

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Studie snížení energetické náročnosti panelového domu
na nízkoenergetický až pasivní standard**

**Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Kožený, CSc.
Autor: Bc. Mojmír Krejcha**

2011

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Mojmír KREJCHA**
Osobní číslo: **E11N0179P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Studie snížení energetické náročnosti panelového domu na nízkoenergetický až pasivní standart**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Objasněte "energetickou náročnost domu" vztáženou na panelový dům.
2. Uveďte podmínky pro splnění standardu "nízkoenergetický a energeticky pasivní dům".
3. Aplikujte podmínky na zvolený panelový dům a navrhnete opatření k jejich splnění.
4. Stanovte závěry pro praxi.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne:

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Jiřímu Koženému, CSc. za rady, připomínky a vedení práce, konzultantovi Václavu Švábovi ze společnosti ENVIC za propůjčení software, naučení práce v něm a cenné rady a společnosti Jan Lazarčík s.r.o za zapůjčení dokumentace k objektu.

Anotace

Diplomová práce se v první části zabývá vysvětlením energetické náročnosti budovy a protokolem energetické náročnosti. V druhé části jsou uvedeny požadavky na nízkoenergetický a energeticky pasivní standart. V následující kapitole jsou výpočty na konkrétní budově, měření IR kamerou a jsou uvedena opatření jaká by byla nutná pro dosažení nízkoenergetického či pasivně energetického standartu. Následuje ekonomické zhodnocení a návratnost investic při jednotlivých opatřeních. .

Klíčová slova

Tepelná ztráta, energetické náročnost, spotřeba energie, nízkoenergetický standart, energeticky pasivní standart.

Počet stran: 77

Počet obrázků: 5

Počet grafů: 7

Annotation

The thesis deals with the explanation of the energy performance of the building and energy performance protocol in the first part. In the second part, there are listed demands on low-energy and passive energy standard. The next part of thesis deals with calculations on specific building, measurement with IR camera and there are also listed measures, which were required for attained low-energy or passive energy standard. In the last part, there are economic evaluation and the return of the investments for individual proposals.

Key words

Thermal loss, energy performance, energy consumption, low energy standard, passive energy standard.

Number of pages: 77

Number of images: 5

Number of graphs: 7

Obsah

Seznam symbolů.....	10
1 Úvod	10
2 Energetická náročnost budovy	13
2.1 Definice bytového domu.....	13
2.2 Metoda stanovení energetické náročnosti budovy.....	13
2.3 Průkaz energetické náročnosti	13
2.3.1 Protokol k průkazu o energetické náročnosti budovy.....	14
2.3.2 Grafické znázornění energetického průkazu.....	15
3 Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům.....	16
3.1 Nízkoenergetický dům	17
3.1.1 Požadavky na nízkoenergetický dům	17
3.1.2 Značení nízkoenergetických domů	17
3.2 Energeticky pasivní dům	18
3.2.1 Požadavky na energeticky pasivní dům.....	18
3.2.2 Značení energeticky pasivních domů	20
4 Výpočet tepelných ztrát.....	22
4.1 Energie a Teplo 2010	22
4.2 Hodnocení energetické náročnosti.....	23
4.2.1 Údaje o bytovém domě	23
4.2.2 Výpočet energetické náročnosti budovy.....	23
4.3 Původní stav.....	24
4.3.2 Hodnocení původního stavu budovy	30
4.4 Současný zateplený stav	34
4.4.2 Hodnocení zatepleného stavu budovy	37
4.5 Měření zatepleného stavu IR kamerou	41
4.5.1 IR kamera FLIR T335.....	41
4.5.2 Vyhodnocení měření.....	42
4.6 Nízkoenergetický dům	46
4.6.2 Hodnocení nízkoenergetického stavu budovy	49
4.7 Energeticky pasivní dům	54
4.7.2 Hodnocení energeticky pasivního stavu budovy	55
5 Ekonomické zhodnocení.....	60
5.1 Výpočet nákladů na jednotlivé stavy	60
5.1.1 Cena nízkoenergetického stavu	60
5.1.2 Cena pasivního stavu	61
6 Závěr	62
Seznam použité literatury	63
Seznam grafů.....	64

Seznam obrázků	64
Seznam tabulek	64
Evidenční list.....	77

Seznam symbolů

V	[m ³]	Objem budovy.
A	[m ²]	Plocha obálky budovy.
EP _A	[Wh/m ²]	Celková roční dodaná energie na jednotku celkové podlahové plochy budovy.
EP _{Areg}	[Wh/m ²]	Maximální roční dodaná energie na jednotku celkové podlahové plochy budovy.
EA	[Wh/(m ² a)]	Měrná potřeba tepla na vytápění.
U _{em}	[W/(m ² K)]	Průměrný součinitel prostupu tepla.
n ₅₀	[1/h]	Intenzita výměny vzduchu za hodinu při rozdílu tlaků 50 Pa mezi vnitřkem a vnějškem.
PE _A	[kWh/m ² a]	Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů.
U _{N,20}	[W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla při návrhové teplotě 20°C.
U _{rec,20}	[W/(m ² K)]	Doporučený součinitel prostupu tepla při návrhové teplotě 20°C.
U _{pas,20}	[W/(m ² K)]	Požadovaný součinitel prostupu tepla při návrhové teplotě 20°C pro pasivní budovy.
U _{emN}	[W/(m ² K)]	Maximální průměrný součinitel prostupu tepla.
U _{em}	[W/(m ² K)]	Průměrný součinitel prostupu tepla.
R	[m ² K/W]	Tepelný odpor.
λ	[W/(mK)]	Součinitel tepelné vodivosti
R _T	[m ² K/W]	Celkový tepelný odpor.
R _{si}	[m ² K/W]	Tepelný odpor při prostupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce.
R _{se}	[m ² K/W]	Tepelný odpor při prostupu tepla z vnějšího prostředí do konstrukce.
U _k	[W/(m ² K)]	Součinitel prostupu tepla konstrukce.
U	[W/(m ² K)]	Celkový součinitel prostupu tepla konstrukce.
ΔU	[W/(m ² K)]	Korekce součinitele prostupu tepla.
U _{reg}	[W/(m ² K)]	Přípustný součinitel prostupu tepla pro danou konstrukci.
g/alfa	[-]	Celková propustnost slunečního záření.
F _f	[-]	Korekční činitel zasklení.
F _c	[-]	Korekční činitel celkového clonění.
F _s	[-]	Korekční činitel stínění.

Gw	[-]	Činitel vlivu spodní vody.
Hv	[W/K]	Měrný tepelný tok větráním.
Hd	[W/K]	Měrný tepelný tok prostupem do exteriéru.
Hg	[W/K]	Ustálený měrný tok zeminou.
Hu	[W/K]	Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory.
Hd,tb	[W/K]	Měrný tok tepelnými mosty.
Hd,c	[W/K]	Měrný tok plošnými konstrukcemi.
H	[W/K]	Měrný tok.
Qf	[GJ/a]	Spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem.
Qp	[GJ/a]	Spotřeba primární energie pro daný účel dodávaná energonositelem.
Q _{fuel}	[GJ]	Roční dodaná energie.
T _{im}	[°C]	Návrhová vnitřní teplota.
T _{ae}	[°C]	Návrhová venkovní teplota.
V _t	[m ³ /h]	Objem přivedeného a odvedeného vzduchu

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá spotřebou tepelné energie, konkrétně v šestipodlažním bytovém domě. Spotřeba tepelné energie v posledních letech nabývá na stále větší důležitosti při stále zvyšující se ceně energie. Spotřeba energie je závislá na mnoha faktorech, konstrukční provedení, izolační materiály, typ vytápění. V dnešní době je důležité šetřit energie ať už z finančního nebo ekologického hlediska.

Cílem diplomové práce je výpočet tepelných ztrát a návrh opatření pro dosažení nízkoenergetického a pasivního standartu při využití moderních technologií jako jsou solární kolektory a tepelná čerpadla.

Samotná práce je rozdělena do několika ucelených částí. Po úvodu následuje kapitola věnovaná vysvětlení energetické náročnosti panelového domu. V další kapitole jsou uvedeny podmínky na nízkoenergetický až pasivní standart. Na tuto kapitolu navazuje kapitola, ve které je řešena spotřeba energie v panelovém domě a jejich snížení. V poslední kapitole je závěrečné ekonomické zhodnocení.

2 Energetická náročnost budovy

Energetická náročnost budovy je hodnocena z pohledu celkové dodané energie. Jedná se o energii spotřebovanou a vyrobenou danou budovou.

2.1 Definice bytového domu

Dle ČSN 73 4301 se za bytový dům považuje budova určená k dlouhodobému bydlení v bytech, bez ohledu na velikost a způsob jejich vlastnictví. Za bytový dům se mohou dále považovat budovy určené pro dlouhodobé přechodné ubytování (vysokoškolské koleje, ubytovny, internáty), nikoliv hotely a penziony. Za obytnou budovu se považuje taková budova, kde alespoň dvě třetiny podlahové plochy připadají na byty, včetně plochy domovního vybavení určeného pro obyvatele bytů. [1]

2.2 Metoda stanovení energetické náročnosti budovy

Energetická náročnost budovy se stanovuje výpočtem celkové roční dodané energie v GJ potřebné na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení při jejím standardizovaném užívání bilančním hodnocením.

Bilanční hodnocení se provádí intervalovou výpočtovou metodou nejlépe s měsíčním obdobím. Celková roční dodaná energie se při bilančním hodnocení stanoví jako součet jednotlivých vypočtených dílčích spotřeb dodané energie pro všechny časové intervaly v roce a pro všechny vytápěné, chlazené, větrané či klimatizované zóny budovy. Výpočet se provádí s rozlišením podle energonositelů.

Pro vzájemné porovnání energetické náročnosti budov stejného typu se stanovuje měrná roční spotřeba energie budovy, vyjádřená poměrem celkové roční dodané energie na jednotku celkové podlahové plochy budovy EP_A [Wh/m^2]. [2]

2.3 Průkaz energetické náročnosti

Průkaz energetické náročnosti tvoří protokol prokazující energetickou náročnost budovy a grafické znázornění energetické náročnosti budovy. [2]

Průkaz energetické náročnosti budovy, je definován zákonem č. 177/2006 Sb., jež je novelou zákona č. 406/2000 Sb. Dále je forma a způsob zpracování průkazu energetické náročnosti budovy rozepsán ve vyhlášce č. 148/2007 Sb. [3]

Povinnost vypracovávat průkaz energetické náročnosti platí již od 1.1.2009 a průkazy mají platnost 10 let od data vystavení.

Průkaz byl povinnou součástí projektové dokumentace, ale pouze u budov nově postavených a nebo u budov s větší podlahovou plochou než 1000m² na kterých byly provedeny změny přesahující 25% plochy obálky budovy. [4]

2.3.1 Protokol k průkazu o energetické náročnosti budovy

Protokol obsahuje identifikační údaje budovy, typ budovy, užití energie v budově.

Dále obsahuje technické údaje budovy, kterými jsou popis ploch a objemů budovy, tepelně technické vlastnosti konstrukcí a obálky budovy, základní vlastnosti energetických systému budovy, dílčí energetická náročnost prvků technických systému budovy, celková energetická náročnost budovy, měrnou spotřebu energie na jednotlivé systémy domu a klasifikační třídu energetické náročnosti budovy.

V protokolu též musí být energetická bilance budovy pro standardizované užívání a bilance energie dodané, popřípadě vyrobené budovou nebo z budovy odvedené.

V protokolu jsou též uvedena doporučená opatření pro technicky a ekonomicky efektivní snížení energetické náročnosti budovy a doba platnosti průkazu a identifikace osoby oprávněné vydat energetický průkaz. [2]

Třída energetické náročnosti je dána tabulkou, kde každé třídě odpovídá rozsah spotřeby budovy v kWh/ m2.

Druh budovy	Kategorie energetické náročnosti						
	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51-97	98-142	143 - 191	192 - 240	241-286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel/restaurace	<102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	<109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Vzdělávací	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Tab. 1: Třídy energetické náročnosti budov. [2]

A – Mimořádně úsporná	E – Nehospodárná
B – Úsporná	F – Velmi nehospodárná
C – Vyhovující	G – Mimořádně nehospodárná
D – Nevyhovující	

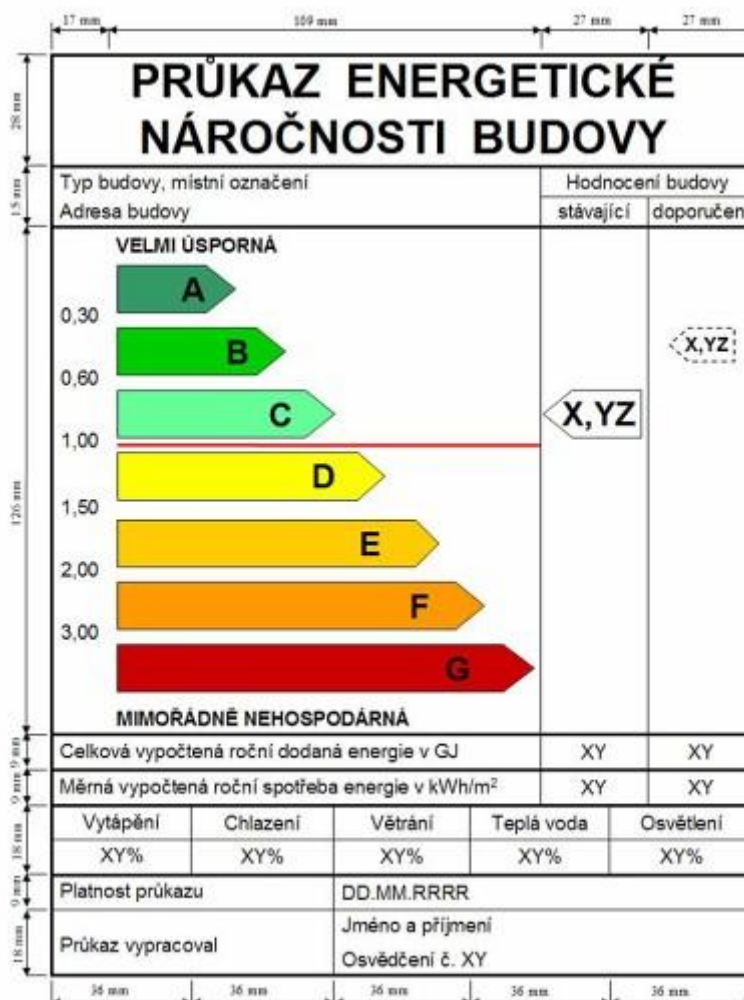
Tab. 2: Slovní vyjádření energetické náročnosti. [2]

Nově postavená nebo rekonstruovaná budova by měla dosáhnout minimálně na energetickou třídu C.

2.3.2 Grafické znázornění energetického průkazu

Grafické znázornění energetického průkazu obsahuje jméno osoby, která průkaz vypracovala, adresu hodnocené budovy a typ budovy, barevnou stupnici klasifikačních tříd A až G, energetickou náročnost budovy a její zařazení do klasifikační třídy při bilančním hodnocení a po provedení doporučených opatření, měrnou vypočtenou roční spotřebu energie na celkovou podlahovou plochu hodnocené budovy a po provedení doporučených opatření, dodanou energii pro pokrytí jednotlivých dílčích potřeb v procentech a datum platnosti průkazu.[2]

Na obr. 1 je znázorněn průkaz energetické náročnosti budovy včetně rozměrů.



Obr. 1: Průkaz energetické náročnosti budovy [3]

3 Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům

V dnešní době se častěji probírá problematika vlivu budov na spotřebu energie a vliv na životní prostředí obecně, dlouhodobá tendence je tuto zátěž snižovat, ale zároveň zvyšovat kvalitu vnitřního prostředí a to se provádí výstavbou a renovací domů na nízkoenergetický a energeticky pasivní standart. [4]

Podmínkami pro splnění nízkoenergetického a pasivního standardu se zabývá TNI 73 0330 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy.

Aby bylo dosaženo efektivně nízkoenergetického a energeticky pasivního domu je ideální důležité požadavky náležitě na tyto domy zakomponovat do projektu. Hlavní činitelé, kteří ovlivní energetické vlastnosti budovy jsou:

- Volba pozemku a umístění budovy v něm.
- Orientace ke světovým stranám k maximalizaci energetického zisku ze slunce a zároveň k současnému a předpokládanému budoucímu zastínění objektu.
- Tvarové řešení budovy, které se nejsnáze vyjadřuje geometrickou charakteristikou, poměrem mezi ochlazovanou plochou obálky budovy a vytápěným objemem, čím nižší členitost tím nižší je hodnota geometrické charakteristiky a tím je většinou příznivější energetická náročnost.
- Vyloučení a nebo omezení koncepčních příčin tepelných mostů v konstrukcích a výrazných tepelných vazeb mezi konstrukcemi.
- Vnitřní uspořádání s ohledem na soulad vytápěcích režimů, tepelných zón a orientaci prostorů ke světovým stranám.
- Velikost prosklených ploch na jednotlivých fasádách, ideální je více prosklených ploch na nestíněnou stranu s největší energií dopadajícího slunečního záření a minimalizování prosklených ploch na stíněných a větrem ochlazovaných stranách.
- Očekávané vnitřní tepelné zisky podle charakteru provozu.
- Velikost vytápěných a nepřímo vytápěných podlahových ploch a jejich přiměřenost danému účelu. [4]

Vzhledem k těmto vlivům je jasné, že každý dům nemůže dosáhnout na nízkoenergetický či energeticky pasivní standart, při efektivním využití dostupných technologií a finančních prostředků. Vhodné domy pro revitalizaci na nízkoenergetický

či energeticky pasivní dům jsou velmi často panelové domy, které mají většinou dobrou geometrickou charakteristiku, díky vyššímu počtu pater a zároveň mají často malé stínění okolními budovami a vegetací.

3.1 Nízkoenergetický dům

3.1.1 Požadavky na nízkoenergetický dům

Jako nízkoenergetický se označuje dům který splňuje následující požadavky:

- Zajištěný přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností.
- Nejvyšší teplota vzduchu v obytné místnosti maximálně 27°C.
- Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A \leq 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Další doporučení jsou:

- Splnění požadavku na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla u jednotlivých konstrukcí podle ČSN 730540-2.
- Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- Účinnost zpětného získávání tepla z odvedeného vzduchu vyšší než 70%.
- Neprůvzdušnost obálky budovy $n_{50}=1,5$. [1]

3.1.2 Značení nízkoenergetických domů

Dům který splní požadavky se značí BD xxNE kde xx odpovídá dvoucifernému označení třídy z následující tabulky.

Měrná potřeba tepla na vytápění [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$]	Třída	Měrná potřeba tepla na vytápění [$\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$]	Třída
≤ 10	10	$> 20 - \leq 25$	25
$> 10 - \leq 12$	12	$> 25 - \leq 30$	30
$> 12 - \leq 14$	14	$> 30 - \leq 35$	35
$> 14 - \leq 16$	16	$> 35 - \leq 40$	40
$> 16 - \leq 18$	18	$> 40 - \leq 45$	45
$> 18 - \leq 20$	20	$> 45 - \leq 50$	50

Tab. 3: Třídy pro zařazení energeticky pasivních a nízkoenergetických bytových domů podle měrné potřeby tepla na vytápění [1]

3.2 Energeticky pasivní dům

3.2.1 Požadavky na energeticky pasivní dům

Aby se mohl dům označit jako energeticky pasivní dům musí splňovat následující požadavky:

- Splnění požadavku na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla u jednotlivých konstrukcí podle ČSN 730540-2 konkrétní hodnoty viz tabulka 4.
- Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.
- Zajištěný přívod čerstvého vzduchu do všech obytných místností.
- Účinnost zpětného získávání tepla z odvedeného vzduchu vyšší než 70%.
- Neprůvzdušnost obálky budovy $n_{50}=0,6$.
- Nejvyšší teplota vzduchu v obytné místnosti maximálně 27°C.
- Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.
- Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy $PE_A \leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. [1]

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	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	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

Tab. 4: Požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro převažující návrhovou teplotu 18-20°C. [5]

Popis konstrukce		Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
		Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + f_w	0,15 + 0,85· f_w
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$		
Kovový rám výplně otvoru		–	1,8	1,0
Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾		–	1,3	0,9 – 0,7
Rám lehkého obvodového pláště		–	1,8	1,2
POZNÁMKY				
1) Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m ² ·K).				
2) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m ² ·K).				
3) Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.				
4) V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.				
5) Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.				
6) Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.				
7) Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m ² ·K).				

Tab. 4: Požadované a doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla pro převažující návrhovou teplotu 18-20°C – dokončení [5]

3.2.2 Značení energeticky pasivních domů

Dům který splní požadavky se značí BD xxP kde xx odpovídá dvoucifernému označení třídy z tabulky 3.

Pokud je alespoň 50% ročního množství energie potřebné na přípravu teplé vody pokryto pomocí solárního systému a současně $PE_A \leq 30$ kWh/(m²a), tedy řešení zvláště redukuje potřebu neobnovitelných energetických zdrojů, označení se doplňuje písmenem S.

Pokud je dům vybaven zařízením na energetickou produkci (fotovoltaický systém), které jsou součástí budovy, ať již jsou použity pro vlastní spotřebu nebo dále distribuovanou produkci, v takovém rozsahu, že roční bilance potřebné dodávané energie na vstupu do budovy a vyprodukované energie stanovená v hodnotách primární

energie je vyrovná, označuje se jako energeticky nulový dům a doplňuje se písmenem N.

Pokud budova pomocí zařízení na energetickou produkci vytváří v ročním bilančním hodnocení přebytek energetické produkce, může se budova označovat jako energeticky pozitivní dům, pokud je takový přebytek ve výši nejméně 5%. Označení se doplňuje značkou N+. [1]

4 Výpočet tepelných ztrát

Výpočet je proveden bytovém domě Červenohradecká 1543-1544, 43211 Jirkov.

Situační plán je přiložen v příloze A. Fotografie objektu jsou v příloze B a v příloze C-F jsou návrhy stavby.

K určení ztrát je použit software Energie 2010 a Teplo 2010 od společnosti K-DATA s.r.o., která se zabývá prodejem a školením pro společnost Autodesk a vývojem vlastního software např. Stavební fyzika jehož jsou programy Energie a Teplo součástí.

4.1 Energie a Teplo 2010

Program Energie 2010 slouží k určení měrné tepelné ztráty a potřeby tepla na vytápění budov dle ČSN 730540-2, vyhlášky 148/2007Sb. a hodnocení nízkoenergetického standardu podle TNI 730329 a TNI 730330. Tento software umožňuje výpočet jednotlivých tepelných toků, dále vypočítá solární zisky konstrukcemi, potřebu tepla na vytápění objektu, součinitele prostupu tepla, rozdělení dodané energie na energonositele a emise CO₂. Díky všem těmto výpočtům je tento software vhodný nejen na určení tepelných ztrát objektu a potřeby tepla na vytápění, ale i na výpočty pro splnění nízkoenergetického a pasivního standardu a též pro výpočty nutné k vystavení energetického průkazu budovy.

Program Teplo 2010 je určen pro základní posouzení tepelně technické skladby konstrukce dle ČSN 730540-2 a vyhlášky 148/2007Sb. Tento software vypočítá tepelný odpor konstrukce, součinitel prostupu tepla, vnitřní povrchovou teplotu, která umožňuje určit například tepelnou pohodu v objektu. Dále určuje zdali dochází ke kondenzaci páry v konstrukci což je důležitý faktor k posouzení kvality konstrukce a určuje mimo jiné její časovou degradaci.

Oba tyto programy mají rozsáhlou nápovědu s doporučenými hodnotami a pomocné výpočty, které umožňují práci s údaji které jsou často obtížně či nákladně zjistitelné. [6]

4.2 Hodnocení energetické náročnosti

Energetická náročnost budovy je hodnocena u původního stavu, současného zatepleného stavu, původního stavu upraveného tak, aby splňoval nízkoenergetický a pasivní standard podle TNI 730330 - Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Bytové domy.

Hodnocení energetické náročnosti je provedeno v programu Energie 2010 podle platné vyhlášky o energetické náročnosti budov 148/2007Sb.

4.2.1 Údaje o bytovém domě

Bytový dům Červenohradecká 1543 a 1544, Jirkov byl postavený v roce 1988. Objekt má šest nadzemních podlaží a jedno nevytápěné podzemní podlaží. Je zde vybudováno 36 bytových jednotek ve kterých v současnosti bydlí 78 osob, objekt je vysoký 17,8m, celkově zastavená plocha činí 498,7m² a obestavěný objem je 10613,56 m³. Světlá výška podlaží je 2,5m. Orientace čelních stěn domu je severovýchodní, kde se nalézají dva vchody do budovy a jihozápadní kde se nachází jeden vchod.

4.2.2 Výpočet energetické náročnosti budovy

V programu Energie se řeší objekt pomocí zón, zóna je většinou oblast s rozdílnými vlastnostmi (například teplota) oproti řešené oblasti. Kvůli komplikovanosti se v praxi většinou používá pouze jedna zóna. Vzhledem k neznámým parametrům přilehlého domu na severozápadní straně řešeného objektu je dále používán výpočet s jednou zónou a přilehlý dům je zanedbán a boční SZ stěna je řešena stejně jako JV boční stěna.

4.2.2.1 Klimatické údaje

Klimatické údaje jsou stanoveny dle normy ČSN EN 12831 a ČSN 73 0540. V těchto normách jsou uvedeny výpočtové venkovní teploty, roční průměrné teploty, délka otopného období a množství sluneční energie. Vzhledem k dostupným údajům jsou teploty volené pro Chomutov a dopadající sluneční energie pro Cheb.

4.3 Původní stav

Původní stav z roku 1988 je hodnocený na základě energetického auditu, výkresové a technické dokumentace z roku 2004, kdy proběhlo zateplení objektu.

Následující kapitoly jsou řazeny tak jak se postupně zadávají do Energie a jsou uvedeny všechny zadávané hodnoty pro reprodukovatelnost výpočtů.

4.3.1.1 Základní popis zóny

Návrhová teplota je 20°C dle ČSN EN 12831, nevytápěné prostory jsou řešeny zvlášť.

Celkový obestavěný objem zóny je 10613,56 m³ a objem vzduchu v zóně je dle běžných hodnot 80% objemu.

Vnitřní tepelná kapacita zóny je zvolena dle ČSN EN ISO 13790 jako hodnota pro středně těžké konstrukce 165 kJ/K/ m².

Jelikož přesná hodnota tepelných vazeb není známa užívá se standardní hodnota vlivu tepelných vazeb podle ČSN 730540 0,1 W/m²K.

4.3.1.2 Vnitřní zisky a podlahová plocha

Zóna je vytápěna otopnou soustavou s regulací.

Celková plocha vytápěné zóny je 2592,4 m².

Podle údajů z MVRR SR č. 311/2009 Z.z. jsou stanovené následující hodnoty:

Osoby jsou přítomné v zóně 100% času, produkce tepla osobami v zóně je 3W/m².

Spotřebiče jsou zapnuté 20% času, produkce tepla spotřebiči je 3W/m².

Měrná spotřeba elektřiny na osvětlení je 17,8 kWh/m²rok s průměrnou účinností 4%.

4.3.1.3 Větrání zóny a úprava vlhkosti

Minimální násobnost výměny vzduchu v zóně dle EN 832 je 0,5 objemu vzduchu za hodinu. Návrhová výměna vzduchu je určena dle ČSN EN ISO 13789 (2008) pro nechráněný bytový dům s netěsnou obálkou na hodnotu 1,2 objemu za hodinu.

4.3.1.4 Chlazení zóny

Chlazení zóny není provedeno

4.3.1.5 Zdroje tepla

Účinnost sdílení tepla mezi prvky otopné regulace je nastavena dle běžných hodnot na 98% a účinnost distribuce tepla je nastavena na 98%.

Zdroj tepla v objektu je dálkové teplo z teplárny Prunéřov, která využívá hnědé uhlí. Účinnost výroby energie zdrojem je nastavena na 80% a účinnost regulace zdroje 95%.

4.3.1.6 Příprava teplé vody

Průměrná roční spotřeba teplé vody v zóně je 1571,3m³/rok, hodnota vychází z dostupných údajů v dokumentaci, teplota studené vody je 10°C a teplota teplé vody je 50°C, účinnost distribuce teplé vody je 80%. Zdroj teplé vody je stejný jako u zdroje tepla na vytápění s předpokládanou účinností přípravy teplé vody 95%.

4.3.1.7 Solární systémy

V původním stavu žádné solární systémy nejsou

4.3.1.8 Energonositele, primární energie a emise

Energonositele jsou elektřina, která zajišťuje energii potřebnou pro osvětlení a další pomocné energie a hnědé uhlí, které zajišťuje 100% vytápění a přípravy teplé vody, s parametry: faktor energetické přeměny: 3 a 1,2, součinitel emisí CO₂: 0,62 a 0,55 kg/kWh.

4.3.1.9 Skladba konstrukčních prvků

Skladba jednotlivých konstrukcí je uvedena od interiéru k exteriéru.

Příklad výpočtu součinitele prostupu tepla obvodové zdi:

Určí se tepelný odpor pro jednotlivé složky konstrukce R [m²K/W],

podle následujícího vzorce: $R = \frac{d}{\lambda} \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

d [m] - tloušťka stěny

λ [W/(mK)] je součinitel tepelné vodivosti dané vrstvy určený podle normy ČSN 73 0540 – 3

Keramzibeton $R_1 = \frac{0,32}{0,56} = 0,5714 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

Vápencocementová omítka $R_2 = \frac{0,01}{0,99} = 0,0101 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

Určí se celkový tepelný odpor konstrukce: $R_T = R_{si} + R_{se} + R_1 + R_2 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

$$R_T = 0,13 + 0,04 + 0,5714 + 0,101 = 0,7515 \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$$

R_{si} - odpor při prostupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [$m^2 \cdot K/W$]

určen podle normy ČSN EN ISO 13788 a má hodnotu 0,13 [$m^2 \cdot K/W$]

R_{se} - odpor při přestupu tepla z vnějšího prostředí do konstrukce, určen dle normy ČSN EN ISO 13788 a má hodnotu 0,04 [$m^2 \cdot K/W$]

Dále se vypočte součinitel prostupu tepla konstrukce U_k [$W/(m^2 K)$] :

$$U_k = \frac{1}{R_T} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$U_k = \frac{1}{0,7515} = 1,331 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Celkový součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 K)$] :

$$U = U_k + \Delta U = 1,331 + 0,1 = 1,431 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

ΔU – Korekce součinitele prostupu tepla, vliv systematických tepelných mostů dle ČSN 730540-4 a má hodnotu 0,1 – konstrukce s běžnými tepelnými mosty.

Přípustná hodnota součinitele prostupu tepla pro tento typ konstrukce $U_{reg.}$ je určena podle ČSN 73 0540.

Prvek	Materiál	Tloušťka [m]	λ [W/mK]	Součinitel prostupu tepla U [W/m²K]
Čelní stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	1,431
	Keramzibeton	0,320	0,560	
Štítová stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	1,415
	Keramzibeton	0,325	0,560	
Střecha	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,314
	Stropní železobeton	0,150	1,430	
	Minerální plst'	0,120	0,056	
	Uzavřená vzduchová mezera	0,150	0,588	
	Bednění z foše	0,025	0,180	
	Hydroizolace	0,003	0,003	
Podlaha 1.NP	Podlahové lino	0,005	0,170	1,007
	Potěr polymercementový	0,050	0,960	
	Železobeton	0,150	1,430	
	Lignopor	0,030	0,047	
	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	
Podlaha 1.PP	Betonová mazanice	0,060	1,300	1,361
	Podkladní beton	0,100	1,300	
	Ž-B základová deska	0,250	1,300	
	Hutněný štěrkopísek	0,200	0,650	

Tab. 5: Skladba konstrukcí budovy – původní stav

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	U _{reg.} [W/m ² K]
JZ čelní stěna	671,17	1,431	0,38
JV štítová stěna	226,97	1,415	0,38
SV čelní stěna	657,9	1,431	0,38
SZ štítová stěna	204,77	1,415	0,38
střecha	492,96	0,314	0,20

Tab. 6: Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí budovy – původní stav

4.3.1.10 Okna

V budově v původním stavu byla dřevěná zdvojená okna a balkonové dveře se zdvojenými skly. Rozměry, orientaci a další koeficienty udává následující tabulka. Nejvyšší přípustná hodnota součinitele prostupu tepla pro okna a průsvitné výplně je 1,8 W/m²K.

Konstrukce	U [W/m ² K]	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Ff [-]	Fc [-]	Fs [-]	Orientace
Okna 1500x1500	2,400	9,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 2100x1500	2,400	15,75	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 1500x1500	2,400	54,0	0,75	0,7	1,0	0,603	JZ
Okna 2100x1500	2,400	148,05	0,75	0,7	1,0	0,906	JZ
Balk. dveře 900x2100	2,400	45,36	0,75	0,7	1,0	0,603	JZ
Okna 2000x1500	2,400	90,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 1400x1500	2,400	42,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV

Tab. 7: Součinitel prostupu tepla, plocha a orientace oken – původní stav

g/alfa – Celková propustnost slunečního záření, hodnota je určena dle ČSN EN ISO 13790.

Ff – Korekční činitel zasklení. Hodnota je podílem průsvitné plochy okna a celkové plochy okenní konstrukce.

Fc – Korekční činitel celkového clonění. Tato hodnota je dána součinem korekčního činitele clonění, který vyjadřuje vliv prvků protisluneční ochrany (žaluzie, závěsy) na propustnost slunečního záření během otopného období, a korekčního činitele stínění okolními budovami či jinými objekty, který vyjadřuje vliv okolních budov a objektů, které převyšují hodnocený objekt.

Fs – Korekční činitel stínění. Tento činitel je dán součinem korekčního činitele stínění vodorovnými částmi (např. markýzy) a korekčního činitele stínění svislými částmi (např. lodžiové stěny)

4.3.1.11 Podlaha a suterén

Suterén je nevytápěný.

Součinitel tepelné vodivosti zeminy je dle ČSN EN ISO 13370 nastaven na hodnotu 2 W/mK což odpovídá neznámé zemině.

Činitel vlivu spodní vody Gw je v dané lokalitě brán za minimální což dle ČSN EN ISO 13370 je hodnota 1.

Plocha podlahy je 497,808 m², exponovaný obvod podlahy je 134,16 m, objem vzduchu v suterénu je 1370,78m³.

Tloušťka suterénní stěny je 0,32m a tepelný odpor je 0,6854 m²K/W. Hodnota tepelného odporu je upravena o vliv suterénních oken, která jsou započítány ve stěně. Tato úprava je zde s ohledem na lepší zohlednění jejich vlivu ve výpočetním programu Energie 2010. Výška horní hrany nad terénem je 1,13m a pod terénem 1,6m, jedná se o zprůměrované hodnoty, protože tato hodnota se na obou stranách objektu liší.

Tepelný odpor podlahy 1. NP je 0,78 m²K/W a tepelný odpor podlahy suterénu je 0,56 m²K/W.

Násobnost výměny vzduchu v suterénu je nastavena dle ČSN EN ISO 13370 na hodnotu 0,3 objemu vzduchu za hodinu.

4.3.1.12 Nevytápěné prostory

V této oblasti je počítán vliv nevytápěných prostor na tepelné ztráty, nevytápěné prostory jsou vstupní chodby a schodiště od 1. NP. až po 6. NP. Vliv schodiště v suterénu je započítán v předchozí podkapitole.

Objem vzduchu v nevytápěné oblasti je 587,989 m³, násobnost výměny vzduchu mezi interiérem a exteriérem je roven nule, aby nebyl podceněn vliv tepelné ztráty prostupem.

Násobnost výměny vzduchu mezi nevytápěným prostorem a exteriérem je dle Čl. 5.4 v ČSN EN ISO 13789 na hodnotu 5 – netěsná obálka.

Konstrukce na styku s interiérem jsou vstupní dveře do bytů o celkové ploše 66,15m² a U= 2,000 W/m²K, a stěny chodeb o celkové ploše 475,0653m² a U= 2,278 W/m²K.

Neprůsvitné konstrukce na styku s exteriérem jsou obvodové stěny s plochou 79,683m² a U= 1,431 W/m²K a střecha nad schodišti s plochou 34,293m² a U= 0,314 W/m²K.

Průsvitné konstrukce na styku s exteriérem jsou kovové vchodové dveře o celkové ploše 10,017m² a U= 5,650 W/m²K. Balkonové dveře o ploše 18,90 m² , balkonová okna

S= 22,50m² a šachetní okna S= 0,8m² součinitel prostupu tepla u těchto oken a dveří je 2,400 W/m²K.

4.3.2 Hodnocení původního stavu budovy

4.3.2.1 Výpočet energetické náročnosti budovy

Měrný tepelný tok větráním Hv: 3464,266 W/K

Měrný tok prostupem do exteriéru Hd: 4152,782 W/K

Ustálený měrný tok zeminou Hg: 270,090 W/K

Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu: 623,728 W/K

Výsledný měrný tok H: 8510,865 W/K

Průměrné vnitřní zisky: 14390 W

Teplo na přípravu TV: 262721,4 MJ/rok

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	12597,4	21865,5	29433,9	39026,6	47854,1	46355,3
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	50195,8	44697,6	33129,9	23537,2	13239,2	9268,2

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 277 kWh/(m².a)

Celková roční dodaná energie Q_{fuel}=EP: 4101,627 GJ 1139,341 MWh 439 kWh/m²

Rozdělení podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q _f [GJ/a]	Q _p [GJ/a]	CO ₂ [t/a]
elektrína	215,0	645,0	37,0
hnědé uhlí	3886,6	4663,9	593,8

Q_f je spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok,

Q_p je spotřeba primární energie pro daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok a

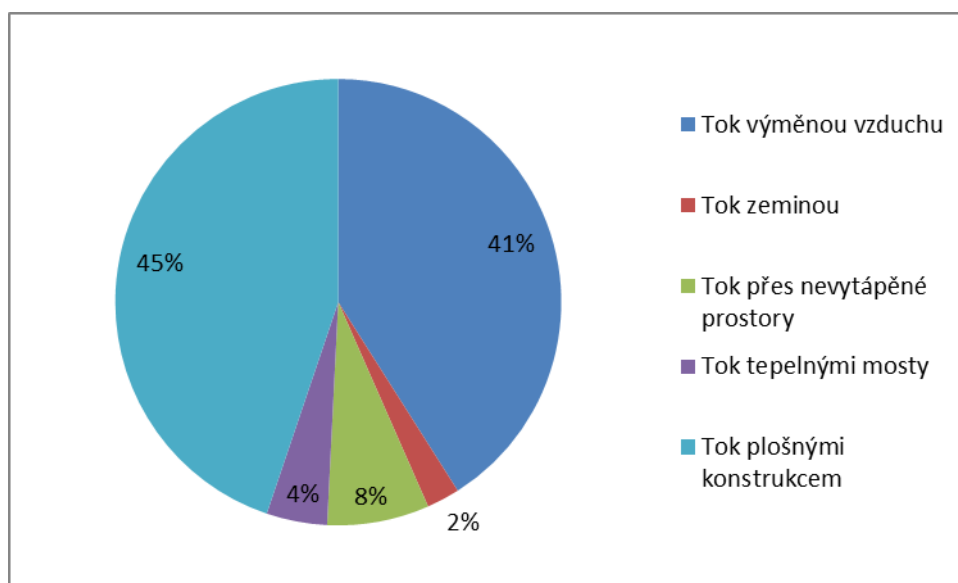
CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Celková spotřeba prim. energie za rok: 5308,970 GJ /1474,714 MWh / 569 kWh/m²

Celkové emise CO₂ za rok: 630,818 t , 243 kg/m²

Rozložení měrných tepelných toků:

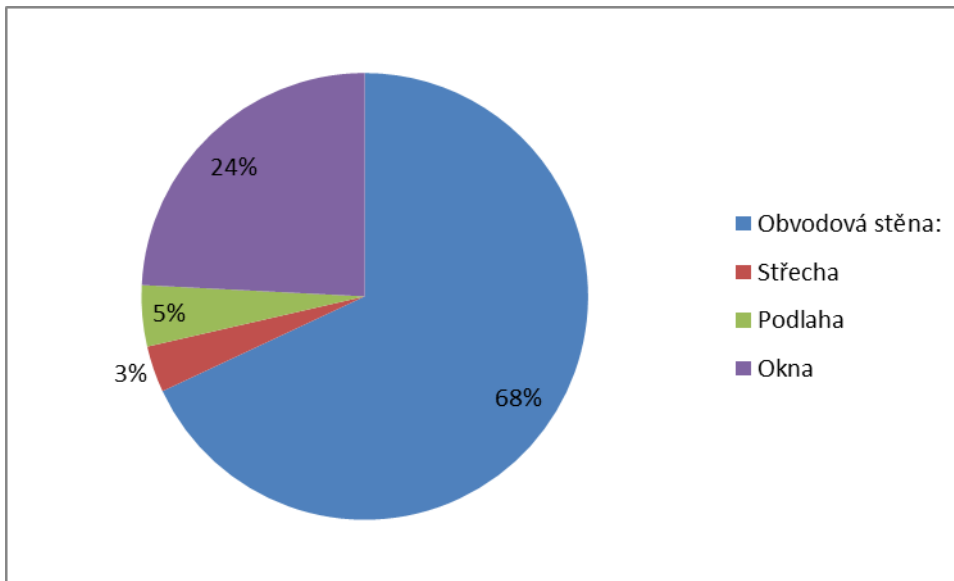
Měrný tok [W/K]	Procento [%]	
<u>Celkový měrný tok H:</u>	<u>8510,865</u>	<u>100,0 %</u>
Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	3464,266	40,7 %
Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	270,090	3,2 %
Měrný tok přes nevyt. prostory Hu:	623,728	7,3 %
Měrný tok tepelnými mosty Hd,tb:	369,696	4,3 %
Měrný tok plošnými konstrukcemi Hd,c:	3783,086	44,5 %



Graf 1: Rozložení tepelných toků – původní stav

rozložení měrných toků po konstrukcích:

	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
Obvodová stěna:	3136,543	36,9 %
Střecha:	154,789	1,8 %
Podlaha:	203,875	3,2 %
Okna:	1115,482	13,1 %



Graf 2: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – původní stav

4.3.2.2 Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Objem vytápěných zón budovy $V = 10613,6 \text{ m}^3$

Plocha ohraničujících konstrukcí $A = 3697,0 \text{ m}^2$

Převažující návrhová vnitřní teplota $T_{im}: 20,0 \text{ C}$

Návrhová venkovní teplota $T_{ae}: -15,0 \text{ C}$

Celková roční dodaná energie: 4101,627 GJ

Celková podlahová plocha budovy: 2592,4 m²

Druh budovy: bytový dům

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie, příloha F.

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§4, odst.1, bod a7)

Požadavek:

max. průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 1,37 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} > U_{em,N}$... **POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Požadavek na energetickou náročnost budovy (§3, odst.1)

Požadavek:

max. měrná spotřeba energie $EP_{A,req}$: 120 kWh/m².a

Výsledky výpočtu:

měrná spotřeba energie EP_A : 439 kWh/m².a

$EP_A > EP_{A,req}$... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Třída energetické náročnosti budovy: **G (mimořádně ne hospodárná)**

4.3.2.3 Vyhodnocení původního stavu

Tato budova v původním stavu z roku 1988 je hodnocena podle vyhlášky MPO č. 148/2007Sb. a spadá do kategorie G mimořádně ne hospodárná budova, jediná odlišnost od mnohem starších budov tohoto typu je částečně zateplená střecha minerální plstí.

Při výpočtu tohoto projektu pro účely zateplení projektantovy vyšla měrná potřeba energie budovy 338 kWh/(m².a), v mém výpočtu vyšla tato hodnota 439 kWh/(m².a), tato rozdílnost je způsobena několika faktory, například projektant nezohlednil ve výpočtu schodiště a chodby jako nevytápěné prostory. Zahrnutí se provádí dvěma způsoby, buď výpočtem, tak jak je to řešeno v této diplomové práci a nebo snížením výpočtové teploty budovy na vážený průměr teploty vytápěných a nevytápěných prostor vůči jejich ploše, výpočtová teplota budovy by byla 19,76°C. Další rozdílnost výpočtu je dána jinými a zaokrouhlenými rozměry budovy, konstrukcí a také započítání sklepních oken do konstrukcí ve vytápěné zóně. Tyto rozdílné výsledky mají vliv na další výpočet v následující kapitole věnované zateplení budovy.

Z rozložení tepelných toků je vidět že při zateplení budovy je nutné zaměřit se na zvýšení těsnosti obálky, což sníží hlavně ztráty výměnou vzduchu a na snížení součinitelů prostupu tepla u konstrukcí hlavně u obvodových stěn a také na výměnu oken

4.4 Současný zateplený stav

Zateplení objektu bylo provedeno v roce 2004.. Zateplení probíhalo hlavně na fasádních stěnách pomocí polystyrenu o tloušťce 120mm, na střeše a soklu. Dále jsou uvedeny jen podkapitoly ve kterých došlo ke změně hodnot vůči původnímu stavu

4.4.1.1 Základní popis zóny

Jelikož přesná hodnota tepelných vazeb není známa užívá se standardní hodnota vlivu tepelných vazeb podle ČSN 730540 0,02 W/m²K – důsledně optimalizované tepelné mosty.

4.4.1.2 Vnitřní zisky a podlahová plocha.

V rámci celé modernizace se zavedlo osvětlení společných prostor pomocí kompaktních zářivek s průměrnou účinností 20%.

4.4.1.3 Větrání zóny a úprava vlhkosti

Minimální násobnost výměny vzduchu v zóně dle EN 832 je 0,5 objemu vzduchu za hodinu. Návrhová výměna vzduchu je určena dle ČSN EN ISO 13789 (2008) pro nechráněný bytový dům s těsnou obálkou na hodnotu 0,5 objemu za hodinu.

4.4.1.4 Skladba konstrukčních prvků

Zateplení konstrukčních prvků spočívalo převážně v nalepení polystyrenu na obvodové stěny a zateplení střechy.

Prvek	Materiál	Tloušťka [m]	λ [W/mK]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]
Čelní stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,280
	Keramzibeton	0,320	0,560	
	Lepící stěrka	0,005	0,830	
	Fasádní polystyrén	0,120	0,039	
	Lepící stěrka	0,005	0,830	
	Tenkovrstvá omítka	0,002	0,700	
Štítová stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,280
	Keramzibeton	0,325	0,560	
	Lepící stěrka	0,005	0,830	
	Fasádní polystyrén	0,120	0,039	
	Lepící stěrka	0,005	0,830	
	Tenkovrstvá omítka	0,002	0,700	
Střecha	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,180
	Stropní železobeton	0,150	1,430	
	Minerální plst'	0,120	0,056	
	Uzavřená vzduchová mezera	0,150	0,588	
	Bednění z foše	0,025	0,180	
	Hydroizolace	0,003	0,003	
	Pěnový polystyren	0,160	0,039	
	Folie PVC	0,0015	0,160	

Tab. 8: Skladba konstrukcí budovy – zateplený stav

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	U _{reg.} [W/m ² K]
JZ čelní stěna	671,17	0,28	0,38
JV štítová stěna	226,97	0,28	0,38
SV čelní stěna	657,9	0,28	0,38
SZ štítová stěna	204,77	0,28	0,38
střecha	492,96	0,18	0,20

Tab. 9: Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí budovy – zateplený stav

4.4.1.5 Okna

V obytných prostorech byla vyměněna původní dřevěná zdvojená okna a balkonové dveře se zdvojenými skly za moderní plastová okna BASIC s izolačním trojsklem. Balkonové dveře a okna na schodišti jsou vyměněny za plastová okna BASIC s izolačním dvojsklem, ta jsou započítána v nevytápěných prostorech. Rozměry, orientaci a další koeficienty udává následující tabulka. Nejvyšší přípustná hodnota součinitele prostupu tepla pro okna a průsvitné výplně je $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Konstrukce	U [W/m ² K]	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Ff [-]	Fc [-]	Fs [-]	Orientace
Okna 1500x1500	0,70	9,0	0,70	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 2100x1500	0,70	15,75	0,70	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 1500x1500	0,70	54,0	0,70	0,7	1,0	0,603	JZ
Okna 2100x1500	0,70	148,05	0,70	0,7	1,0	0,906	JZ
Balk. dveře 900x2100	0,70	45,36	0,70	0,7	1,0	0,603	JZ
Okna 2000x1500	0,70	90,0	0,70	0,7	1,0	1,0	SV
Okna 1400x1500	0,70	42,0	0,70	0,7	1,0	1,0	SV

Tab. 10: Součinitel prostupu tepla, plocha a orientace oken – zateplený stav

4.4.1.6 Podlaha a suterén

Byla zateplena suterénní stěna polystyrenem o tloušťce 120mm. Tloušťka suterénní stěny je 0,44m a tepelný odpor je $3,400 \text{ m}^2\text{K/W}$.

4.4.1.7 Nevytápěné prostory

Násobnost výměny vzduchu mezi nevytápěným prostorem a exteriérem je dle Čl. 5.4 v ČSN EN ISO 13789 na hodnotu 1 – těsná obálka s malými ventilačními otvory.

Neprůsvitné konstrukce na styku s exteriérem byly zatepleny a hodnoty součinitelů prostupu tepla se zlepšili u obvodových stěn na $U= 0,280 \text{ W/m}^2\text{K}$ a u střechy nad schodišti na $U= 0,180 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Průsvitné konstrukce na styku s exteriérem jsou nyní plastové vchodové dveře $U= 1,400 \text{ W/m}^2\text{K}$. Balkonové dveře, balkonová okna a šachetní okna, která mají po výměně za plastová okna a dveře s izolačním dvojsklem, součinitel prostupu tepla $U= 1,200 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.4.2 Hodnocení zatepleného stavu budovy

4.4.2.1 Výpočet energetické náročnosti budovy

Měrný tepelný tok větráním Hv: 1443,444 W/K

Měrný tok prostupem do exteriéru Hd: 1012,098 W/K

Ustálený měrný tok zeminou Hg: 208,617 W/K

Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu: 237,012 W/K

Výsledný měrný tok H: 2901,172 W/K

Průměrné vnitřní zisky: 13556 W

Teplo na přípravu TV: 262721,4 MJ/rok

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	11757,5	20407,8	27471,6	36424,8	44663,8	43264,9
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	46849,5	41717,7	30921,2	21968,0	12356,6	8650,3

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 60 kWh/(m².a)

Celková roční dodaná energie Q_{fuel}=EP: 1321,856 GJ 367,185 MWh 142Wh/m²

Rozdělení podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q _f [GJ/a]	Q _p [GJ/a]	CO ₂ [t/a]
elektřina	215,4	646,1	37,1
hnědé uhlí	1106,5	1327,8	169,0

Q_f je spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok,

Q_p je spotřeba primární energie pro daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok a

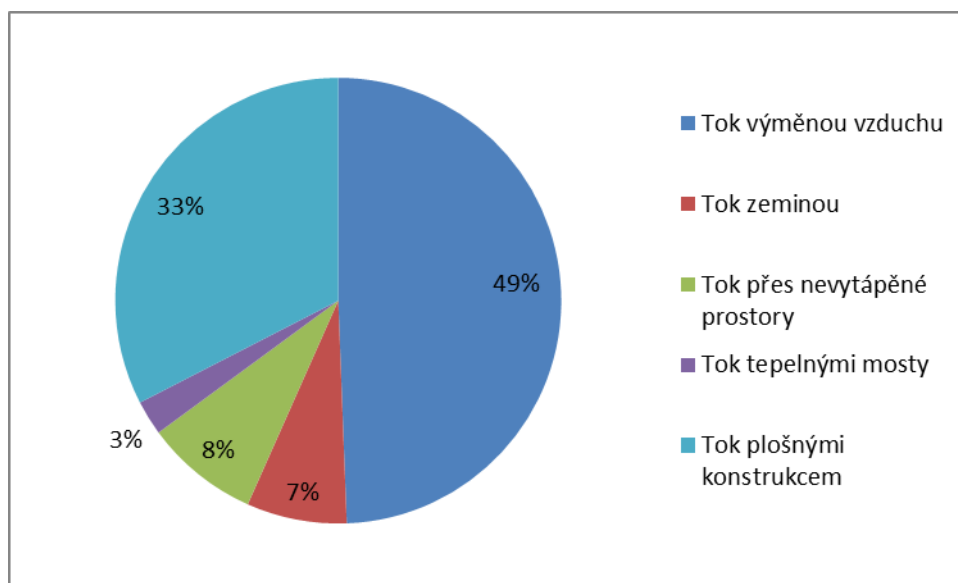
CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Celková spotřeba prim. energie za rok: 1973,927 GJ /548,313 MWh / 212 kWh/m²

Celkové emise CO₂ za rok: 206,140t , 80 kg/m²

Rozložení měrných tepelných toků:

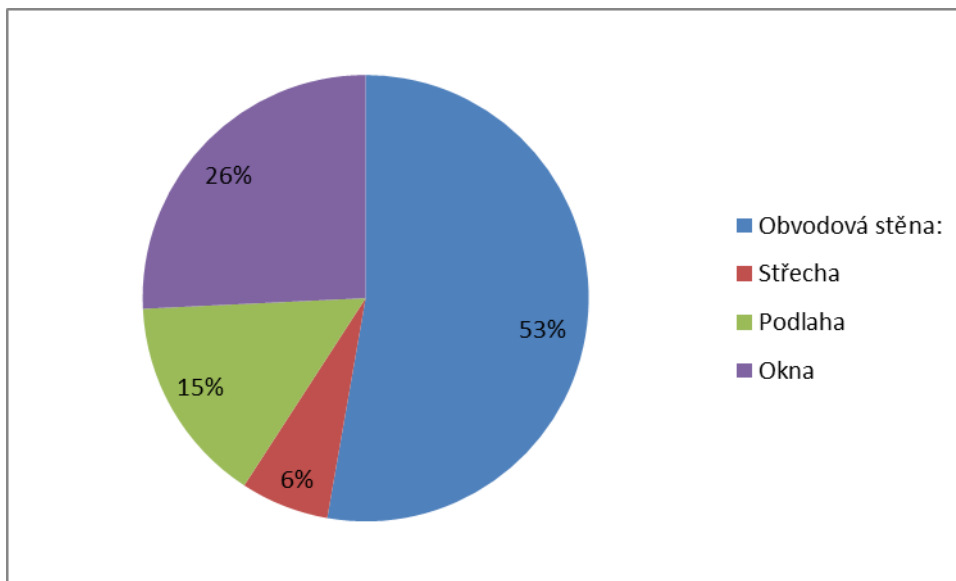
Měrný tok [W/K]	Procento [%]	
Celkový měrný tok H:	2901,172	100,0 %
Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	1443,444	49,8 %
Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	208,617	7,2 %
Měrný tok přes nevyt. prostory Hu:	237,012	8,2 %
Měrný tok tepelnými mosty Hd,tb:	73,939	2,5 %
Měrný tok plošnými konstrukcemi Hd,c:	938,159	32,3 %



Graf 3: Rozložení tepelných toků – zateplený stav

rozložení měrných toků po konstrukcích:

	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
Obvodová stěna:	730,040	25,2 %
Střecha:	88,733	3,1 %
Podlaha:	208,617	7,2 %
Okna:	356,399	12,3 %



Graf 4: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – zateplený stav

4.4.2.2 Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Objem vytápěných zón budovy $V = 10613,6 \text{ m}^3$

Plocha ohraničujících konstrukcí $A = 3697,0 \text{ m}^2$

Převažující návrhová vnitřní teplota $T_{im} = 20,0 \text{ C}$

Návrhová venkovní teplota $T_{ae} = -15,0 \text{ C}$

Celková roční dodaná energie: 1321,856 GJ

Celková podlahová plocha budovy: 2592,4 m²

Druh budovy: bytový dům

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§4, odst.1, bod a7)

Požadavek:

max. průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} < U_{em,N}$... **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Splnění požadavků na součinitel prostupu tepla pro dílčí obalové konstrukce

vyžaduje současně, aby hodnota U_{em} nepřekročila limit odvozený z požadavků
pro dílčí konstrukce $U_{em,req} = \frac{\sum(A \cdot U_{req})}{\sum(A)} + 0,06 = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $U_{em} < U_{em,req} \dots$ **LIMIT JE DODRŽEN.**

Požadavek na energetickou náročnost budovy (§3, odst.1)

Požadavek:

max. měrná spotřeba energie $EP_{A,req}$: 120 kWh/m².a

Výsledky výpočtu:

měrná spotřeba energie EP_A : 142 kWh/m².a

$EP_A > EP_{A,req} \dots$ POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.

Třída energetické náročnosti budovy: **D (nevyhovující)**

4.4.2.3 Vyhodnocení současného zatepleného stavu

Tato budova v zatepleném stavu z roku 2004 je hodnocena podle vyhlášky MPO č. 148/2007Sb. a spadá do kategorie D nevyhovující.

Při výpočtu tohoto projektu po zateplení projektantovy vyšla měrná potřeba energie budovy 117 kWh/(m².a), tudíž třída energetické náročnosti budovy C dle MPO č. 148/2007Sb., což je vyhovující. V mém výpočtu vyšla tato hodnota 142 kWh/(m².a) třída D, nevyhovující stav, tato rozdílnost je již vysvětlena v kapitole 4.3.2.3 Vyhodnocení původního stavu. Jak je patrné při podrobnějším výpočtu jsou rozdílnosti větší, až mohou ovlivňovat důležitá kritéria pro stavbu.

Zateplení pláště budovy a výměna oken snížila spotřebu energie na vytápění zhruba na pětinu a celkovou spotřebu energie na třetinu.

Z rozložení tepelných toků je vidět, že pro následující nízkoenergetický stav je nutné se zaměřit na v současnosti nezateplené konstrukce a výměnu vzduchu.

4.5 Měření zatepleného stavu IR kamerou

Pro zhodnocení reálného stavu objektu jsem 7.2 2013 provedl měření IR kamerou FLIR T355. Venkovní teplota byla -10°C , tato teplota je vhodná pro měření izolačních vlastností budov. Měření termokamerou umožňuje rychle a bezkontaktně prozkoumat objekt a odhalit místa zvýšených teplených ztrát.

4.5.1 IR kamera FLIR T335

Kamera FLIR T335 je termovizní kamera, která spadá do kategorie střední profesionální třídy.

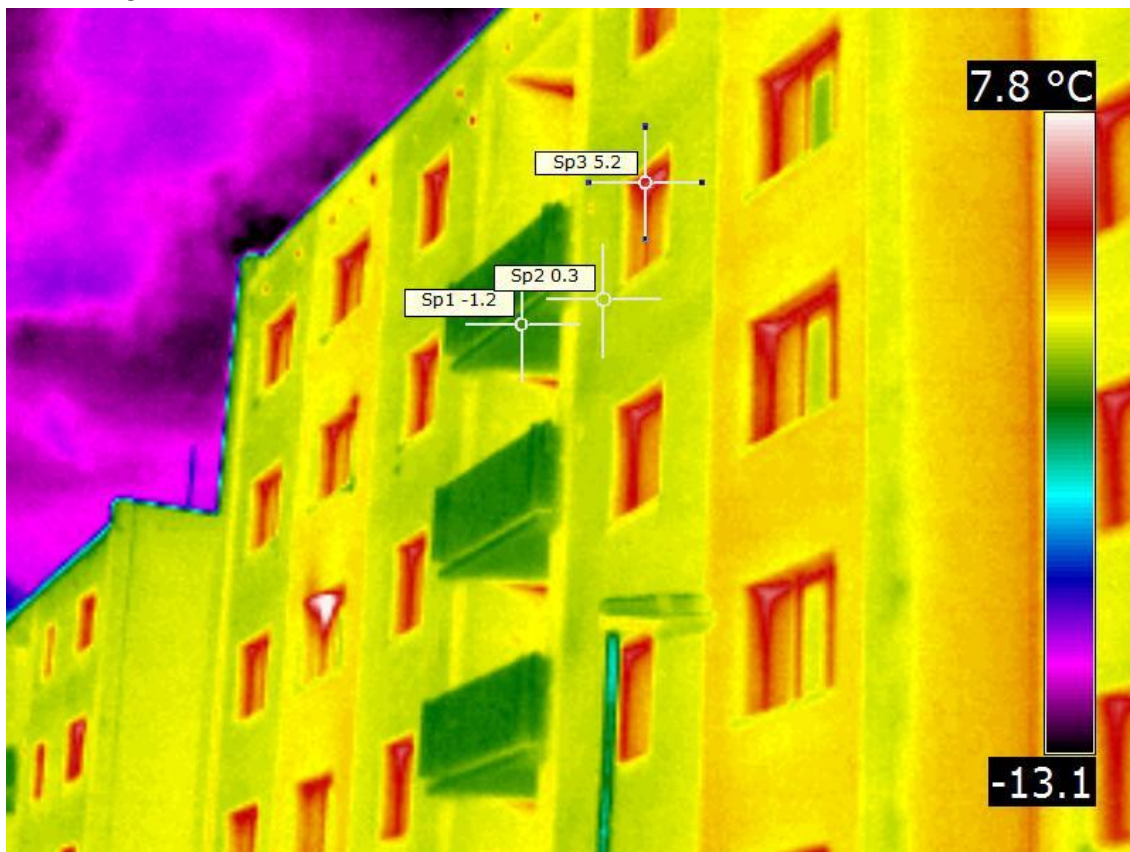
Kamera má malou hmotnost (880g) a plně přenositelná. Je vhodná i na delší měření díky velké výdrž (4h) akumulátoru. Kamera má speciální design, který umožňuje snadné měření a ovládání jednou rukou. Tato kamera má velmi dobré krytí které umožňuje měření i ve venkovním prostředí za nepříznivého počasí. Rozsah pracovních teplot je -15°C až 50°C . Rozsah měřených teplot při použití optického filtru je -20°C až 1100°C .

Hlavní předností této kamery je vestavěná digitální kamera (3,1Mpix), která umožňuje automatické prolínání termovizního obrazu spolu s video obrazem přímo v kameře, což usnadňuje práci při vyhledávání měřených závad.

Vybavením kamery je též bluetooth, které umožňuje bezdrátově komunikovat s externím víceúčelovým měřicím přístrojem Extech EX845.

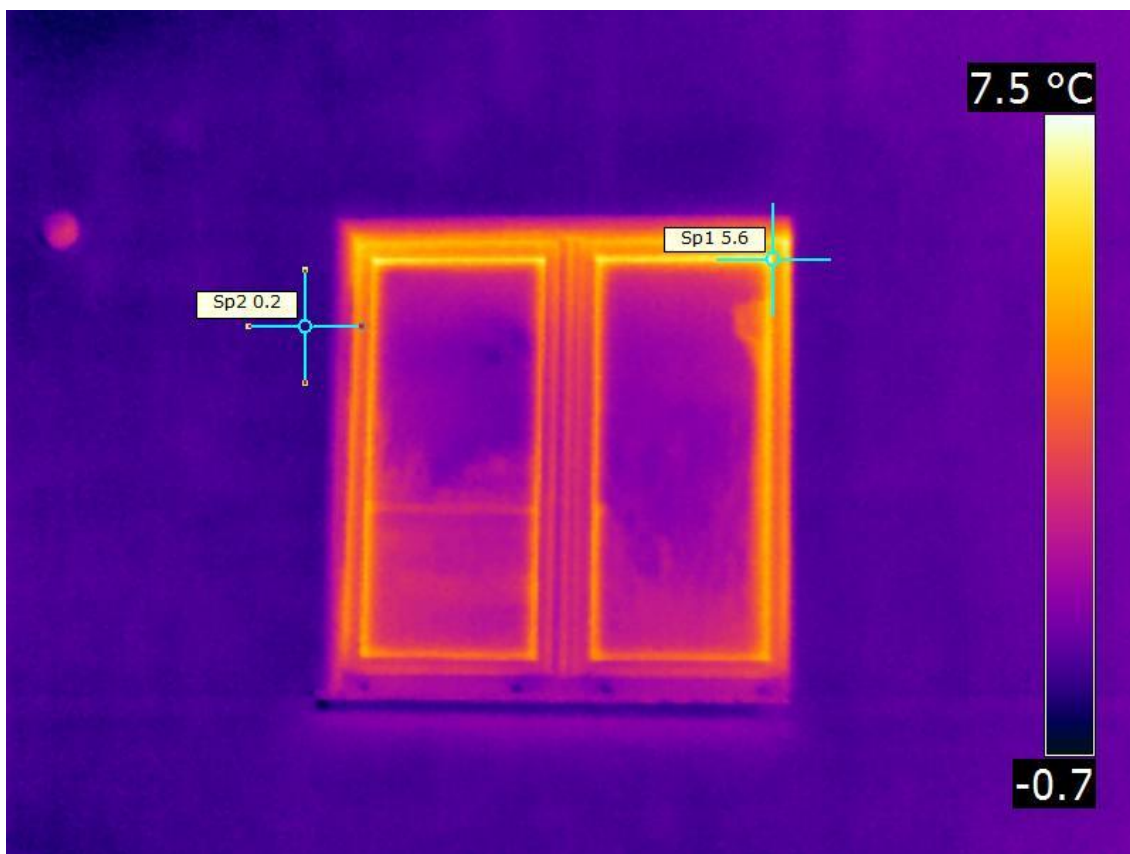
Kamera a software umožňují velmi kvalitní úpravu snímku a jejich vyhodnocení. K dispozici jsem měl veřejně přístupný software FLIR QuickReport, který umožňuje měnit paletu, rozsah teplot na snímku, dále umožňuje bodově či plošně zjišťovat teploty na snímcích, vkládat poznámky, nastavit alamy, které automaticky zvýrazní problémové oblasti dle nastavení. [7]

4.5.2 Vyhodnocení měření



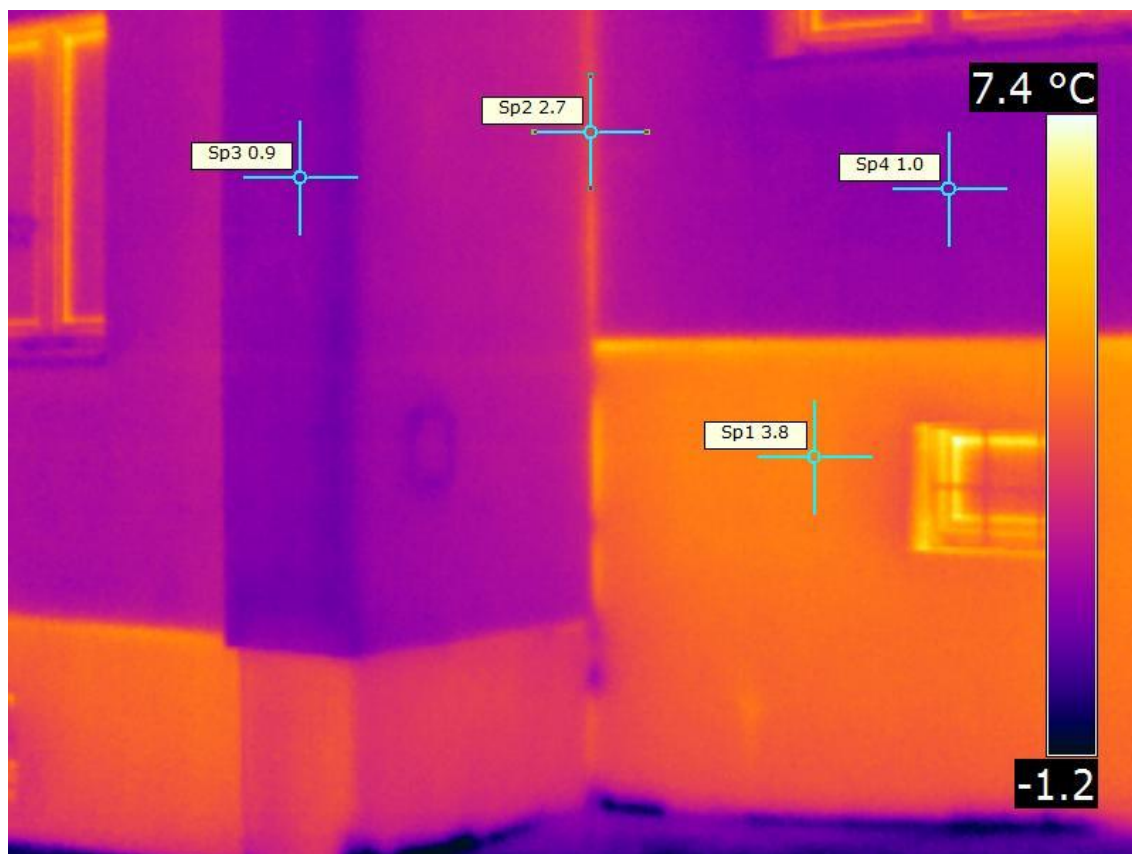
Obr.2: Tepelné ztráty na plášti budovy

Na tomto snímku jsou patrné tepelné ztráty v okolí rámců oken a prochládlá konstrukce balkonu, která ochlazuje vnitřní prostředí bytu.



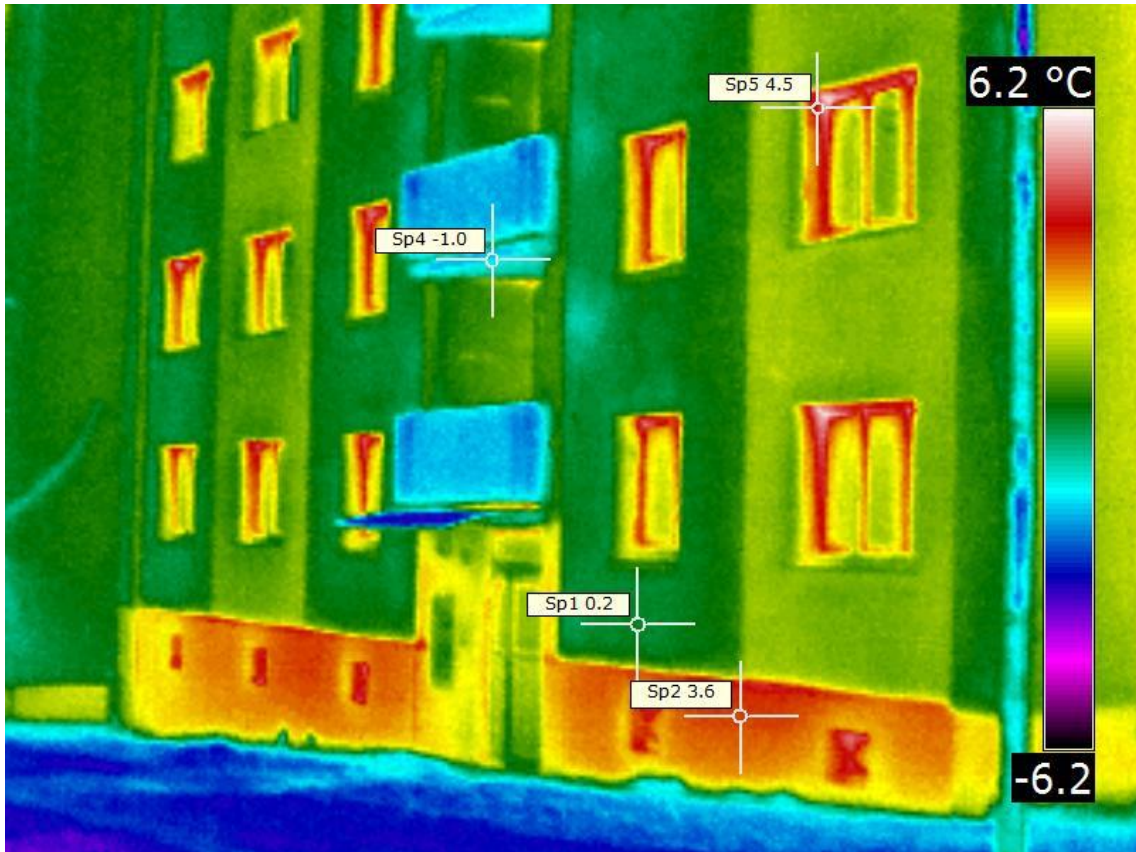
Obr.3: Tepelné ztráty oken

Ztráty spárami oken jsou převážně způsobeny jejich zasazením.



Obr.4: Tepelný most

Zde je vidět tepelný most na spoji dvou konstrukcí, teplota mostu je zhruba o 1,7°C vyšší než povrchová teplota izolace. Výraznější tepelná ztráta je vidět na soklu budovy kde je rozdíl 2,8°C oproti izolaci budovy.



Obr.5: Tepelné ztráty celé budovy

Změnou palety rozložení teplot jsou zvýrazněny jednotlivé typy tepelných ztrát. Nejvýraznější tepelné ztráty při venkovní teplotě -10°C jsou tepelné ztráty kolem oken až $5,6^{\circ}\text{C}$ při povrchové teplotě izolace 0°C a na soklu budovy $3,6^{\circ}\text{C}$. Ztráty kolem oken se často eliminují vysazením oken do roviny s izolací pláště a dotěsněním spár kolem oken. Ztráty skrz nadzemní části sklepních prostor by se daly odstranit dalším zateplením.

4.6 Nízkoenergetický dům

Pro dosažení nízkoenergetického standardu je nutné snížit potřebu tepla na vytápění E_A pod $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, toho se dosáhne lepším zateplením pláště budovy. Dále je nutno zajistit přívod čerstvého vzduchu do všech pobytových místností, například zabudováním vzduchotechniky. V následujících kapitolách jsou uvedeny změny oproti současnému zateplenému stavu.

4.6.1.1 Větrání zóny a úprava vlhkosti

Pro dosažení nízkoenergetického standardu budovy je použito nucené větrání pomocí vzduchotechnické jednotky DUPLEX – NS 1500. Jsou voleny dvě z důvodu dodržení požárních zón, každá jednotka by měla být umístěná na střeše budovy nad jedním vchodem poblíž vertikálních svodů.

Objem přiváděného a odváděného vzduchu je spočten podle počtu osob a jejich výskytu v zóně ze vzorce:

$$V_t = O \times M \times P [1/h]$$
$$V_t = 78 \times 25 \times 0,7 = 1365 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

O – počet osob v domě

M – Množství čerstvého vzduchu pro jednu osobu [m^3/h]

P – Předpokládaná přítomnost osob

Tento způsob výpočtu reflektuje reálné užívání obytných prostor, kde bude vyměňován vzduch přes VZT, na rozdíl od výpočtu počítaným přes objem prostor a minimální hygienickou výměnu z čehož by byl výsledek velmi předimenzovaného vzduchotechnického zařízení.

Násobnost výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa je určena z ČSN 832 na hodnotě 1,5. Podle TNI 730330 se pro hodnocení nízkoenergetických a energeticky pasivních bytových domů uvažuje hodnota součinitelů větrné expozice $e = 0,07$, $f = 15$.

Nejnižší účinnost zpětného získávání tepla díky protiproudému rekuperačnímu výměníku je 79,4%, pro potřeby výpočtu podle TNI 73 0330 se zadává do výpočtu hodnota o 10% nižší.

Příkon ventilátorů s proměnnými otáčkami je u přívodního ventilátoru 280 W a u odvodního ventilátoru 280, celkový příkon ventilátorů je 1120 W.

4.6.1.1.1 Popis vzduchotechnické jednotky a rozvodu vzduchu

Vzduchotechnické jednotky DUPLEX od firmy ATREA s.r.o. jsem volil z osobní zkušenosti a přístupnému softwaru pro návrh těchto jednotek.

Systém je nastaven jako rovnotlaký při stejném množství přivedeného a odvedeného vzduchu.

Při přívodu a odvodu vzduchu 2x 700m³/h se jako nejlépe dimenzované nástřešní jednotky jeví DUPLEX – NS 1500 o rozměrech 1960x1310x475 a hmotnosti 227 kg s automatickou regulací. Tyto jednotky jsou vybaveny protiproudým výměníkem, který umožňuje velmi efektivní předávání tepla z odvedeného vzduchu do přivedeného vzduchu.

VZT je dimenzována na přívod vzduchu o teplotě 20°C, při nízkých teplotách venkovního vzduchu je zařízení vybaveno externím elektrickým přehřívákem vzduchu o příkonu 1,4 kW.

Další vybavení jednotky je by-passová klapka, která umožňuje obtok rekuperátoru například v letním období.

Filtrace přivedeného vzduchu je pomocí filtrů třídy G4, což jsou filtry určené pro záchyt částic větších než 3 mikrony, zádržnost dle EN 779 je v rozmezí 90-95%. Díky přiváděnému filtrovanému vzduchu o teplotě 20°C je zajištěn vysoký komfort obyvatel budovy a zároveň zdravější, méně prašné prostředí, než v případě klasického větrání okny a zároveň se potřeba tepla na výměnu vzduchu sníží.

Rozvod vzduchu je veden od jednotky třemi vertikálními svody do každého bytu, kde jsou přívodní rozvody vedené do obývacího pokoje, ložnice a kuchyně zakončené talířovými ventily, které umožňují přesnou regulaci na daném místě dle potřeby. Odtahové vyústky jsou z koupelny a toalety, pro montáž všech vyústku je z praktického a estetického hlediska nutno dát na stropy sádkartonové podhledy. [8]

4.6.1.2 Skladba konstrukčních prvků

Pro splnění nízkoenergetického standartu je podmínka, že měrná potřeba tepla na vytápění E_A musí být nižší než 50 kWh/(m²a) a je dáno doporučení, aby průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcemi byl $U_{em} \leq 0,35$ W/(m²K). Z těchto důvodů navrhu zateplení budovy zdvojnásobením šířky polystyrenu než byl použit při zateplení v roce 2004. Díky této změně zateplené konstrukce dosahují na hodnoty požadované pro nízkoenergetický standart viz tab. 4.

Prvek	Materiál	Tloušťka [m]	λ [W/mK]	Součinitel prostupu tepla U [W/m ² K]
Čelní stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,160
	Keramzibeton	0,320	0,560	
	Lepící sěrka	0,005	0,830	
	Fasádní polystyrén	0,240	0,039	
	Lepící sěrka	0,005	0,830	
	Tenkovrstvá omítka	0,002	0,700	
Štítová stěna	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,160
	Keramzibeton	0,325	0,560	
	Lepící sěrka	0,005	0,830	
	Fasádní polystyrén	0,240	0,039	
	Lepící sěrka	0,005	0,830	
	Tenkovrstvá omítka	0,002	0,700	
Střecha	Vápencementová omítka	0,010	0,990	0,130
	Stropní železobeton	0,150	1,430	
	Minerální plst'	0,120	0,056	
	Uzavřená vzduchová mezera	0,150	0,588	
	Bednění z foše	0,025	0,180	
	Hydroizolace	0,003	0,003	
	Pěnový polystyren	0,320	0,039	
	Folie PVC	0,0015	0,160	

Tab. 11: Skladba konstrukcí budovy – nízkoenergetický standart

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	U _{reg.} [W/m ² K]
JZ čelní stěna	671,17	0,16	0,38
JV štítová stěna	226,97	0,16	0,38
SV čelní stěna	657,9	0,16	0,38
SZ štítová stěna	204,77	0,16	0,38
střecha	492,96	0,13	0,20

Tab. 12: Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí budovy – nízkoenergetický standart

4.6.2 Hodnocení nízkoenergetického stavu budovy

4.6.2.1 Výpočet energetické náročnosti budovy

Měrný tepelný tok větráním Hv:	445,138 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd:	745,103 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	209,613 W/K
Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu:	229,582 W/K
Výsledný měrný tok H:	1629,436 W/K
Průměrné vnitřní zisky:	13556 W
Teplo na přípravu TV:	262721,4 MJ/rok

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	11757,5	20407,8	27471,6	36424,8	44663,8	43264,9
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	46849,5	41717,7	30921,2	21968,0	12356,6	8650,3
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	17 kWh/(m².a)					

Celková roční dodaná energie Q_{fuel}=EP: 903,148 GJ 250,874 MWh 97Wh/m²

Rozdělení podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q_f [GJ/a]	Q_p [GJ/a]	CO₂ [t/a]
elektřina	278,6	535,8	48,0
hnědé uhlí	624,5	749,5	95,4

Q_f je spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok,

Q_p je spotřeba primární energie pro daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok a

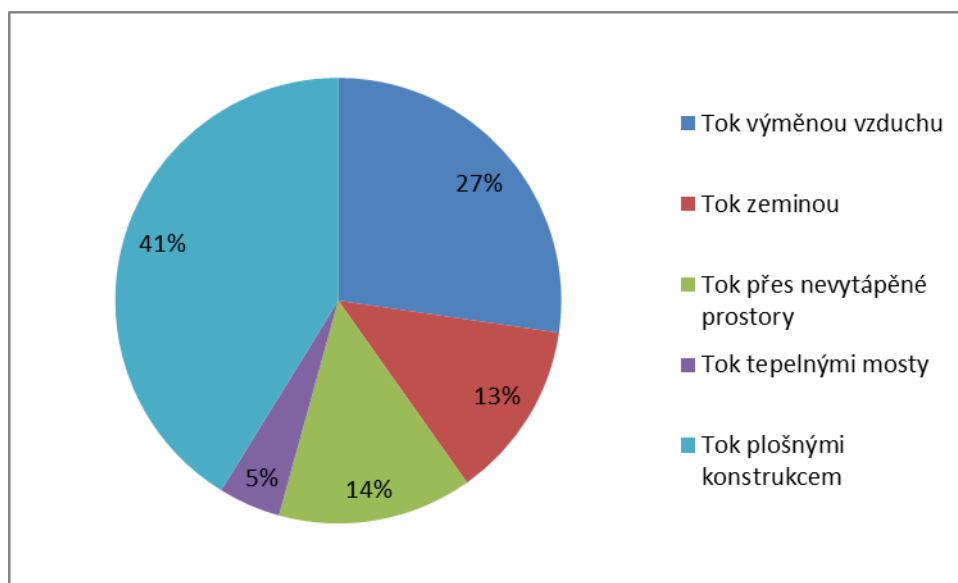
CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Celková spotřeba prim. energie za rok: 1585,268 GJ / 440,352 MWh / 170 kWh/m²

Celkové emise CO₂ za rok: 143,398t , 55 kg/m²

Rozložení měrných tepelných toků:

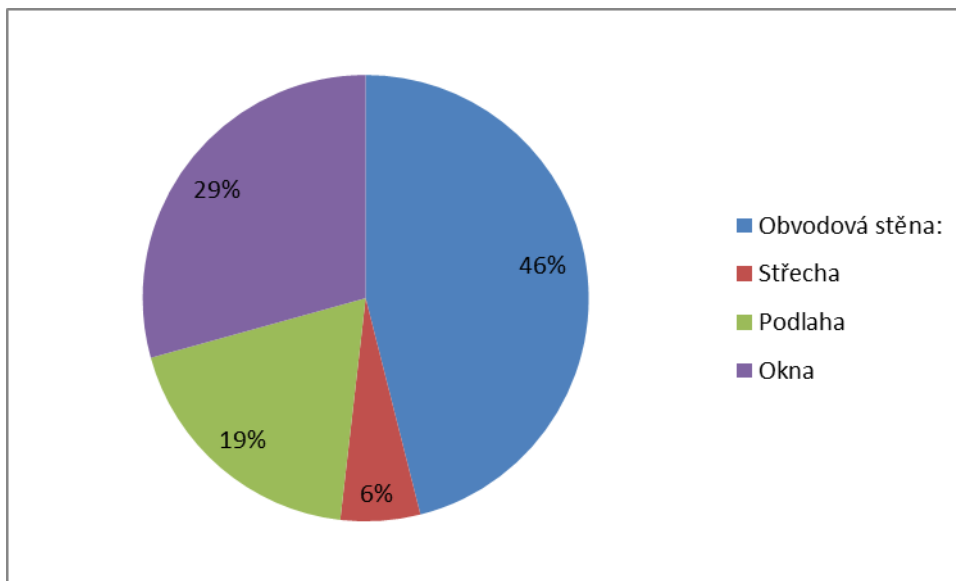
Měrný tok [W/K]	Procento [%]	
Celkový měrný tok H:	1629,436	100,0 %
Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	445,138	27,3 %
Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	209,613	12,9 %
Měrný tok přes nevyt. prostory Hu:	229,582	14,1 %
Měrný tok tepelnými mosty Hd,tb:	73,939	4,5 %
Měrný tok plošnými konstrukcemi Hd,c:	628,727	41,2 %



Graf 5: Rozložení tepelných toků – nízkoenergetický standart

rozložení měrných toků po konstrukcích:

	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
Obvodová stěna:	511,312	31,4 %
Střecha:	64,085	3,9 %
Podlaha:	209,613	12,9 %
Okna:	325,349	20,0 %



Graf 6: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – nízkoenergetický standart

4.6.2.2 Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Objem vytápěných zón budovy $V = 10613,6 \text{ m}^3$

Plocha ohraničujících konstrukcí $A = 3697,0 \text{ m}^2$

Převažující návrhová vnitřní teplota $T_{im} = 20,0 \text{ C}$

Návrhová venkovní teplota $T_{ae} = -15,0 \text{ C}$

Celková roční dodaná energie: 903,148 GJ

Celková podlahová plocha budovy: 2592,4 m²

Druh budovy: bytový dům

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§4, odst.1, bod a7)

Požadavek:

max. průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} < U_{em,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Splnění požadavků na součinitel prostupu tepla pro dílčí obalové konstrukce vyžaduje současně, aby hodnota U_{em} nepřekročila limit odvozený z požadavků

pro dílčí konstrukce $U_{em,req} = \text{Suma}(A * U_{req} * b) / \text{Suma}(A) + 0,06 = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} < U_{em,req} \dots$ **LIMIT JE DODRŽEN.**

Požadavek na energetickou náročnost budovy (§3, odst.1)

Požadavek:

max. měrná spotřeba energie $EP_{A,req}$: 120 kWh/m².a

Výsledky výpočtu:

měrná spotřeba energie EP_A : 97 kWh/m².a

$EP_A < EP_{A,req} \dots$ **POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Třída energetické náročnosti budovy: **C (vyhovující)**

4.6.2.3 Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE TNI 730330 (2009)

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy (Tab. 6, pol. 1b)

Požadavek:

... pro nízkoenergetické BD: $U_{em,max} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

... pro energeticky pasivní BD: $U_{em,max} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,31 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

$U_{em} < 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}) \dots$ **JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO NÍZKOENERGETICKÝ BD.**

Měrná potřeba tepla na vytápění (Tab. 6, pol. 6)

Požadavek:

... pro nízkoenergetické BD: $E_{A,max} = 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$

... pro energeticky pasivní BD: $E_{A,max} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$

Výsledky výpočtu:

měrná potřeba tepla na vytápění $E_A = 19 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$

$E_A < 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a}) \dots$ **JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO NÍZKOENERGETICKÝ BD.**

Měrná potřeba primární energie (Tab. 6, pol. 7)

Požadavek:

... pro energeticky pasivní BD: $PE_{A,max} = 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$

Výsledky výpočtu:

měrná potřeba primární energie $PE_{A} = 57 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$

$PE_{A} < 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$... JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO ENERGETICKY PASIVNÍ BD.

Zatřídění bytového domu

BD lze podle čl. 10.3 TNI 730330 zařadit do třídy: **BD 20NE**

4.6.2.4 Vyhodnocení nízkoenergetického stavu

Tato Budova po úpravě zateplení je hodnocena podle vyhlášky MPO č. 148/2007Sb. a spadá do kategorie C vyhovující, podle TNI 73 0330 bytový dům spadá do nízkoenergetické třídy 20 s označením BD 20NE.

Přidané zateplení pláště budovy a vzduchotechnika snížila potřebu tepla na vytápění na $19 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ podle TNI 730330 respektive na $17 \text{ kWh}/(\text{m}^2.\text{a})$ podle MPO č. 148/2007Sb., tato rozdílnost je dána hlavně změnou okrajových podmínek se kterými TNI 730330 počítá. Okrajové podmínky jsou dány jednotné aby byl jednotný systém určení kvality a technický postup provedení stavby a úprav, další změna oproti MPO je činitel teplotní redukce u oken který je $b=1$ oproti MPO který tento činitel určuje na $b=1,15$.

Přidaná vzduchotechnika oproti původnímu stavu snížila měrný tok výměnou vzduchu H_v na hodnotu $445,138 \text{ W/K}$ což je zhruba jedna třetina měrného toku u současného zatepleného stavu. Z grafu 5 je vidět, že se celkově poměr tepelného toku konstrukcemi zvýšil, což vypovídá, že se při těchto nižších hodnotách projevují více ztráty tepelnými konstrukcemi

4.7 Energeticky pasivní dům

Pro dosažení energeticky pasivního standardu je nutné splnit všechny požadavky dané normou TNI 73 0330. Oproti nízkoenergetickému standardu jsou to tyto body

- Splnění požadavku na doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla u jednotlivých konstrukcí podle ČSN 730540-2 konkrétní hodnoty viz tabulka 4.
- Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} \leq 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Neprůvzdušnost obálky budovy $n_{50}=0,6$
- Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A \leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na vytápění, přípravu teplé vody a technické systémy budovy $PE_A \leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. [1]

Pro dosažení těchto hodnot je především nutné zateplit podlahy v prvním nadzemním podlaží a v suterénu, vyměnit okna a balkonové dveře na schodištích za okna se součinitelem tepelného prostupu 0,8-0,6 čemuž odpovídají okna a balkonové dveře v bytech. Kromě dalšího zateplení je nutné snížit potřebu primární energie z neobnovitelných zdrojů, to provedu zabudováním solárních kolektorů na střechu. V následujících podkapitolách jsou uvedeny změny v programu Energie 2010 oproti Nízkoenergetickému standartu.

4.7.1.1 Solární systémy

Pro snížení potřeby primární energie domu jsou vhodné solární kolektory, které díky výšce budovy a ploché střeše mají možnost být natočené na jih bez jakéhokoliv stínění okolím. Pomocí výpočtových tabulek z programu zelená úsporám je navrhnut následující systém.

Systém solárních kolektorů se skládá z 56 kusů vakuových slunečních kolektorů typ KTU9R2 s 9 U trubicemi o rozměrech 143x197x14,1 cm, plocha apertury 2,15 m², objem kapaliny 1,37 l, optická účinnost je 0.708. [5]

Navržená soustava kolektorů zabírá plochu 120,4m², je orientovaná na jih a sklon panelů je nastaven na úhel 45°, tento úhel má nejlepší celoroční efektivitu. Soustava je schopna pokrýt 66% potřeby teplé vody za rok, zbytek teplé vody je vyroben pomocí elektrických spirál umístěných v tepelných výměnících o objemu 2x1000 l. [9]

4.7.1.2 Skladba konstrukčních prvků

Pro splnění energeticky pasivního standartu je dána podmínka na součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí viz. Tab.4. Pro obvodové stěny je hodnota součinitele prostupu tepla dána v rozmezí 0,18-0,12 W/(m²K), pro střechu je dán součinitel prostupu tepla v rozmezí 0,15-0,10 W/(m²K), tyto podmínky jsou splněné již z nízkoenergetického standartu stejně jako podmínky na součinitel prostupu tepla u oken v bytech kde je požadovaný součinitel v rozmezí 0,8-0,6 a plastová okna BASIC udávají U=0,7 W/(m²K). Požadavek na okna na balk. dveře na chodbách je do 1,7 W/(m²K) a nainstalovaná okna s izolačním dvojsklem mají U=1,2 W/(m²K).

Nyní se zaměřím na zateplení podlahy v prvním patře nad suterénem, v následující tabulce je uvedeno složení podlahy včetně dosaženého a požadovaného součinitele tepla.

Prvek	Materiál	Tloušťka [m]	λ [W/mK]	U [W/m ² K]	U _{pož.} [W/m ² K]
Podklaha 1.NP	Podlahové lino	0,005	0,170	0,29	0,30
	Polymer. potěr	0,050	0,960		
	Železobeton	0,150	1,430		
	Lignopor	0,030	0,047		
	Lepící stěrka	0,005	0,830		
	Interierový polystyren	0,120	0,039		

Tab. 13: Skladba stropu suterénu – pasivní standart

4.7.2 Hodnocení energeticky pasivního stavu budovy

4.7.2.1 Výpočet energetické náročnosti budovy

Měrný tepelný tok větráním Hv:	243 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd:	802,235 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	97,534 W/K
Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu:	229,582 W/K
Výsledný měrný tok H:	1372,406 W/K
Průměrné vnitřní zisky:	13556 W
Teplo na přípravu TV:	262721,4 MJ/rok

Celkový solární zisk konstrukcemi Q_s (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	11757,5	20407,8	27471,6	36424,8	44663,8	43264,9
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	46849,5	41717,7	30921,2	21968,0	12356,6	8650,3

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 10 kWh/(m².a)

Celková roční dodaná energie $Q_{\text{fuel}}=EP$: 496,770 GJ 137,992 MWh 53Wh/m²

Rozdělení podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q_f [GJ/a]	Q_p [GJ/a]	CO ₂ [t/a]
elektřina	310,3	931,0	53,4
hnědé uhlí	124,9	149,9	19,1
solární systémy termické dle T	61,6	3,1	---
sol.kolekt.	---	12,7	---

Q_f je spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok,

Q_p je spotřeba primární energie pro daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok a

CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Celková spotřeba prim. energie za rok: 1096,593 GJ / 304,609 MWh / 118 kWh/m²

Celkové emise CO₂ za rok: 72,525 t , 28 kg/m²

Rozložení měrných tepelných toků:

Měrný tok [W/K]	Procento [%]	
Celkový měrný tok H:	1629,436	100,0 %
Měrný tok výměnou vzduchu H_v :	243,056	17,7 %
Měrný (ustálený) tok zeminou H_g :	97,534	7,1 %
Měrný tok přes nevyt. prostory H_u :	229,582	16,7 %
Měrný tok tepelnými mosty H_d, t_b :	73,939	5,4 %
Měrný tok plošnými kcmi H_d, c :	728,296	53,1 %

rozložení měrných toků po konstrukcích:

	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
Obvodová stěna:	511,312	37,3 %
Střecha:	64,085	4,7 %
Podlaha:	97,534	7,1 %
Okna:	325,349	27,9 %

4.7.2.2 *Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.*

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Objem vytápěných zón budovy $V = 10613,6 \text{ m}^3$

Plocha ohraničujících konstrukcí $A = 3697,0 \text{ m}^2$

Převažující návrhová vnitřní teplota $T_{im}: 20,0 \text{ C}$

Návrhová venkovní teplota $T_{ae}: -15,0 \text{ C}$

Celková roční dodaná energie: $496,77 \text{ GJ}$

Celková podlahová plocha budovy: $2592,4 \text{ m}^2$

Druh budovy: bytový dům

Požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla (§4, odst.1, bod a7)

Požadavek:

max. průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N} = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} < U_{em,N}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Splnění požadavků na součinitel prostupu tepla pro dílčí obalové konstrukce vyžaduje současně, aby hodnota U_{em} nepřekročila limit odvozený z požadavků pro dílčí konstrukce $U_{em,req} = \text{Suma}(A \cdot U_{req} \cdot b) / \text{Suma}(A) + 0,06 = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{em} < U_{em,req}$... LIMIT JE DODRŽEN.

Požadavek na energetickou náročnost budovy (§3, odst.1)

Požadavek:

max. měrná spotřeba energie $EP_{A,req}: 120 \text{ kWh/m}^2\text{.a}$

Výsledky výpočtu:

měrná spotřeba energie $EP_{A}: 53 \text{ kWh/m}^2\text{.a}$

$EP_{A} < EP_{A,req}$... POŽADAVEK JE SPLNĚN.

Třída energetické náročnosti budovy: **B (úsporná)**

4.7.2.3 *Vyhodnocení výsledků posouzení podle kritérií vyhlášky MPO č. 148/2007Sb.*

VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ POSOUZENÍ PODLE TNI 730330 (2009)

Název úlohy: Červenohradecká 1543-44

Rekapitulace vstupních dat:

Podrobný výpis vstupních dat popisujících okrajové podmínky a obalové konstrukce je uveden v protokolu o výpočtu programu Energie.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy (Tab. 6, pol. 1b)

Požadavek:

... pro nízkoenergetické BD: $U_{em,max} = 0,35 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

... pro energeticky pasivní BD: $U_{em,max} = 0,30 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

Výsledky výpočtu:

průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = 0,29 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

$U_{em} < 0,30 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$... JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO ENERGETICKY PASIVNÍ BD.

Měrná potřeba tepla na vytápění (Tab. 6, pol. 6)

Požadavek:

... pro nízkoenergetické BD: $E_{A,max} = 50 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$

... pro energeticky pasivní BD: $E_{A,max} = 15 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$

Výsledky výpočtu:

měrná potřeba tepla na vytápění $E_{A} = 12 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$

$E_{A} < 15 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$... JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO ENERGETICKY PASIVNÍ BD.

Měrná potřeba primární energie (Tab. 6, pol. 7)

Požadavek:

... pro energeticky pasivní BD: $PE_{A,max} = 60 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$

Výsledky výpočtu:

měrná potřeba primární energie $PE_{A} = 31 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$

$PE_{A} < 60 \text{ kWh/(m}^2\text{.a)}$... JE SPLNĚN POŽADAVEK PRO ENERGETICKY PASIVNÍ BD.

Zatřídění bytového domu

BD lze podle čl. 10.3 TNI 730330 zařadit do třídy:

BD 14P

4.7.2.4 *Vyhodnocení energeticky pasivního stavu*

Tato budova po úpravě zateplení podlahy 1. NP je hodnocena podle vyhlášky MPO č. 148/2007Sb. a spadá do kategorie B úsporná, podle TNI 73 0330 bytový dům spadá do energeticky pasivní třídy 14 s označením BD 14P.

Zateplení podlahy 1. NP snížilo potřebu tepla na vytápění z 19 kWh/(m².a) u nízkoenergetického standartu na 12 kWh/(m².a).

Solární systém zajistil 66% roční spotřeby tepla na přípravu teplé vody, čímž razantně snížil celkovou potřebu energie a učinil tento systém více samostatný, odolný havarijním stavům. Díky tomuto systému je zajištěna dodávka teplé vody po celý rok, na rozdíl od domů které jsou závislé na dálkovém teple, kde je každý rok dvoutýdenní odstávka a v zimě se stávají havárie potrubí a je přerušena dodávka teplé vody.

Doplňkový ohřev a v zimních měsících primární ohřev elektrickými spirálami může být, díky zásobníkům na 2000l vody, provozován primárně v noci, za zvýhodněné sazby.

5 Ekonomické zhodnocení

V této kapitole je spočteno ekonomické zhodnocení jednotlivých úprav bytového domu, ceny jsou v přibližných hodnotách a toto zhodnocení má zobrazit rámcovou návratnost.

Cena tepelné energie je 399 Kč / GJ, cena elektrické energie je 4,87 Kč/ kWh uvedené ceny jsou z roku 2010.

Ceny úprav jsou jen orientační, přesné ceny jsou know-how jednotlivých firem. Jelikož není znám dodavatel, tak jsou ceny materiálů převzaty z www.e-zatepleni.cz.

5.1 Výpočet nákladů na jednotlivé stavy

Cena současného zatepleného stavu je dostupná z dokumentace a činí 5,5 mil. Kč, v této ceně je započítána i práce na stavbě a vyměněna oken, proto je tato cena považovaná jako referenční a ostatní ceny z ní vycházejí.

5.1.1 Cena nízkoenergetického stavu

Cena zateplení nízkoenergetického standartu je spočtena z ceny zateplení navýšená o rozdíl ceny materiálů. Cena polystyrenu o tloušťce 120mm je 156,02 Kč/m². Cena polystyrenu o tloušťce 240mm je 313,63 Kč/m². Cena přidaného polystyrenu na střechu je 210,06 Kč/m²

$$Cena = C_p + (S_S * \Delta P + S_{STR} * P_{STR}) [Kč]$$

$$Cena = 5500000 + (1761 * 157,61 + 493 * 210,06) = 5881110,79 Kč$$

C_p – Cena původního zateplení

S_S – Plocha stěn

ΔP – Rozdíl cen fasádních polystyrenů

S_{STR} – Plocha střechy

P_{STR} - Cena přidaného polystyrenu

K této ceně je připočtena cena vzduchotechniky, která je určena dle dostupných katalogů na cenu 388 333 Kč. za plně osazené jednotky a za další instalaci potrubí, ventilu a dalších součástí VZT 473 948 Kč.

Celková cena přechodu z nezatepleného stavu na nízkoenergetický standart je 6 393 891,79 Kč.

5.1.2 Cena pasivního stavu

Cena pasivního stavu vychází ze spočtené ceny pro nízkoenergetický stav. Tato cena je navýšena o cenu zateplení podlahy 1.NP která činí 76 917,86 Kč a o cenu solárního systému a tepelného výměníku.

Cena kolektorů je 20 927,9 Kč/ks, cena tepelného výměníku je 28 399, cena za další příslušenství k solárním kolektorům a rozvody je 983 563,6. Celková cena za solární systém je odhadnuta na 2 289 241,86 Kč vč. DPH.

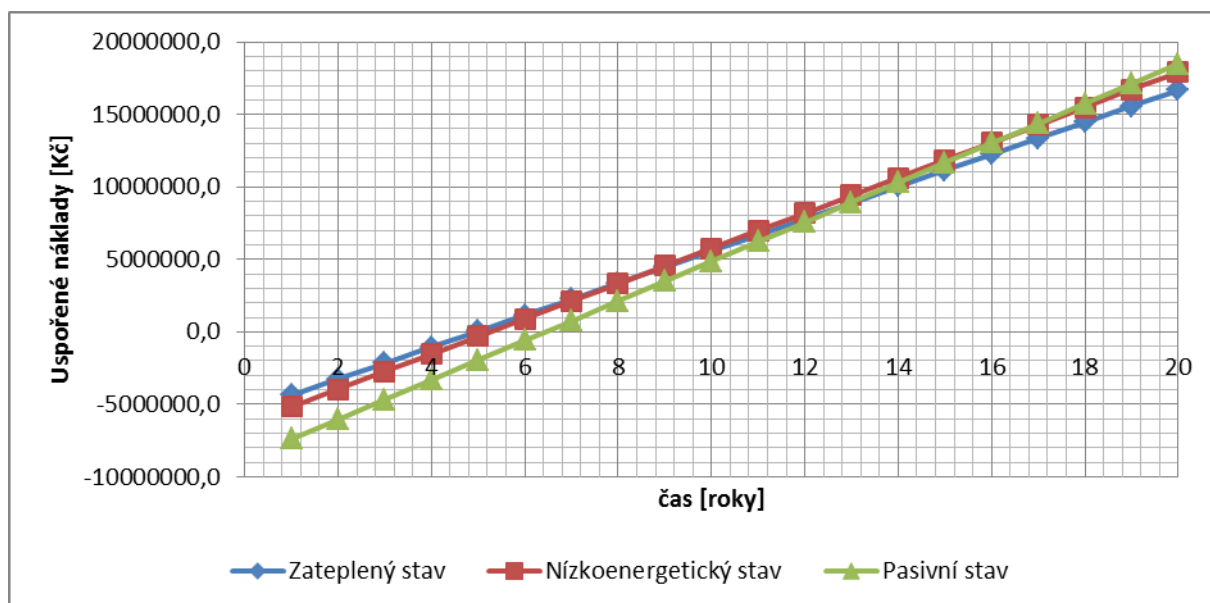
Celková cena přechodu z nezatepleného stavu na pasivní standart stojí 8 760 051,51 Kč.

5.1.3 Doba návratnosti

Stav	Cena úprav [tis. Kč]	Spotřeba elektřiny [kWh]	Spotřeba tep. E [GJ]	Cena elektřiny [Kč]	Cena tepla [Kč]	Celková cena energie[Kč]	Návrat. [Rok]
Pův.	0	59 727,00	3 886,6	290 870,5	1 550 753,4	1 841 623,9	-
Zatep.	5500	59 838,12	1 106,5	291 411,6	441 493,5	732 905,1	4,96
Nízko.	6393	77 395,08	624,5	376 914,0	249 175,5	626 089,5	5,26
Pasiv.	8760	86 201,34	149,9	419 800,5	59 810,1	47 9610,6	6,43

Tab. 14: Doba návratnosti

Následující graf zobrazuje úspory nákladů na energie jednotlivých návrhů oproti původnímu nezateplenému stavu.



Graf 13: Časový výhled úspory nákladů

6 Závěr

Ve své práci jsem se věnoval problematice nízkoenergetických a energeticky pasivních domů. Na konkrétním případě jsem počítal podle vyhlášky MPO č. 148/2007Sb. A podle TNI 73 0330 nutné úpravy domu, aby bylo dosaženo daných standardů.

Pro výpočty jsem použil software Energie 2010 ve kterém se snadno orientuje díky rozsáhlé nápovědě a velké databázi vyhlášek a norem s aktuálností pro rok 2010.

Při výpočtu zatepleného stavu se ukázalo jak moc záleží na podrobnosti výpočtu, při mém podrobnějším výpočtu vyšla energetická třída zateplení budovy D nevyhovující a takto zateplováný dům by nedosáhl na dotační fond Zelená úsporám. Přesto takto zateplený dům šetří cca 50% energií a doba návratnosti je 5 let.

Při měření IR kamerou jsem se přesvědčil o kvalitě provedeného zateplení, které vyšlo celkem dobře při venkovní teplotě -10°C byla teplota pláště budovy 0°C a teplota největších teplotních úniků 5,6°C, největší plošný únik je přes nezateplený sokl budovy kde se teplota pohybovala kolem 3,1°C po celé ploše.

Na zajištění nízkoenergetického standardu se musela zvýšit tloušťka izolace pláště a zabudovat nucené větrání pomocí vzduchotechniky, tato investice však prodlužuje dobu návratnosti na 5,26 let, ale zároveň zvyšuje komfort bydlení a přivádí čerstvý filtrovaný vzduch do objektu. Tato doba návratnosti je jen hrubý odhad, bez započítání nákladů na údržbu, pojištění, atd.

Energeticky pasivní standard vyžaduje oproti nízkoenergetickému standardu zateplení suterénního stropu, aby se zamezilo únikům tepla skrz suterén. Pro snížení energetické náročnosti budovy jsem ještě navrhl solární kolektory pro výrobu teplé užitkové vody aby byly splněné podmínky podle normy TNI 73 0330 na požadovanou úroveň spotřeby energie. Solární kolektory zabírají zhruba $\frac{1}{4}$ plochy střechy takže by se tam mohly zabudovat i solární panely na výrobu elektrické energie, ale vzhledem k pomnutí velmi výhodných dotací a nepříliš vhodné lokalitě jsem tento systém nenavrhl. Návratnost tohoto systému je zhruba 6,43 let. Stejně jako u nízkoenergetického stavu ani u této doby návratnosti nejsou započítány vícenáklady.

Z výpočtu vyplývá, že dlouhodobě nejvýhodnější jsou investice do nízkoenergetického a pasivního standartu, které přinášejí za dvacet let větší úspory než zateplení, ovšem nejsou v nich zohledněné náklady na údržbu vzduchotechnických zařízení a solárních kolektorů.

Seznam použité literatury

- [1] TNI 73 0330: Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou spotřebou tepla na vytápění – Bytové domy. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha2010
- [2] PLECHÁČ, František, Zákon o hospodaření energií Zákon, provádějící předpisy, komentáře. *Vyhláška 148/2007 Sb.* GAS s.r.o. Praha 2008
- [3] Energetický audit, Průkaz energetické náročnosti budovy [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
< <http://www.energeticke-prukazy.cz/energeticky-prukaz.php>>
- [4] Tzbinfo [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
< <http://www.tzb.info.cz/> >
- [5] ČSN 73 0540-2: Tepelná ochrana budov. Český normalizační institut, 2007
- [6] K-data [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
< <http://www.kdata.cz/>>
- [7] Katedra elektroenergetiky a ekologie, fakulta elektrotechnická, Západočeská univerzita [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
<<http://www.kee.zcu.cz/>>
- [8] Atrea [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
<<http://www.atrea.cz/>>
- [9] Regulus [online]. 2013 [cit. 6.5.2013]. Dostupný z WWW
<<http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-ktu9r2>>

Seznam grafů

Graf 1: Rozložení tepelných toků – původní stav.....	31
Graf 2: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – původní stav.....	32
Graf 3: Rozložení tepelných toků – zateplený stav.....	38
Graf 4: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – zateplený stav.....	39
Graf 5: Rozložení tepelných toků – nízkoenergetický stav.....	50
Graf 6: Rozložení tepelných toků po konstrukcích – nízkoenergetický stav.....	51
Graf 7: Časový výhled úspory nákladů.....	61

Seznam obrázků

Obr. 1: Průkaz energetické náročnosti budovy	15
Obr. 2: Tepelné ztráty na plášti budovy	42
Obr. 3: Tepelné ztráty oken	43
Obr. 4: Tepelný most	44
Obr. 5: Tepelné ztráty celé budovy	45

Seznam tabulek

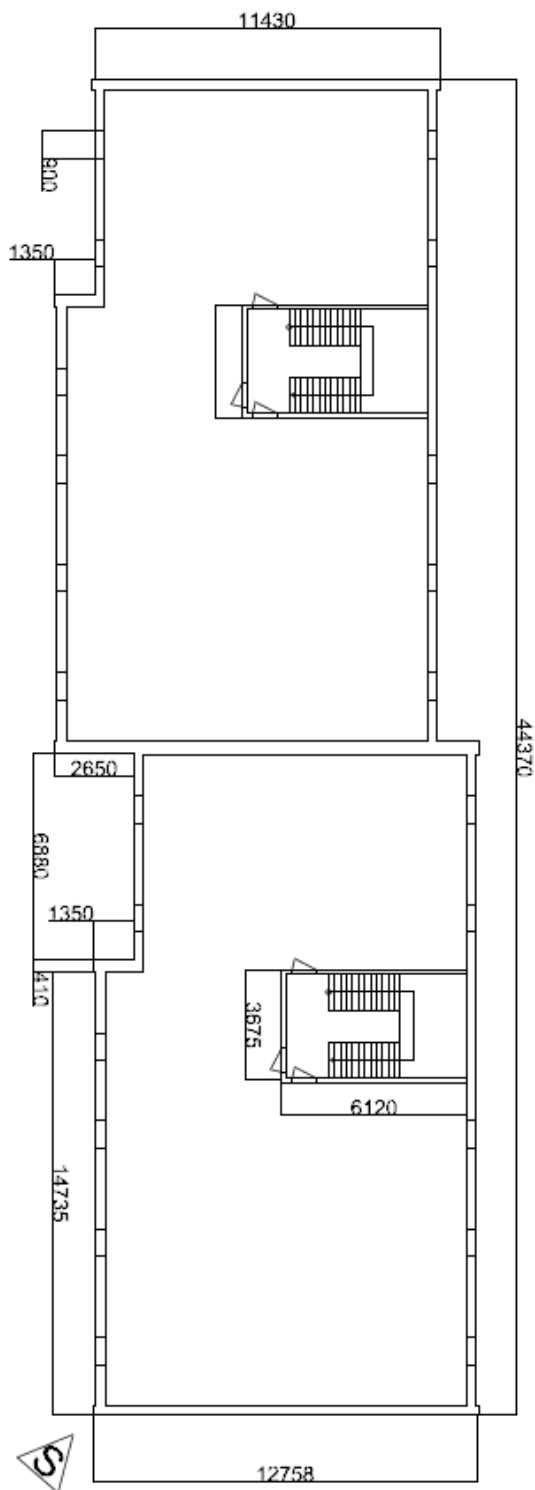
Tab. 1: Třídy energetické náročnosti budov	14
Tab. 2: Slovní vyjádření energetické náročnosti budov.....	14
Tab. 3: Třídy pro zařazení energeticky pasivních a nízkoenergetických budov.....	17
Tab. 4: Požadované a doporučené hodnoty součinitele tepla.....	20
Tab. 5: Skladba konstrukcí budovy – původní stav	27
Tab. 6: Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí – původní stav	28
Tab. 7: Součinitele prostupu tepla, plocha a orientace oken – původní stav.....	28
Tab. 8: Skladba konstrukcí budovy – zateplený stav	35
Tab. 9: Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí – zateplený stav	35
Tab. 10: Součinitele prostupu tepla, plocha a orientace oken – zateplený stav	36
Tab. 11: Skladba konstrukcí budovy – nízkoenergetický stav	48
Tab. 12: Součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí – NE stav	48
Tab. 13: Skladba stropu suterénu	55
Tab. 14: Doba návratnosti	61

Seznam příloh

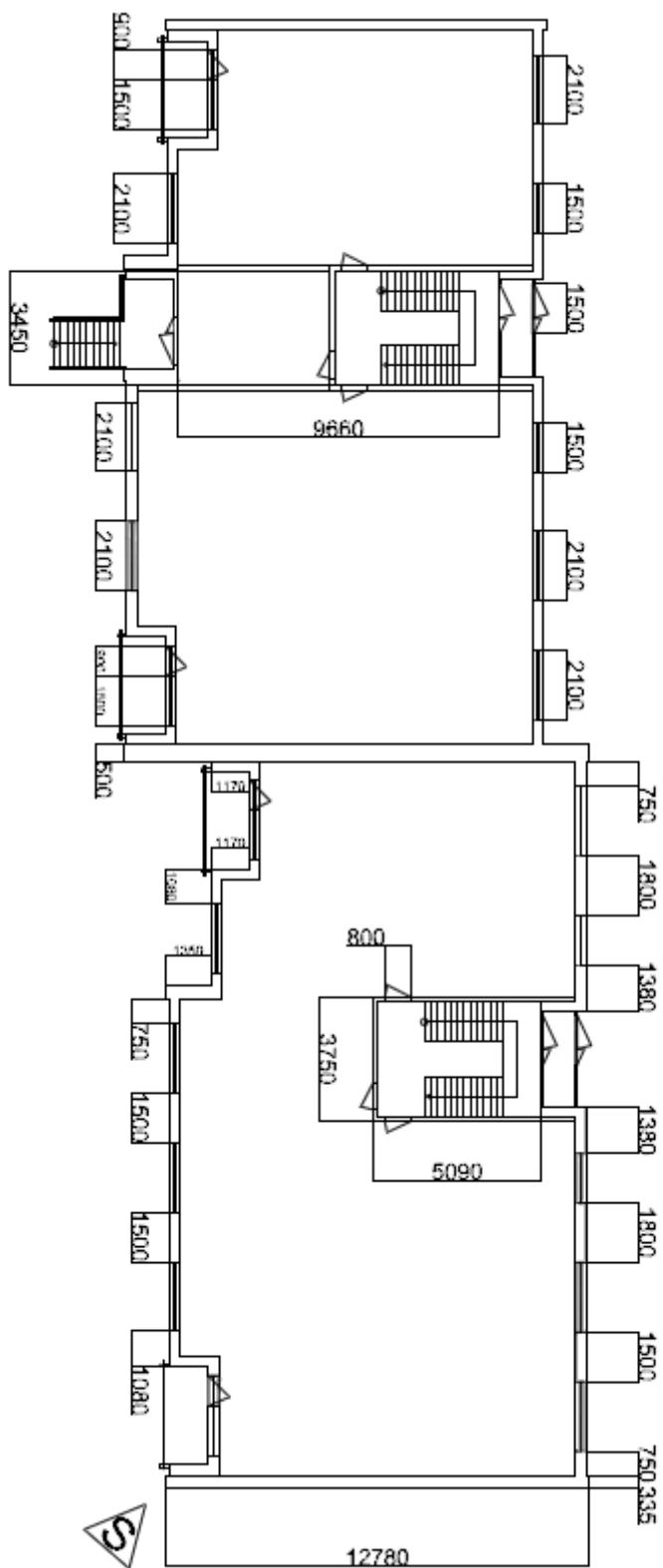
Příloha A: Situační plán.....	66
Příloha B: Fotografie bytového domu	67
Příloha C: Půdorys objektu - suterén	68
Příloha D: Půdorys objektu – 1.NP.....	68
Příloha E: Půdorys objektu – 2-6. NP.....	69
Příloha F: Řez objektu	70
Příloha G: Podrobný protokol původního stavu objektu	71

Příloha C: Půdorys objektu – suterén

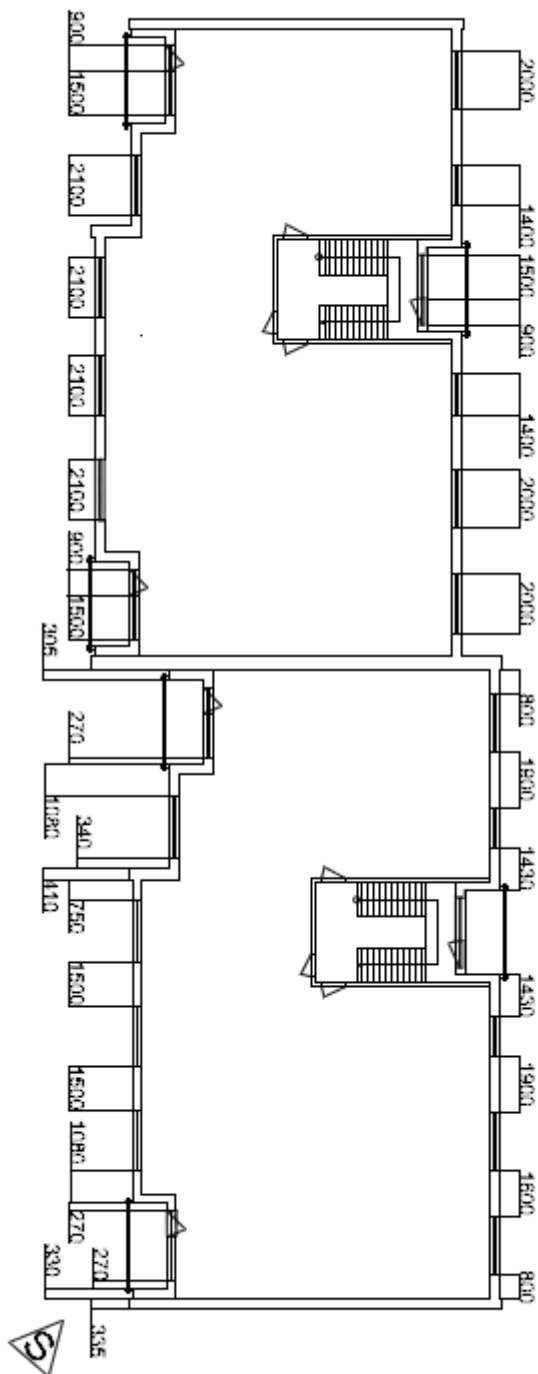
Vzhledem ke komplexnosti výkresů, které nejsou přístupné v elektronické podobě jsou na následujících náčrtech zaneseny a okótované pouze stěžejní stavební prvky, tak aby náčrty byly přehledné.



Příloha D: Půdorys objektu – 1.NP

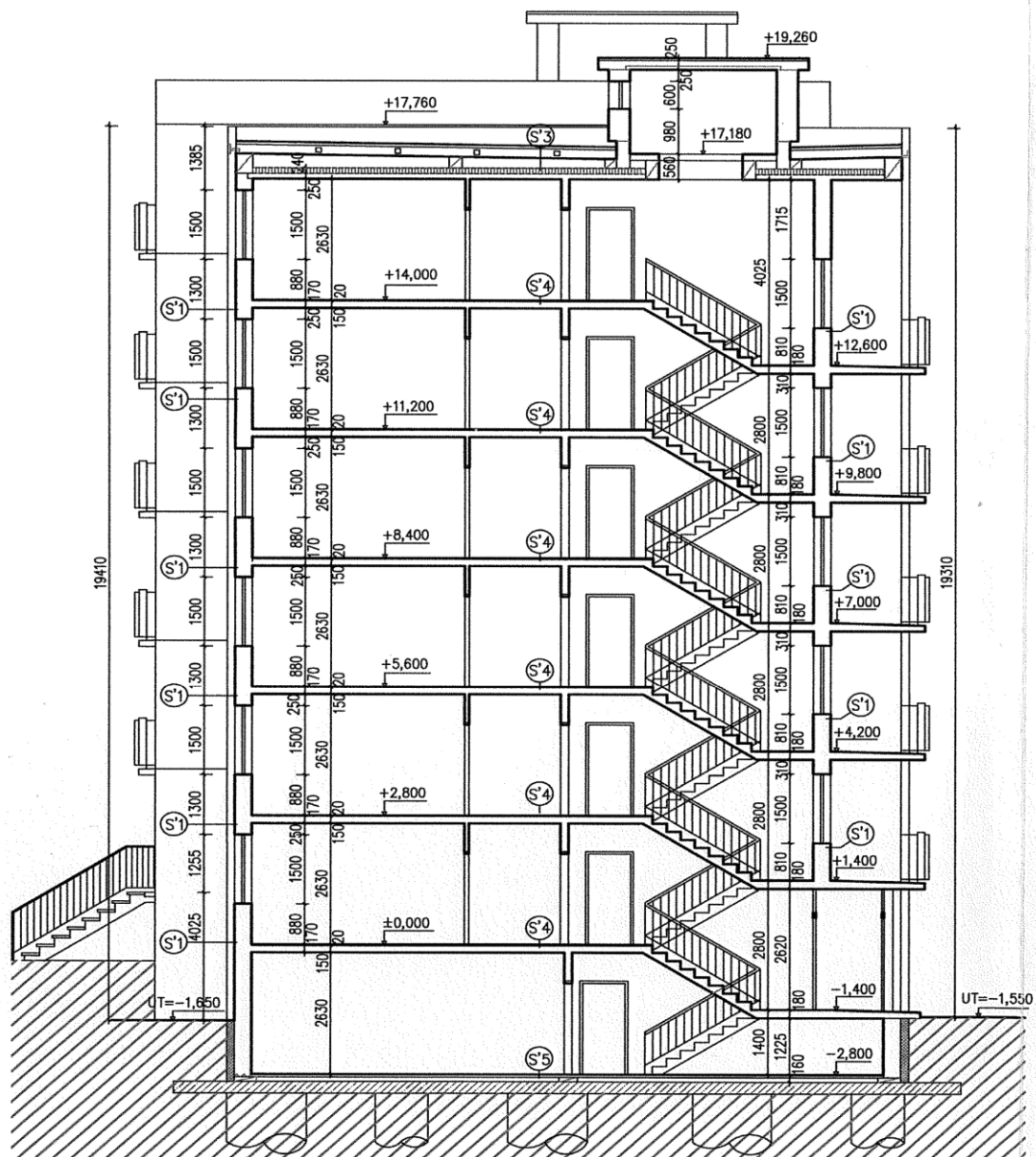


Příloha E: Půdorys objektu – 2-6. NP



Příloha F: Řez objektu

Převzat ze zapůjčené dokumentace



Příloha G: Podrobný protokol původního stavu objektu

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 730540

a podle ČSN EN ISO 13790 a ČSN EN 832

Energie 2010

Název úlohy: **Červenohradecká 1543-44**
Zpracovatel: Mojmír Krejcha
Zakázka:
Datum: 22.11.2012

KONTROLNÍ TISK VSTUPNÍCH DAT :

Počet zón v objektu: 1
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]				Horizont
			Sever	Jih	Východ	Západ	
1. měsíc	31	-2,3 C	50,0	119,0	65,0	65,0	79,0
2. měsíc	28	-0,8 C	83,0	202,0	115,0	115,0	151,0
3. měsíc	31	2,9 C	122,0	245,0	169,0	169,0	259,0
4. měsíc	30	7,6 C	158,0	292,0	238,0	238,0	407,0
5. měsíc	31	12,6 C	209,0	217,0	302,0	302,0	540,0
6. měsíc	30	15,9 C	216,0	288,0	295,0	295,0	533,0
7. měsíc	31	17,4 C	223,0	320,0	320,0	320,0	576,0
8. měsíc	31	16,7 C	184,0	317,0	277,0	277,0	486,0
9. měsíc	30	13,1 C	126,0	274,0	194,0	194,0	328,0
10. měsíc	31	7,0 C	86,0	220,0	126,0	126,0	205,0
11. měsíc	30	2,9 C	50,0	130,0	68,0	68,0	97,0
12. měsíc	31	-0,5 C	36,0	86,0	47,0	47,0	58,0

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]			
			SV	SZ	JV	JZ
1. měsíc	31	-2,3 C	50,0	50,0	97,0	97,0
2. měsíc	28	-0,8 C	86,0	86,0	169,0	169,0
3. měsíc	31	2,9 C	130,0	130,0	216,0	216,0
4. měsíc	30	7,6 C	184,0	184,0	277,0	277,0
5. měsíc	31	12,6 C	245,0	245,0	324,0	324,0
6. měsíc	30	15,9 C	252,0	252,0	302,0	302,0
7. měsíc	31	17,4 C	263,0	263,0	335,0	335,0
8. měsíc	31	16,7 C	216,0	216,0	313,0	313,0
9. měsíc	30	13,1 C	144,0	144,0	245,0	245,0
10. měsíc	31	7,0 C	90,0	90,0	184,0	184,0
11. měsíc	30	2,9 C	50,0	50,0	104,0	104,0
12. měsíc	31	-0,5 C	36,0	36,0	72,0	72,0

HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH ZÓN V OBJEKTU :

HODNOCENÍ ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: Bez zateplení
Geometrie (objem/podlah.pl.): 10613,56 m3 / 2592,4 m2

Účinná vnitřní tepelná kapacita:	165,0 kJ/(K.m2)
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	14390 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"> · produkci tepla: 3,0+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče) · časový podíl produkce: 100+20 % (osoby+spotřebiče) · zohlednění spotřebičů: zisky i spotřeba · spotřebu energie na osvětlení: 17,8 kWh/(m2.a) · prům. účinnost osvětlení: 4 % · další tepelné zisky: 0,0 W
Teplo na přípravu TV:	262721,4 MJ/rok
..... odvozeno pro	<ul style="list-style-type: none"> · roční potřebu teplé vody: 1571,3 m3 · teplotní rozdíl pro ohřev: (50,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT:	ne
Účinnost sdílení/distribuce:	98,0 % / 98,0 %
Název zdroje tepla:	Dálkové teplo (podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby/regulace:	80,0 % / 95,0 %
Příkon čerpadel vytápění:	0,0 W
Příkon regulace/emise tepla:	0,0 / 0,0 W

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla:	Dálkové teplo (podíl 100,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost zdroje přípravy TV:	95,0 %
Příkon čerpadel distribuce TV:	0,0 W
Příkon regulace:	0,0 W
Účinnost distribuce teplé vody:	80,0 %

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně:	8490,848 m3
Podíl vzduchu z objemu zóny:	80,0 %
Typ větrání zóny:	přirozené
Minimální násobnost výměny:	0,5 1/h
Návrhová násobnost výměny:	1,2 1/h

Měrný tepelný tok větráním Hv: 3464,266 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m2]	U [W/m2K]	b [-]	U,N [W/m2K]
JZ celní stena	671,17	1,431	1,00	0,380
JV stena	226,97	1,415	1,00	0,380
SV celní stena	657,9	1,431	1,00	0,380
SZ stena	204,77	1,415	1,00	0,380
strecha	492,96	0,314	1,00	0,240
Zdvojené okno s dvěma skly	9,0	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	15,75	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	54,0	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	148,05	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	45,36	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	90,0	2,400	1,15	1,700
Zdvojené okno s dvěma skly	42,0	2,400	1,15	1,700

Vliv tepelných vazeb bude ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,10 W/m2K

Měrný tok prostupem do exteriéru Hd: 3783,086 W/K

Měrný tok zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	podlaha suterenu
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	497,808 m ²
Exponovaný obvod podlahy:	134,16 m
Součinitel vlivu spodní vody Gw:	1,0
Typ podlahové konstrukce:	nevytápěný nebo částečně vytápěný suterén
Tloušťka suterénní stěny:	0,28 m
Tepelný odpor podlahy nad suterénem:	0,78 m ² K/W
Tepelný odpor podlahy suterénu:	0,56 m ² K/W
Tepelný odpor suterénních stěn:	0,531 m ² K/W
Hloubka podlahy suterénu pod terénem:	1,6 m
Výška horní hrany podlahy nad terénem:	1,13 m
Násobnost výměny vzduchu v suterénu:	0,3 1/h
Objem vzduchu v suterénu:	1370,78 m ³
Plocha vytápěné části suterénu:	0,0 m ²
Souč.prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,543 W/m ² K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	270,09 W/K
Kolísání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 231,765 do 588,401 W/K
..... stanoveno pro periodické toky Hpi / Hpe:	279,695 / 184,696 W/K
<u>Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:</u>	<u>270,090 W/K</u>
Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 231,765 do 588,401 W/K

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory u zóny č. 1 :

1. nevytápěný prostor

Název nevytápěného prostoru:	Chodby		
Objem vzduchu v prostoru:	587,989 m ³		
Násobnost výměny do interiéru:	0,0 1/h		
Násobnost výměny do exteriéru:	5,0 1/h		
Název konstrukce	Plocha [m²]	U [W/m²K]	Umístění
Dveře dřevěné plné	66,15	2,000	do interiéru
stěny chodeb	475,07	2,278	do interiéru
čelní stěny	79,68	1,431	do exteriéru
Střecha	34,29	0,314	do exteriéru
Zdvojené okno s dvěma skly	18,9	2,400	do exteriéru
Dveře kovové s 1 sklem	10,02	5,650	do exteriéru
balkonova okna	22,5	2,400	do exteriéru
sachetni okna	0,8	2,400	do exteriéru
Tepelná propustnost Hiu:	1214,499 W/K		
Tepelná propustnost Hue:	282,67 W/K		
Měrný tok Hiu:	1214,499 W/K		
Měrný tok Hue:	1282,252 W/K		
Parametr b dle EN ISO 13789:	0,514		
<u>Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu:</u>	<u>623,728 W/K</u>		

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Ff [-]	Fc [-]	Fs [-]	Orientace
Zdvojené okno s dvěma skly	9,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Zdvojené okno s dvěma skly	15,75	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Zdvojené okno s dvěma skly	54,0	0,75	0,7	1,0	0,603	JZ
Zdvojené okno s dvěma skly	148,05	0,75	0,7	1,0	0,906	JZ
Zdvojené okno s dvěma skly	45,36	0,75	0,7	1,0	0,603	JZ
Zdvojené okno s dvěma skly	90,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV
Zdvojené okno s dvěma skly	42,0	0,75	0,7	1,0	1,0	SV

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
---------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Zisk (vytápění):	12597,4	21865,5	29433,9	39026,6	47854,1	46355,3
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	50195,8	44697,6	33129,9	23537,2	13239,2	9268,2

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny:	Bez zateplení
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Regulace otopné soustavy:	ano

Měrný tepelný tok větráním Hv:	3464,266 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd:	4152,782 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	270,090 W/K
Měrný tok prostupem nevytáp. prostory Hu:	623,728 W/K
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrný tok větranými stěnami H,vw:	---
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt:	---
Výsledný měrný tok H:	8510,865 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	506,051	45,584	12,597	58,182	0,987	100,0	448,654
2	426,504	37,870	21,866	59,735	0,981	100,0	367,918
3	388,703	39,083	29,434	68,517	0,971	100,0	322,167
4	273,522	35,332	39,027	74,358	0,940	100,0	203,641
5	169,806	34,478	47,854	82,332	0,855	100,0	99,445
6	92,260	32,710	46,355	79,065	0,706	100,0	36,444
7	61,485	33,801	50,196	83,996	0,550	100,0	15,323
8	77,282	34,478	44,698	79,175	0,648	100,0	25,983
9	153,409	35,594	33,130	68,724	0,870	100,0	93,636
10	296,180	38,947	23,537	62,485	0,961	100,0	236,163
11	376,165	40,444	13,239	53,683	0,980	100,0	323,552
12	465,430	45,313	9,268	54,582	0,986	100,0	411,613

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty, Q,int jsou vnitřní tepelné zisky, Q,sol jsou solární tepelné zisky, Q,gn jsou celkové tepelné zisky, Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků, fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 2584,540 GJ

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	614,675	---	---	28,807	25,612	---	669,094
2	504,063	---	---	28,807	19,692	---	552,563
3	441,383	---	---	28,807	18,839	---	489,030
4	278,997	---	---	28,807	15,637	---	323,442
5	136,244	---	---	28,807	14,042	---	179,093
6	49,930	---	---	28,807	12,907	---	91,644
7	20,993	---	---	28,807	13,337	---	63,137
8	35,598	---	---	28,807	14,042	---	78,447
9	128,286	---	---	28,807	15,910	---	173,004
10	323,553	---	---	28,807	18,698	---	371,059
11	443,281	---	---	28,807	20,962	---	493,050
12	563,927	---	---	28,807	25,329	---	618,064

Vysvětlivky: Q,f,H je spotřeba energie na vytápění, Q,f,C je spotřeba energie na chlazení, Q,f,RH je spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu, Q,f,W je spotřeba energie na přípravu teplé vody, Q,f,L je spotřeba energie na osvětlení (a případně i na spotřebiče), Q,f,A je spotřeba pomocné energie (čerpadla, ventilátory atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 4101,627 GJ

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELÝ OBJEKT :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,35 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	8510,865	100,0 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	3464,266	40,7 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	270,090	3,2 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	623,728	7,3 %
	Měrný tok tepelnými mosty Hd,tb:	369,696	4,3 %
	Měrný tok plošnými kcemí Hd,c:	3783,086	44,5 %
<i>rozložení měrných toků po konstrukcích:</i>			
	Obvodová stěna:	3136,543	36,9 %
	Střecha:	154,789	1,8 %
	Podlaha:	270,090	3,2 %
	Otvorová výplň:	1115,482	13,1 %
	Zbylé méně významné konstrukce:	---	0,0 %
	Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	---	0,0 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	8510,866 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	10613,6 m ³
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,80 W/m ³ K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	58,9 kWh/m ³ ,a

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu objektu lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Součet měrných tepelných toků prostupem jednotlivými zónami Ht:	5046,6 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	3697,0 m ²
Limit odvozený z U _{req} dílčích konstrukcí... U _{em,lim} :	0,55 W/m ² K

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{em}: **1,37 W/m²K**

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	2584,540 GJ	717,928 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	10613,6 m ³	
Celková podlahová plocha budovy:	2592,4 m ²	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m ³):	67,6 kWh/(m ³ .a)	

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: **277 kWh/(m².a)**

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 4470.

Měrná potřeba tepla na vytápění pro 3422 denostupňů při daném způsobu větrání a vnitřních ziscích: 224 kWh/(m².a)

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q _{f,H} [GJ]	Q _{f,C} [GJ]	Q _{f,RH} [GJ]	Q _{f,W} [GJ]	Q _{f,L} [GJ]	Q _{f,A} [GJ]	Q _{fuel} [GJ]
1	614,675	---	---	28,807	25,612	---	669,094
2	504,063	---	---	28,807	19,692	---	552,563
3	441,383	---	---	28,807	18,839	---	489,030
4	278,997	---	---	28,807	15,637	---	323,442
5	136,244	---	---	28,807	14,042	---	179,093
6	49,930	---	---	28,807	12,907	---	91,644
7	20,993	---	---	28,807	13,337	---	63,137
8	35,598	---	---	28,807	14,042	---	78,447

9	128,286	---	---	28,807	15,910	---	173,004
10	323,553	---	---	28,807	18,698	---	371,059
11	443,281	---	---	28,807	20,962	---	493,050
12	563,927	---	---	28,807	25,329	---	618,064

Vysvětlivky: Q,f,H je spotřeba energie na vytápění, Q,f,C je spotřeba energie na chlazení, Q,f,RH je spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu, Q,f,W je spotřeba energie na přípravu teplé vody, Q,f,L je spotřeba energie na osvětlení (a případně i na spotřebiče), Q,f,A je spotřeba pomocné energie (čerpadla, ventilátory atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	3540,932 GJ	983,592 MWh	379 kWh/m2
Spotřeba pom. energie na vytápění Q,aux,H:	---	---	---
Energetická náročnost vytápění za rok EP,H:	3540,932 GJ	983,592 MWh	379 kWh/m2
Spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Spotřeba pom. energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Energetická náročnost chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Spotřeba energie na ventilátory Q,aux,F:	---	---	---
Energ. náročnost mech. větrání za rok EP,F:	---	---	---
Spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	345,686 GJ	96,024 MWh	37 kWh/m2
Spotřeba pom. energie na rozvod TV Q,aux,W:	---	---	---
Energ. náročnost přípravy TV za rok EP,W:	345,686 GJ	96,024 MWh	37 kWh/m2
Spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	215,010 GJ	59,725 MWh	23 kWh/m2
Energ. náročnost osvětlení za rok EP,L:	215,010 GJ	59,725 MWh	23 kWh/m2
Energie ze solárních kolektorů za rok Q,SC,e:	---	---	---
z toho se v budově využije:	---	---	---
(již zahrnuto ve výchozí potřebě tepla na vytápění a přípravu teplé vody - zde uvedeno jen informativně)			
Elektřina z FV článků za rok Q,PV,el:	---	---	---
Elektřina z kogenerace za rok Q,CHP,el:	---	---	---
Celková produkce energie za rok Q,e:	---	---	---
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	4101,627 GJ	1139,341 MWh	439 kWh/m2

Měrná spotřeba energie dodané do budovy

Celková roční dodaná energie:	1139341 kWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	10613,6 m3
Celková podlahová plocha budovy:	2592,4 m2
Měrná spotřeba dodané energie EP,V:	107,3 kWh/(m3.a)

Měrná spotřeba energie budovy EP,A: **439 kWh/(m2,a)**

Poznámka: Měrná spotřeba energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

Rozdělení podle energonositelů, primární energie a emise CO2

Energo nositel	Vytápění			Chlazení			Mech.větrání			Teplá voda			Osvětlení		
	Qf	Qp	CO2	Qf	Qp	CO2	Qf	Qp	CO2	Qf	Qp	CO2	Qf	Qp	CO2
elektřina	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	215,0	645,0	37,0
hnědé uhlí	3540,9	4249,1	541,0	---	---	---	---	---	---	---	345,7	414,8	52,8	---	---
SOUČET	3540,9	4249,1	541,0	---	---	---	---	---	---	---	345,7	414,8	52,8	215,0	645,0

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [GJ/a]	Q,p [GJ/a]	CO2 [t/a]
elektřina	215,0	645,0	37,0
hnědé uhlí	3886,6	4663,9	593,8

Vysvětlivky: Qf je spotřeba energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok, Qp je spotřeba primární energie na daný účel dodávaná energonositelem v GJ/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Celková spotřeba prim. energie za rok: **5308,970 GJ** **1474,714 MWh** **569 kWh/m2**
Celkové emise CO2 za rok: **630,818 t** **243 kg/m2**

