwool s.r.o.: A500 Naturwool. *Naturwool.cz* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.naturwool.cz/izolace-z-ovci-vlny/a500-naturwool/>
- [10] Topinfo s.r.o.: Izolace z ovčí vlny. *Stavba.tzb-info.cz* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/9718-izolace-z-ovci-vlny>
- [11] Jaga Group, s.r.o.: Tepelná izolácia z technického konope. *Asb.sk* [online]. [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://www.asb.sk/stavebnictvo/stavebne-materialy/tepelne-izolacie/tepelna-izolacia-ztechnickeho-konope>
- [12] Canabest s.r.o.: Ceny konopné izolace. *Konopna-izolace.cz* [online]. [cit. 2015-05-16]. Dostupné z: <http://www.konopna-izolace.cz/obchod/cenik/>

- [13] Energetický ústav: i-x diagram vlhkého vzduchu. *ottp.fme.vutbr.cz* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/skripta/Termomechanika/I-x-1024.gif>
- [14] Drutex Okna -Dveře - Fasády, spol. s r.o.: Kalkulace oken. *oknapresinternet.okna2000.com* [online]. [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.oknapresinternet.okna2000.com/>
- [15] E dveře s.r.o.: Vchodové dveře Tredo Rebeca I. *dvere.cz* [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.dvere.cz/vchodove-dvere/vchodove-dvere-tredo/vchodove-kazetove/vchodove-dvere-tredo-rebeca-i>
- [16] E dveře s.r.o.: Vchodové dveře RenoDoor. *dvere.cz* [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.dvere.cz/dvere-zarubne/vchodove-dvere-renodoor>
- [17] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1986.
- [18] Elkim Brno: Cenník klimatizace. *elklim.cz* [cit. 2015-05-22]. Dostupné z: http://www.elklim.cz/data/pdf/cenik_sinclair.pdf
- [19] xBizon, s.r.o.: Topíme plynem: Kdy se vyplatí kondenzační plynový kotel. *nazeleno.cz* [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/topime-plynem-kdy-se-vyplati-kondenzacni-plynovy-kotel.aspx>
- [20] Destila s.r.o.: Plynové teplovodní kotle. *destila.cz* [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.destila.cz/plynove-teplovodni-kotle>
- [21] Thermona spol. s r.o.: Kotel Therm. *thermona.cz* [online]. [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: <http://www.thermona.cz/sites/default/files/flip/thermona-katalog-produktu/#p=7>
- [22] Ministerstvo životního prostředí: Podmínky oblasti podpory A. *novazelenausporam.cz* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/2-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-a/>
- [23] Ministerstvo životního prostředí: Podmínky oblasti podpory C. *novazelenausporam.cz* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/2-vyzva-rodinne-domy/podminky-oblasti-podpory-c/>
- [24] Srovnání cen elektřiny a plynu online: Cena 1 kWh. *energie123.cz* [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.energie123.cz/elektrina/ceny-elektricke-energie/cena-1-kwh/>

Použité skratky a symboly

ZNAČKA	JEDNOTKA	NÁZOV
A_g	[m ²]	plocha uvažovanej podlahovej konštrukcie
A_i	[m ²]	plocha miestnosti
A_k	[m ²]	plocha stavebnej časti
B'	[m]	charakteristický parameter podlahy
b_u	[-]	teplotný redukčný činiteľ
c	[m]	hlbka okna vzhľadom k hornej tieniacej doske
C_p	[Kč/kWh]	cena plynu
$C_{p,r}$	[Kč]	cena plynu za rok
$C_{p,r,1}$	[Kč]	cena plynu za rok pri prvom variante
d	[m]	hlbka okna
D	[K]	vykurovacie dennostupne
d_p	[-]	počet vykurovaných dní
e_1	[m]	horizontálna dĺžka tieňa
e_2	[m]	vertikálna dĺžka tieňa
e_d	[-]	súčiniteľ nerovnomernej teploty v priebehu týždňa
e_i	[-]	činiteľ zaclonenia
e_k	[-]	korekčný činiteľ vystavenia poveternostným vplyvom
e_n	[-]	súčiniteľ nesúčasnosti tepelných strát prestupom
E_p	[kWh]	množstvo spotrebovanej energie z plynu
e_t	[-]	súčiniteľ nerovnomernej teploty v priebehu dňa
f_{g1}	[-]	korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv ročných zmien vonkajšej teploty
f_{g2}	[-]	teplotný redukčný činiteľ zohľadňujúci rozdiel medzi ročnou priemernou vonkajšou teplotou a výpočtovou vonkajšou teplotou
f_{ij}	[-]	redukčný teplotný činiteľ
f_{RH}	[W/m ²]	zakurovací súčiniteľ
G_w	[-]	korekčný činiteľ zohľadňujúci vplyv spodnej vody
h	[°]	výška slnka
$H_{T,ie}$	[W/K]	súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) plášťom budovy
$H_{T,ig}$	[W/K]	súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do zemin (g)

ZNAČKA	JEDNOTKA	NÁZOV
$H_{T,ij}$	[W/K]	súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do susedného priestoru vykurovaného na inú teplotu (j)
$H_{T,iue}$	[W/K]	súčiniteľ tepelnej straty prestupom z vykurovaného priestoru (i) do vonkajšieho prostredia (e) nevykurovaným priestorom (u)
$H_{V,i}$	[W/K]	súčiniteľ návrhovej tepelnej straty vetraním
I_o	[W/m ²]	intenzita slnečnej radiácie
n_{50}	[h ⁻¹]	intenzita výmeny vzduchu pri rozdieli tlaku 50 Pa
n_{min}	[h ⁻¹]	minimálna intenzita výmeny vzduchu
P	[m]	obvod uvažovanej podlahovej konštrukcie
q'	[W/m ²]	hustota tepelného toku
Q'_{or}	[W]	výkon slnečného žiarenia
$Q_{vyt,r}$	[J]	ročná návrhová spotreba tepla
R	[m ² .K/W]	tepelný odpor konštrukcie proti vedeniu tepla
R_{se}	[m ² .K/W]	návrhová hodnota odporu pri prestupe tepla na vonkajšej strane konštrukcie
R_{si}	[m ² .K/W]	návrhová hodnota odporu pri prestupe tepla na vnútornej strane konštrukcie
s	[-]	tieniaci súčiniteľ
$\check{s}$	[m]	šírka okna
S_{os}	[m ²]	plocha oslnenej časti okna
U_d	[W/ m ² .K]	súčiniteľ prestupu tepla pre dvere
$U_{equiv,k}$	[W/ m ² .K]	ekvivalentný súčiniteľ prestupu tepla
U_k	[W/ m ² .K]	súčiniteľ prestupu tepla
U_w	[W/ m ² .K]	súčiniteľ prestupu tepla pre okno
v	[m]	výška okna
$V'_{inf,i}$	[m ³ /s]	objem vzduchu infiltráciou
V'_{max}	[m ³ /s]	výmena vzduchu vo vykurovanej miestnosti
V'_{min}	[m ³ /s]	minimálny objem výmeny vzduchu vo vykurovanej miestnosti
V_i	[m ³]	objem miestnosti
α	[°]	azimut posudzovanej fasády
γ	[°]	slnečný azimut
δ	[m]	hrúbka materiálu
ε	[-]	výškový korekčný činiteľ
η	[-]	účinnosť starého plynového kotla

ZNAČKA	JEDNOTKA	NÁZOV
η_1	[-]	účinnosť nového plynového kotla varianty 1
η_0	[-]	účinnosť možnosti regulácie
η_r	[-]	účinnosť rozvodu vykurovania
θ_e	[°C]	výpočtová vonkajšia teplota
θ_{ext}	[°C]	predpokladaná najnižšia teplota v roku
$\theta_{int,i}$	[°C]	výpočtová vnútorná teplota
$\theta_{m,e}$	[°C]	priemerná ročná teplota vzduchu
$\theta_{m,int}$	[°C]	priemerná vnútorná teplota vzduchu
θ_p	[°C]	teplota povrchu konštrukcie
$\theta_{u,i}$	[°C]	návrhová teplota nevykurovaného priestoru
θ_v	[°C]	výpočtová vnútorná teplota vedľajšej vykurovanej miestnosti
λ	[W/m.K]	súčiniteľ tepelnej vodivosti
φ	[%]	relatívna vlhkosť vzduchu
Φ_{HL}	[W]	návrhový tepelný výkon
$\Phi_{RH,i}$	[W]	návrhový zakurovací tepelný výkon
$\Phi_{T,i}$	[W]	návrhová tepelná strata prestupom
$\Phi_{V,i}$	[W]	návrhová tepelná strata vetraním