



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

## ENERGETICKÉ ÚSPORY BYTOVÉHO DOMU

ENERGY-SAVINGS OF A RESIDENTIAL BUILDING

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Michek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. LUCIE VAŇKOVÁ , Ph.D.

BRNO 2018



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T038 Management stavebnictví
<b>Pracoviště</b>	Ústav stavební ekonomiky a řízení

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Bc. Jan Michek
<b>Název</b>	Energetické úspory bytového domu
<b>Vedoucí práce</b>	Ing. Lucie Vaňková , Ph.D.
<b>Datum zadání</b>	31. 3. 2017
<b>Datum odevzdání</b>	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

---

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **PODKLADY A LITERATURA**

Korytářová, J.: Ekonomika investic, studijní opora VUT FAST, Brno, 2006

Velfel, P.: Energie pro rodinný dům. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 2010, ISBN 978-80-254-7679-6

Bárta, J.: Pasivní domy 2013, Centrum pasivního domu, ISBN 978-80-904-739-35

Quaschnig, V.: Obnovitelné zdroje energií, Praha: Grada Publishing a.s., 2010, ISBN 978-80-247-3250-3

## **ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ**

Cílem práce je návrh variant energetických úspor pro konkrétní bytový dům a následné zhodnocení navržených variant.

1. Základní pojmy vybrané problematiky z oblasti bytových domů
2. Energetické úspory
3. Metody hodnocení ekonomické efektivity investic
4. Charakteristika konkrétního bytového domu
5. Analýza energetických úspor bytového domu

Požadovaným výstupem práce je vyhodnocení navržených variant energetických úspor pro konkrétní bytový dům.

## **STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Lucie Vaňková , Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

## **ABSTRAKT**

Práce je zaměřena na energetické úspory bytového domu. Nejprve jsou vysvětleny základní pojmy týkající se bytových domů a jejich nákladů. Následně se práce věnuje energetické náročnosti budov, možnostmi energetických úspor a metodám ekonomického hodnocení investic. Cílem práce je zhodnotit stávající stav konkrétního bytového domu z hlediska energetické náročnosti a navrhnout možné varianty energetických opatření vedoucí k energetickým úsporám a následně vyhodnotit navržené varianty z ekonomického a energetického hlediska.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Bytový dům, vytápění, tepelná ztráta, roční potřeba tepla, energetická opatření, energetické úspory

## **ABSTRACT**

The thesis focuses on energy savings of an apartment building. Firstly, the basic terms concerning apartment building and their costs are explained. Secondly, the thesis looks into energy efficiency of buildings, possibilities of energy savings and methods of economic evaluation of investments. The thesis sets the goal to evaluate current state of a selected apartment building from the perspective of energy efficiency and to propose possible energy saving measures. Lastly, the thesis aims to evaluate proposed measures from economic perspective and the perspective of energy efficiency.

## **KEYWORDS**

Apartment building, heating, heat loss, yearly heat need, energy saving measures, energy savings

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP**

Bc. Jan Michek *Energetické úspory bytového domu*. Brno, 2017. 124 s., 254 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Lucie Vaňková, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 7. 12. 2017

---

Bc. Jan Michek  
autor práce

## **Poděkování**

Děkuji paní Ing. Lucii Vaňkové, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při vypracování diplomové práce. Dále děkuji panu Ing. Petru Holému za spolupráci při získávání údajů pro případovou studii. A na závěr děkuji mé rodině za podporu při zpracování diplomové práce.

## **OBSAH:**

ÚVOD .....	11
1 ZÁKLADNÍ POJMY .....	13
1.1 Společenství vlastníků jednotek .....	18
1.2 Bytové družstvo.....	19
1.3 Bytové družstvo versus Společenství vlastníků jednotek.....	20
1.4 Výpočet záloh na služby.....	21
2 ROZÚČTOVÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ .....	24
2.1 Způsob rozúčtování .....	24
2.2 Pojmy.....	24
2.3 Vyúčtování nákladů na vytápění .....	26
3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV .....	28
3.1 Energetická náročnost budov .....	28
3.2 Tepelné ztráty .....	34
3.3 Roční potřeba tepla na vytápění .....	39
3.4 Energetický štítek obálky budovy .....	41
3.5 Průkaz energetické náročnosti budovy .....	44
4 ENERGETICKÉ ÚSPORY BYTOVÉHO DOMU .....	48
4.1 Zateplení obvodového pláště.....	48
4.2 Zateplení střechy .....	51
4.3 Zateplení podlahy a stropu .....	53
4.4 Výměna výplní okenních a dveřních otvorů .....	54
5 METODY HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC .....	58
5.1 Časová hodnota peněz .....	58



5.2	Investiční prostor .....	59
5.3	Hodnocené období .....	60
5.4	Peněžní toky .....	60
5.5	Diskontní sazba .....	61
5.6	Čistá současná hodnota .....	61
5.7	Diskontovaná doba návratnosti .....	62
5.8	Index rentability .....	63
5.9	Vnitřní výnosové procento .....	64
6	PŘÍPADOVÁ STUDIE ENERGETICKÝCH ÚSPOR BD.....	66
6.1	Popis BD.....	66
6.2	SVJ BD Fišova .....	69
6.3	Vytápění BD .....	70
6.4	Energetické zhodnocení BD .....	73
6.5	Energetická opatření BD Fišova.....	83
6.6	Varianty energetických opatření .....	92
6.7	Energetické hodnocení navržených variant.....	93
6.8	Ekonomické hodnocení navržených variant.....	96
6.9	Vyhodnocení navržených variant .....	106
	ZÁVĚR .....	112
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	114
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	118
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	121
	SEZNAM GRAFŮ.....	122
	SEZNAM TABULEK.....	122

SEZNAM PŘÍLOH.....	124
--------------------	-----

## ÚVOD

Bytový dům je typickou stavbou a velmi populární možností bydlení zejména ve městech. Lidé, žijící v bytových domech či osoby vybírající nový byt, se soustředí na pořizovací cenu bytu, lokalitu, na dopravní obslužnost i na služby v okolí. Majitelé bytů často opomíjejí nákladovou stránku bytového domu, která každého vlastníka či nájemce bytu čeká a nemine. Objemově nejnáročnější náklad bytového domu tvoří náklady spojené s vytápěním. Tato diplomová práce se nebude věnovat „obecně“ nákladům bytových domů, ale bude zaměřena na náklady spojené s vytápěním bytových domů a na možnosti optimalizace těchto nákladů formou energetických opatření obálky budovy, které přináší vlastníkům bytových jednotek nebo jejich nájemníkům nemalé finanční úspory.

Nejprve je práce zaměřena na základní pojmy týkající se bytových domů, které vyplývají ze stavebního zákona č. 183/2006 Sb., z občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. a z dalších zákonů, vyhlášek a českých norem. Poté se teoretická část zaměřuje na problematiku nákladů spojených s vytápěním bytových domů, zejména na jejich rozúčtování a vyúčtování. Další část práce se věnuje obecným pojmům energetické náročnosti budov tak, jak je stanovuje zákon o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. a vyhláška o energetické náročnosti budov č. 78/2013 Sb. Dále je popsán způsob stanovení celkových tepelných ztrát budovy, roční potřeby tepla na vytápění a zařazení budovy z hlediska stanovených tepelných ztrát a z hlediska obálky budovy do klasifikační třídy A až G.

Další část práce se bude věnovat možnostem dosažení energetických úspor, vedoucím ke snížení energetické náročnosti budov a k redukci nákladů na vytápění bytových domů, formou energetických opatření obálky budovy jako je střecha, strop nad nevytápěným prostorem, výplně otvorů či obvodový plášť bytového domu. Přesněji řečeno, práce se věnuje dodatečnému zateplení obálky budovy. Závěr teoretické části práce je věnován metodám hodnocení ekonomické efektivity investic, protože energetická opatření nepřináší pouze výhody ve formě energetických úspor, ale také nutné počáteční investiční náklady, které musí vlastníci bytových jednotek společně vynaložit.

V první fázi případové studie bude popsán konkrétní bytový dům, nacházející se v Brně na ulici Fišova. Následně budou zjištěny průměrné roční náklady na vytápění bytového domu. Prvním cílem je zhodnotit stávající stav bytového domu z hlediska energetické náročnosti. Součástí energetického zhodnocení bude výpočet tepelné ztráty budovy, roční potřeby tepla na vytápění a zařazení budovy při stávajícím stavu do klasifikační třídy A až G z pohledu kvality konstrukcí a provedení obálky budovy podle použitých materiálů a jejich tepelných odporů. Druhým cílem je návrh variant energetických opatření pro bytový dům s cílem snížit energetickou náročnost a náklady na vytápění bytového domu na základě zjištěného stávajícího stavu. Pro navržené varianty

energetických opatření bude provedeno energetické zhodnocení na stejném principu, jako v případě zhodnocení stávajícího stavu bytového domu. Na základě vypočtené roční potřeby tepla na vytápění všech navržených variant energetických opatření budou stanoveny možné energetické úspory po realizaci jednoho z navržených opatření. V následující fázi bude provedeno ekonomické hodnocení navržených variant, a to stanovení čisté současné hodnoty, diskontované doby návratnosti, indexu rentability a vnitřního výnosového procenta. Konečné vyhodnocení a určení „vítězné“ varianty proběhne na základě procentuální míry důležitosti výsledků ekonomického a energetického hodnocení navržených variant energetických opatření.

# 1 ZÁKLADNÍ POJMY

V této části jsou vysvětleny a definovány základní pojmy, které jsou v práci použity a tematicky s ní souvisí.

## **Stavba**

Stavba je definována (dle stavebního zákona č. 183/2006 Sb. §2) jako veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez ohledu na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. Za stavbu se považuje i výrobek, který plní funkci stavby. V souvislosti s pojmem „stavba“ je nutno zmínit i tzv. změnu dokončené stavby. [1]

*„Změnou dokončené stavby je a) nástavba, kterou se stavba zvyšuje, b) přístavba, kterou se stavba půdorysně rozšiřuje a která je vzájemně provozně propojena s dosavadní stavbou, c) stavební úprava, při které se zachovává vnější půdorysné i výškové ohraničení stavby; za stavební úpravu se považuje též zateplení pláště stavby.“ [1]*

Stavba je odlišně definována dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb., který říká, že stavba je věc samostatná nebo součást pozemku. Věc dle občanského zákoníku může být jak movitá, tak i nemovitá. Nemovité věci jsou pozemky a podzemní stavby, které mají samostatné účelové určení, věcná práva a práva, která tyto věci prohlásí ze zákona za nemovité. Veškeré ostatní věci jsou považovány za movité. [2, 3]

Jednoznačná a všeobecně přijímaná definice stavby neexistuje. Definice je velmi složitá, protože každý zákon ji definuje zcela odlišně dle svých potřeb.

## **Budova**

Budova, dle katastrálního zákona č. 256/2013 Sb., je nadzemní stavba, která je spojena se zemí pevným základem a je prostorově soustředěna a navenek převážně uzavřena obvodovými stěnami a střešní konstrukcí. [4]

## **Bytový dům**

Stavbou pro bydlení, dle vyhlášky č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území, je bytový dům (dále jen „BD“) nebo rodinný dům (dále jen „RD“).

*„Bytový dům, ve kterém více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé bydlení a je k tomuto účelu určena.“ [5]*

*„Rodinný dům, ve kterém více než polovina podlahové plochy odpovídá požadavkům na trvalé rodinné bydlení a je k tomuto účelu určena; rodinný dům může mít nejvýše tři samostatné byty, nejvýše dvě nadzemní a jedno podzemní podlaží a podkrovi.“ [5]*

Z výše uvedených definic není zcela jasné, kdy je dům možno považovat za bytový a kdy nikoliv. Příkladem problému definice může být například dům, který bude mít dva samostatné byty, tím pádem může být dle vyhlášky považován jak za BD, tak i za RD, aniž by byl v rozporu s jednotlivými definicemi vyplývajícími z vyhlášky č. 501/2006 Sb. Na BD se oproti RD vztahuje vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb, které zmíněný problém řeší. Zmíněná vyhláška definuje BD, jako dům obsahující více než 3 byty, tedy minimálně 4 byty. Norma ČSN 73 4301 definuje a potvrzuje definici BD z vyhlášky č. 398/2009 Sb.

BD je tedy stavba pro bydlení, ve které převažuje funkce bydlení a musí mít 4 a více bytů přístupných z domovní komunikace se společným hlavním vstupem, nebo s hlavním vstupem, který je přístupný z veřejné komunikace. [4, 5, 6]

## **Byt**

Byt je součástí bytového nebo rodinného domu. Byt (dle normy ČSN 73 4301) tvoří soubor místností (popřípadě obytných místností), které svým stavebně technickým uspořádáním a vybavením splňují požadavky na trvalé bydlení a tento soubor místností je určen a přizpůsoben k účelům trvalého bydlení. Stavebně technické uspořádání a vybavení bytu zahrnuje tzv. příslušenství bytu. Občanský zákoník č. 89/2012 Sb. pouze zmiňuje, že byt musí být prostorově oddělenou částí domu. To znamená, že prostory, které nejsou součástí domu, jsou vyloučeny. To platí nejenom pro byt, ale i pro nebytové prostory. Byt, který je prostorově oddělenou částí domu (dle nařízení vlády č. 366/2013 Sb.), je ohraničen vnitřními obvodovými stěnami, podlahou, stropem či konstrukcí krovu a výplněmi otvorů, nacházející se ve stěnách ohraničující byt. Nebytový prostor občanský zákoník nedefinuje, ale jedná se ve své podstatě o místnost či soubor místností, které jsou určeny k jiným účelům než k trvalému bydlení.

*„Součástí věci (bytu) je vše, co k ní podle její povahy náleží a co nemůže být od věci odděleno, aniž se tím věc znehodnotí.“ [3]*

Za součást bytu je považováno vše, co je s bytem pevně spojeno např. rozvody uvnitř bytu, obvodové stěny, vstupní dveře do bytu atd. Za součást bytu se bude považovat dle výše uvedené definice například i koupelna, která není umístěna přímo v bytě, ale bude umístěna na společné chodbě, protože bez této místnosti by se byt znehodnotil a nebylo by jej možné užívat k trvalému bydlení. Naopak za součást bytu nelze považovat

například sklep, který je umístěn mimo byt, neboť bez této místnosti se byt neznehodnotí. [3, 4, 7, 8]

### **Příslušenství bytu**

Příslušenství bytu je opět odlišně definované v normě ČSN 73 4301 a v občanském zákoníku č. 89/2012 Sb. Norma říká, že příslušenstvím bytu jsou výhradně prostory (či vedlejší místnosti), které doplňují obytné místnosti a jsou určeny pro zajištění bytové komunikace, osobní hygieny, vaření a dalších funkcí, které jsou nezbytné pro splnění požadavků na trvalé bydlení. Občanský zákoník definuje příslušenství bytu následovně:

*„Příslušenství věci je vedlejší věc vlastníka u věci hlavní, je-li účelem vedlejší věci, aby se jí trvale užívalo společně s hlavní věcí v rámci jejich hospodářského určení. Byla-li vedlejší věc od hlavní věci přechodně odloučena, nepřestává být příslušenstvím. Má se za to, že se právní jednání a práva i povinnosti týkající se hlavní věci týkají i jejího příslušenství.“ [3]*

Příkladem příslušenství bytu je například komora, sklep, balkón nebo klimatizační jednotka. Příslušenstvím bytu jsou věci samostatné a obchodovatelné, ale nelze tyto věci považovat za součást bytu. Někdy však může dojít k tomu, že některé věci, jako například garáž, mohou být považovány jak za součást bytu, tak i za jeho příslušenství. Je proto vhodné vždy specifikovat rozsah příslušenství bytu v kupní smlouvě. [3, 4, 7]

### **Obytná místnost**

Obytnou místností je myšlena (dle normy ČSN 73 4301) určitá část bytu, jako je například obývací pokoj, ložnice, jídelna. Obytná místnost je určena k trvalému bydlení a musí splňovat určité požadavky na velikost. Nejmenší povolená podlahová plocha je 8 m<sup>2</sup>. Pokud ovšem byt tvoří pouze jedna obytná místnost, pak tato místnost musí mít podlahovou plochu alespoň 16 m<sup>2</sup>. [4]

### **Spoluvlastnický podíl**

Spoluvlastnický podíl vyjadřuje procentuální míru vlastnictví každého spoluvlastníka na společných částech domu. Bytové spoluvlastnictví může vzniknout jen tehdy, pokud je součástí pozemku dům alespoň s dvěma byty. Každý spoluvlastník je vlastníkem svého podílu, který mu náleží. Velikost podílu vyplývá ze skutečností, na kterých se zakládá spoluvlastnictví či účast daného spoluvlastníka ve spoluvlastnictví. Vlastník bytu je zároveň spoluvlastníkem společných částí domu a jeho podíl mu zajišťuje nárok na rozhodování o správě společných věcí. Spoluvlastnické podíly lze určit třemi způsoby. První způsob je, že každý vlastník jednotky bude mít stejný podíl, a to bez ohledu

na rozměr a umístění jednotky v domě. V druhém způsobu se již bere zřetel na povahu, rozměry a umístění bytu v domě tj. podíly jsou různé. Pokud se spoluvlastnické podíly neurčí podle prvního ani druhého způsobu, pak se velikost spoluvlastnického podílu řídí vzájemným poměrem velikosti podlahové plochy bytu vlastníka k celkové podlahové ploše všech bytů v domě. [3, 18]

### **Podlahová plocha bytu**

Podlahová plocha bytu (dle nařízení vlády č. 366/2013 Sb.) je půdorysná plocha všech místností bytu, přičemž půdorysná plocha je vymezena vnitřním lícem svislých konstrukcí, které ohraničují byt. Do podlahové plochy bytu se započítává i půdorysná plocha všech svislých konstrukcí (stěny, sloupy, pilíře, atd.) uvnitř bytu a to jak nosných, tak nenosných. Celková podlahová plocha bytu se uvádí v m<sup>2</sup>. [8]

### **Společné části nemovité věci**

Za společné části nemovité věci (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1160) jsou považovány nemovité věci, které mají společně sloužit všem vlastníkům jednotek, přičemž každý vlastník má na těchto věcech spoluvlastnický podíl. [3]

*„Společnými jsou vždy pozemek, na němž byl dům zřízen, nebo věcné právo, jež vlastníkům jednotek zakládá právo mít na pozemku dům, stavební části podstatné pro zachování domu včetně jeho hlavních konstrukcí, a jeho tvaru i vzhledu, jakož i pro zachování bytu jiného vlastníka jednotky, a zařízení sloužící i jinému vlastníku jednotky k užívání bytu. To platí i v případě, že se určitá část přenechá některému vlastníku jednotky k výlučnému užívání.“ [3]*

Společnými částmi (dle nařízení vlády č. 366/2013 Sb.) jsou zejména vodorovné a svislé nosné konstrukce domu, střecha, komín, schodiště, chodby, výplně stavebních otvorů, balkony, domovní technické zařízení (kotelna, výměňková stanice atd.), výtahy ve společných částech atd. Společnými částmi jsou vždy obvodové stěny, které ohraničují byt. Příkladem opaku jsou povrchové úpravy zmíněných obvodových stěn (vnitřní omítka, malba atd.) uvnitř bytu, které se do společných částech domu nezařazují.

Společné části jsou u konkrétního domu vždy jasně vymezeny v prohlášení vlastníka nebo ve smlouvě o výstavbě. [8, 18]



## **Jednotka**

Jednotka (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1159) zahrnuje byt případně nebytový prostor a spoluvlastnický podíl na společných částech domu. Jednotkou může být i soubor bytů nebo soubor nebytových prostor zahrnující spoluvlastnický podíl na společných částech domu. Jedná se o celek, který se skládá ze dvou částí vzájemně spojených a neoddělitelných. Jednotka se považuje za věc nemovitou. [3, 18]

## **Vznik jednotky**

Jednotka může vzniknout zápisem do katastru nemovitostí na základě prohlášení vlastníka, a to k okamžiku, kdy byl návrh na vklad doručen a schválen příslušným katastrálním úřadem. Další možností vzniku jednotky je zápis do katastru nemovitostí na základě dohody spoluvlastníků o oddělení části spoluvlastnictví od zbytku spoluvlastnictví nebo při zrušení spoluvlastnictví, a to k okamžiku, kdy byl návrh na vklad doručen a schválen příslušným katastrálním úřadem. V případě výstavby nového domu vzniká jednotka v určité fázi rozestavěnosti domu. Jedná se o moment, kdy je dům navenek uzavřen obvodovými stěnami a střešní konstrukcí a byt je také uzavřen obvodovými stěnami. [3, 18]

## **Vlastník jednotky**

Vlastníkem jednotky je právnická či fyzická osoba, která vlastní byt včetně spoluvlastnického podílu na společných částech domu. Vlastník jednotky (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb.) má právo svůj byt stavebně upravovat, spravovat ho a užívat. Dále má také právo užívat společné části domu, avšak nesmí tyto části domu ohrozit, změnit či poškodit nebo omezit právo na užívání společných částí domu ostatním vlastníkům jednotek. Vlastník jednotky má povinnost udržovat svůj byt v nezávadném stavu a řídit se pravidly pro správu domu a pravidly týkajícími se užívání společných částí domu. [3]

## **Správa domu a pozemku**

Správa domu a pozemku zajišťuje veškerou správu domu jako takového. Jedná se zejména o kompletní péči o dům a pozemek a o zachování či zlepšení společných částí domu.

*„Správa domu zahrnuje i činnosti spojené s přípravou a prováděním změn společných částí domu nástavbou, přístavbou, stavební úpravou nebo změnou v užívání, jakož i se zřízením, udržováním nebo zlepšením zařízení v domě nebo na pozemku sloužících všem spoluvlastníkům domu.“ [3]*

Správu domu a pozemku zajišťuje společenství vlastníků jednotek (dále jen „SVJ“) či bytové družstvo (dále jen „BDR“). Pokud však nevzniklo SVJ ani BDR, odpovídá za správu domu a pozemku správce. Následující pojmy se týkají pouze SVJ a BDR, neboť tato práce neřeší správu domu bez vzniku dvou zmíněných subjektů. [3]

### **Prohlášení vlastníka**

Prohlášení vlastníka je dokument sloužící (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1166) k rozdělení práv k nemovité věci (dům a pozemek) na jednotlivá vlastnická práva k jednotkám. Do prohlášení vlastníka se uvádějí údaje o pozemku, domu, obci, katastrálním území a jednotce (označení bytu, umístění bytu, vymezení společných částí a velikost spoluvlastnického podílu). Součástí prohlášení vlastníka jsou jednotlivé půdorysy všech podlaží domu, které určují jednak polohu jednotlivých bytů a společných částí, ale i podlahové plochy jednotlivých bytů. [3]

### **1.1 Společenství vlastníků jednotek**

SVJ je právnická osoba zajišťující správu domu a pozemku. SVJ je při zajišťování svého účelu způsobilé nabývat práva a zavazovat se k povinnostem. SVJ nesmí vykonávat žádnou podnikatelskou činnost ani být členem či společníkem podnikatelského subjektu. Vlastník jednotky má automaticky členství v SVJ. Za aktiva a pasiva SVJ ručí jeho členové, a to v poměru daném velikostí jejich spoluvlastnického podílu.

SVJ se může založit při libovolném počtu jednotek v domě, avšak pokud je v domě pět a více jednotek, přičemž alespoň tři jsou ve vlastnictví tří různých vlastníků, musí SVJ založit vlastníci těchto jednotek a to nejpozději po vzniku vlastnického práva k první převedené jednotce. V případě nesplnění zmíněné skutečnosti nebude další vlastnické právo k převedené jednotce zapsáno do katastru nemovitostí. To samozřejmě neplatí při nabytí jednotky do vlastnictví prvním vlastníkem.

SVJ vzniká dvěma kroky. Prvním krokem je založení SVJ a druhým je samotný vznik SVJ. Založení SVJ lze provést dvěma způsoby: uvedením patřičných náležitostí stanov SVJ do prohlášení vlastníka jednotky nebo schválením stanov SVJ, přičemž toto schválení vyžaduje souhlas všech vlastníků jednotek. Z hlediska nákladovosti je výhodnější první způsob, tedy uvedení stanov SVJ do prohlášení vlastníka jednotky, protože odpadá nutnost přítomnosti notáře, která je v případě druhého způsobu povinností. Po založení SVJ dochází k jeho vzniku ke dni zápisu do veřejného rejstříku (rejstřík SVJ). [3, 9]

Nejvyšším orgánem SVJ je shromáždění, které je tvořeno všemi vlastníky jednotek. Každý člen shromáždění má počet hlasů odpovídající velikosti jeho spoluvlastnického

podílu. Působnosti shromáždění jsou uvedeny v občanském zákoníku č. 89/2012 Sb. §1208. Statutárním orgánem je výbor, ale pokud to stanovy daného SVJ umožní, může být statutárním orgánem předseda SVJ. Dalším možným orgánem SVJ je kontrolní komise. Výbor či předseda SVJ je povinen svolat minimálně jedenkrát do roka shromáždění vlastníků jednotek. [3]

## **Stanovy SVJ**

Stanovy SVJ jsou povinným základním dokumentem každého společenství pojednávajícím o pravidlech a povinnostech pro členy společenství a o fungování SVJ jako takového. Žádná oficiální definice stanov neexistuje. Požadavky na obsahovou stránku stanov jsou uvedeny v občanském zákoníku č. 89/2012 Sb. §1200. Z hlediska formy uveřejnění musí mít stanovy formu veřejné listiny. To však neplatí, v případě založení SVJ formou prohlášení vlastníka, kde jsou náležitosti stanov již uvedeny. [3]

### **1.2 Bytové družstvo**

BDR je obchodní korporací a tedy právnickou osobou, jejíž předmětem podnikání je zajišťování bytových potřeb svých členů nebo zajišťování správy domu s byty a nebytovými prostory, které jsou ve vlastnictví jiných osob.

V rámci pojmu BDR je nutno zmínit pojem „družstevní byt“. Družstevní byt nebo družstevní nebytový prostor je (dle zákona o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. §729) byt či nebytový prostor v budově, která je ve vlastnictví či spoluvlastnictví BDR nebo se jedná o byt či nebytový prostor, který je ve vlastnictví či ve spoluvlastnictví BDR, a BDR tento byt poskytne do nájmu členovi BDR, který se na jeho pořízení podílel členským vkladem.

Členem BDR se může stát kdokoliv, kdo splní podmínky plynoucí ze stanov BDR. Člen BDR má právo na uzavření smlouvy o nájmu družstevního bytu či družstevního nebytového prostoru na dobu neurčitou, přičemž se tento člen podílel členským vkladem a splňuje podmínky vyplývající ze zákona o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. a ze stanov BDR a také právo na stanovení výše nájemného, které je spojeno s užíváním družstevního bytu podle zákona o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. §744. Výše nájemného by měla odpovídat účelně vynaloženým nákladům BDR, které vznikají správou družstevních bytů a to včetně nákladů na opravy, modernizace a rekonstrukce domu a popřípadě příspěvek na náklady, které souvisí s provozem BDR. Případný zisk BDR může být použit pouze za účelem uspokojování potřeb členů BDR či k dalšímu rozvoji BDR.

Orgány BDR jsou členská schůze, představenstvo či předseda BDR a kontrolní komise. Nejvyšším orgánem BDR je členská schůze a statutárním orgánem BDR je představenstvo či předseda BDR a to v případě BDR, kde je méně než 50 členů. Každý člen má na členské schůzi BDR jeden hlas a v orgánech BDR mohou být pouze jejich členové. Veškeré právní úpravy BDR jsou uvedeny v zákoně o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. [10, 11]

### **Stanovy BDR**

Stanovy BDR obsahují kromě obecných náležitostí podle zákona o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. §533 také náležitosti, týkající se podmínek nájemního vztahu BDR a jeho člena uvedené v zákoně o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. §731. [10, 11]

### **1.3 Bytové družstvo versus Společenství vlastníků jednotek**

Základním rozdílem mezi BDR a SVJ je podoba vlastnického práva. V případě BDR je člen vlastníkem družstevního podílu, který je spojený s užívacím právem na konkrétní byt či nebytový prostor a tedy není vlastníkem daného bytu či nebytového prostoru. Naopak v případě SVJ je člen vlastníkem jednotky. To znamená, že vlastní konkrétní byt včetně spoluvlastnického podílu. Dalším rozdílem je zcela odlišné hlasovací právo na shromáždění v případě SVJ a na členské schůzi v případě BDR. V případě SVJ má vlastník jednotky počet hlasů odpovídající velikosti spoluvlastnického podílu. Naopak v případě BDR má každý člen družstva jeden hlas a to bez ohledu na velikost jeho družstevního podílu.

### **Příspěvky SVJ a BDR**

Pro SVJ občanský zákoník č. 89/2012 Sb. rozlišuje 3 typy položek, které jsou předepisovány k úhradě každému vlastníku jednotky v měsíčních intervalech. Pro BDR žádná právní ustanovení z hlediska příspěvků neexistují, BDR má tedy v tomhle směru „volnou ruku“. V praxi však BDR běžně využívá rozdělení jednotlivých typů příspěvků jako SVJ. Jedná se o následující položky:

1. Příspěvek na správu domu a pozemku (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1180)
2. Příspěvek na vlastní správní činnost (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1180)
3. Zálohy na služby (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. §1181)

## **Příspěvek na správu domu a pozemku**

Příspěvek na správu domu a pozemku je známý pod pojmem fond oprav. Pokud stanovy SVJ neurčují pravidla pro stanovení výše fondu oprav, pak se fond oprav řídí dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. tak, že vlastník jednotky přispívá do fondu oprav ve výši svého podílu na společných částech domu. Veškeré činnosti a náklady spadající do fondu oprav jsou uvedeny v nařízení vlády č. 366/2013 Sb. §7. Obecně činnosti spadající pod tento typ příspěvku mají technický či provozní charakter. Příkladem je provoz, údržba, opravy, stavební úpravy, revize atd. [3, 12]

## **Příspěvek na vlastní správní činnost**

Příspěvek na vlastní správní činnost zahrnuje náklady na odměňování osoby, která dům spravuje, nebo náklady na odměňování členů orgánů SVJ, dále náklady na vedení účetnictví a na podobné náklady vlastní správní činnosti. Tento příspěvek bývá stanoven pro každou jednotku ve stejné výši bez ohledu na velikost jejich rozdílných spoluvlastnických podílů. Jiný způsob stanovení výše tohoto příspěvku občanský zákoník č. 89/2012 Sb. neumožňuje. Veškeré činnosti a náklady spadající do příspěvku na vlastní správní činnost jsou uvedeny v nařízení vlády č. 366/2013 Sb. §8. Typickým příkladem jsou správcovské společnosti zajišťující správu domu, tzn. veškeré správní, administrativní a operativně technické činnosti, dále vedení účetnictví, vyúčtování služeb atd. [3, 12]

## **Zálohy na služby**

Zálohy na služby jsou spojené s užíváním bytu daného vlastníka jednotky. Vlastník jednotky je povinen platit pravidelné měsíční zálohy na služby související s užíváním bytu a má právo si vyžádat od osoby odpovědné za správu domu zúčtování záloh, které má být předloženo nejpozději do čtyř měsíců od ukončení zúčtovacího období. Případné nedoplatky nebo přeplatky záloh, jsou splatné do tří měsíců ke dni zaslání či předání zúčtování záloh od osoby odpovědné za správu domu. Příkladem záloh na služby je dodávka elektrické energie, dodávka tepla, dodávka teplé vody, dodávka vody a odvádění odpadních vod, úklid společných prostor atd. [3, 12]

### **1.4 Výpočet záloh na služby**

Výpočet výše záloh na služby a způsob jejich rozúčtování je uveden v zákoně o službách č. 67/2013 Sb. Následující pojmy a postupy výpočtů vyplývají ze jmenovaného zákona.

Zákon č. 67/2013 Sb. se zabývá výpočtem výše záloh na služby, rozúčtování, vyúčtování a vypořádání nákladů na služby. Tento zákon lze považovat za prováděcí předpis

stanovující podrobnosti týkající se správy domu a pozemku (dle občanského zákoníku č. 89/2012 Sb.). Veškeré náležitosti tohoto zákona se vztahují na všechny domy s byty a nebytovými prostory. Jedná se tedy jak o domy, kde je, či není založeno SVJ i o domy ve vlastnictví BDR.

### **Poskytoval služby**

Poskytovatelem služeb je vlastník nemovitosti (byt ve vlastnictví BDR) nebo vlastník jednotky (byt v osobním vlastnictví) a to v případě, že byt je užíván na základě nájemní smlouvy. Pokud však vlastník jednotky byt nepronajímá na základě nájemní smlouvy a sám ho užívá, pak je poskytovatelem služeb SVJ nebo BD. [13]

### **Příjemce služeb**

Příjemcem služeb je nájemce bytu v případě, že vlastník jednotky či vlastník nemovitosti byt pronajímá. Příjemcem služeb je vlastník jednotky, pokud byt nepronajímá. Vlastník jednotky je jak příjemcem služeb, tak i pronajimatelem služeb, v případě že byt pronajímá. [13]

### **Zúčtovací období**

Zúčtovací období je nejvýše dvanáctiměsíční období, za které poskytovatel služeb provede rozúčtování nákladů za poskytované služby v daném zúčtovacím období pro jednotlivé příjemce služeb včetně způsobu rozdělení. Následně provede vyúčtování skutečných nákladů na služby včetně započetí záloh na služby v daném zúčtovací období od příjemce služeb. Ve většině případů se jedná o kalendářní rok. [12, 13]

### **Služby**

*„Službami jsou zejména dodávka tepla a centralizované poskytování teplé vody, dodávka vody a odvádění odpadních vod, provoz výtahu, osvětlení společných prostor v domě, úklid společných prostor v domě, odvoz odpadních vod a čištění jímek, umožnění příjmu rozhlasového a televizního signálu, provoz a čištění komínů a odvoz komunálního odpadu.“ [13]*

Poskytovatel služeb a příjemce služeb se vzájemně dohodnou, co bude zahrnuto v poskytovaných službách. To bude platit v případě, kdy vlastník jednotky bude byt pronajímat. V ostatních případech o rozsahu poskytovaných služeb rozhodne shromáždění SVJ nebo členská schůze BDR. [13]

## **Výše záloh za služby**

Výše záloh za služby vychází obvykle z dohody mezi poskytovatelem a příjemcem služeb, nebo o výši záloh rozhodne shromáždění SVJ popřípadě členská schůze BDR dle svých předpisů a stanov z pozice poskytovatele služeb. Pokud nedojde ke vzájemné dohodě mezi poskytovatelem a příjemcem služeb, nebo se shromáždění či členská schůze neshodnou na výši záloh, pak výši záloh za jednotlivé služby určí poskytovatel služby jako měsíční podíl z předpokládaných ročních nákladů na služby za uplynulý rok, nebo na základě vyúčtování z předchozích zúčtovacích období případně náklady na služby odvodí z předpokládaných cen běžného roku. Po stanovení výše záloh na služby má poskytovatel služby právo během zúčtovacího období výše záloh měnit. Změna je možná pouze v případě, pokud k tomu má poskytovatel oprávněný důvod např. změna ceny určité služby, kvalita služby atd. Zálohy na služby se platí v měsíčních intervalech. [13]

## **Rozúčtování nákladů na služby**

O způsobu rozúčtování nákladů na služby rozhoduje poskytovatel služby a to v případě, že poskytovatelem je vlastník jednotky či vlastník nemovitosti. V ostatních případech o způsobu rozhodne shromáždění SVJ nebo členská schůze BDR dle svých předpisů a stanov jako z pozice poskytovatele služeb. Pokud nedojde k rozhodnutí výše zmíněných subjektů, náklady na služby se rozúčtují následovně:

*„a) dodávka vody a odvádění odpadních vod v poměru naměřených hodnot na podružných vodoměrech; není-li provedena instalace podružných vodoměrů ve všech bytech nebo nebytových prostorech v domě, rozúčtují se náklady na dodávku vody a odvádění odpadních vod podle směrných čísel roční potřeby vody<sup>1</sup>), b) provoz a čištění komínů podle počtu využívaných vyústění do komínů, c) umožnění příjmu rozhlasového a televizního signálu podle počtu kabelových zásuvek, d) provoz výtahu, osvětlení společných prostor v domě, úklid společných prostor v domě, odvoz odpadních vod a čištění jímek, odvoz komunálního odpadu, popřípadě další služby sjednané mezi poskytovatelem služeb a příjemcem služeb, podle počtu osob rozhodných pro rozúčtování.“ [13]*

Poskytovatel služby nemůže během zúčtovacího období měnit stanovený způsob rozúčtování nákladů na služby. Případnou změnu může provést až po uplynutí aktuálního zúčtovacího období. [13]

## **2 ROZÚČTOVÁNÍ NÁKLADŮ NA VYTÁPĚNÍ**

Případová studie této práce se zabývá energetickými úsporami BD, které jsou výsledkem opatření vedoucích ke snížení nákladů na vytápění. Tato část se zabývá výhradně náklady na vytápění, nikoliv náklady na ostatní služby (náklady na teplou vodu atd.). Způsob rozúčtováním nákladů na vytápění vychází ze zákona č. 67/2013 Sb. a z vyhlášky č. 269/2015 Sb.

### **2.1 Způsob rozúčtování**

Způsob rozúčtování nákladů na vytápění je odlišný pro poskytovatele služeb, který má povinnost instalace stanovených měřidel nebo zařízení pro rozdělování nákladů na vytápění oproti poskytovateli služeb, který tuto povinnost vyplývající ze zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. nemá. Poskytovatel služeb, který nemá povinnost instalace stanovených měřidel nebo zařízení pro rozdělování nákladů na vytápění, určí způsob rozúčtování nákladů na vytápění na základě rozhodnutí shromáždění SVJ nebo členské schůze BDR, přičemž vyhláška 269/2015 Sb. říká, že poskytovatel služeb rozdělí spotřební složku mezi příjemce služeb stejným způsobem jako základní složku. V opačném případě má poskytovatel služeb povinnost instalace měřidel nebo zařízení pro rozdělování nákladů na vytápění a způsob rozúčtování nákladů na vytápění se řídí zákonem č. 67/2013 Sb. Způsob rozúčtování nákladů na vytápění stanovený zákonem č. 67/2013 Sb. rozděluje náklady v zúčtovací jednotce za zúčtovací období na dvě složky, a to na složku základní a spotřební.

Zařízení pro rozdělování nákladů na vytápění se rozumí tzv. poměrové indikátory. Instalovanými měřidly se podle zákona o metrologii č. 505/1990 Sb. rozumí bytové měřiče tepla tzv. kalorimetry. Kalorimetry se v dnešní době instalují pouze v novostavbách a moderních budovách z ekonomických a technických důvodů, kde je teplo do bytu přiváděno z jednoho místa a do jednotlivých místností bytu se teplo rozvede vodorovným potrubím. V místě přivodu tepla do bytu je umístěn zmíněný kalorimetr. Ve starých zástavbách se instalují poměrové indikátory. Existují tři druhy poměrových indikátorů: senzory zaznamenávající teplotu vzduchu v bytě, indikátory umístěné na odtokových trubkách z radiátorů a indikátory instalované přímo na otopných tělesech. [13, 14, 15, 16]

### **2.2 Pojmy**

Se zmiňovanou problematikou rozúčtování nákladů na vytápění je nutno zmínit následující pojmy, definované ve vyhlášce č. 269/2015 Sb., se kterými práce nadále pracuje.



## **Zúčtovací jednotka**

Zúčtovací jednotkou je dům jako celek nebo pouze určitá část domu (například 1. nadzemní podlaží). Zúčtovací jednotkou mohou být také domy nebo jejich části, které mají jedno společné zařízení stanovující množství tepla na vytápění či na poskytování teplé vody. [14]

## **Vytápění**

Vytápěním se rozumí ústřední vytápění pomocí otopné soustavy se společným zdrojem tepla. Příkladem může být bytový dům, který má společné ústřední vytápění vedoucí teplo do všech bytových jednotek. Pokud by bytová jednotka měla vlastní zdroj tepla, pak se nejedná o vytápění ve výše uvedeném smyslu. Vytápění není ani vytápění prostřednictvím uzavřených okruhů, kde teplo dodává dodavatel přímo konečnému příjemci. [14]

## **Započitatelná podlahová plocha**

Započitatelná podlahová plocha je podlahová plocha místností vynásobená koeficientem, který se liší dle druhu místností a způsobem využití dané místnosti. Koeficienty dle druhu místností jsou uvedeny v příloze č. 1 vyhlášky č. 269/2015 Sb. [14]

## **Základní složka**

Základní složky nákladů na vytápění je poměrově rozdělena mezi příjemce služeb. Rozdělení nákladů vychází z poměru mezi velikostí započitatelné podlahové plochy bytu či nebytového prostoru k celkové započitatelné podlahové ploše bytů a nebytových prostorů v zúčtovací jednotce. Základní složka nákladů na vytápění tvoří 30 % až 50 % z celkových nákladů na vytápění. Zbytek nákladů tvoří spotřební složka. Procentuální výši základní složky z celkových nákladů na vytápění určí vždy poskytovatel služby. Základní složka nákladů na vytápění pokrývá náklady způsobené tepelnými ztrátami, které vznikají jednak únikem tepla obvodovým pláštěm budovy a také ztrátami vnitřního potrubí, které vedou teplo do jednotlivých bytů a místností. Základní složka dále pokrývá náklady na pohotovostní výkon otopné soustavy a náklady na temperování společných prostor domu. Tato složka není závislá na chování příjemců služeb, je pevně procentuálně dána poskytovatel služby, a to bez ohledu na celkovou výši nákladů na vytápění. [13, 14, 16]

## **Spotřební složka**

Spotřební složka nákladů na vytápění pokrývá náklady na dodané teplo do bytu otopnými tělesy, přičemž množství dodávaného tepla je závislé na regulaci přívodu tepla od otopných těles daného příjemce služeb. Spotřební složka se rozdělí mezi příjemce služeb dle skutečně naměřených nebo indikovaných spotřeb tepla. Hodnoty jsou stanoveny na základě měření kalorimetrů nebo z poměrových indikátorů. Náměry hodnot se provádí vždy na konci a na začátku daného zúčtovacího období. Spotřební složka zohledňuje umístění bytu v domě a jejich možnou rozdílnou náročnost vytápění pomocí korekcí a součinitelů. [13, 14, 16]

## **Celkové náklady na vytápění**

Celkové náklady na vytápění jsou součtem základní a spotřební složky. Celkové náklady na vytápění na 1 m<sup>2</sup> započitatelné podlahové plochy nesmí být nižší než 80 % průměrných nákladů na vytápění a vyšší než 200 % průměrných nákladů na vytápění za danou zúčtovací jednotku v daném zúčtovacím období. Průměrný náklad na vytápění v Kč/m<sup>2</sup> na 1 m<sup>2</sup> je vyjádřen podílem celkových nákladů na vytápění v Kč k celkové započitatelné ploše všech jednotek v domě. Pokud dojde k překročení uvedených rozdílů, poskytovatel služeb provede úpravu dle vyhlášky 269/2015 Sb. pouze u příjemců služeb, u kterých došlo k překročení stanovených limitů. Jednoduše řečeno každý příjemce služby vždy zaplatí minimálně 80 % průměrných nákladů na vytápění za zúčtovací jednotku a tím do jisté míry dochází ke spravedlivému rozúčtování nákladů na vytápění. [14, 16]

### **2.3 Vyúčtování nákladů na vytápění**

Poskytovatel služeb ve vyučování uvede skutečnou výši nákladů na vytápění a výši přijatých záloh na vytápění. Ve vyúčtování poskytovatel uvede následující:

- celkovou spotřebu tepla na vytápění za zúčtovací jednotku za dané zúčtovací období v GJ;
- jednotkovou cenu tepla na vytápění za zúčtovací jednotku v Kč/GJ;
- celkové náklady na vytápění za zúčtovací jednotku za dané zúčtovací období v Kč;
- měrné náklady na vytápění za zúčtovací jednotku v Kč/m<sup>2</sup>;
- podíl základní a spotřební složky z celkových nákladů na vytápění v %;
- základní a spotřební složku nákladů na vytápění v Kč;
- podlahovou plochu a započitatelnou podlahovou plochu zúčtovací jednotky a bytu nebo nebytového prostoru v m<sup>2</sup>;
- součet skutečných a přepočtených naměřených hodnot z kalorimetrů nebo poměrových indikátorů;

- měrnou spotřebu tepla na vytápění za zúčtovací jednotku za dané zúčtovací období v GJ /m<sup>2</sup> započitatelné podlahové plochy;
- vypočtenou výši úhrady příjemce služeb základní a spotřební složky včetně celkových nákladů na vytápění v Kč;
- koeficienty a součinitele použité pro přepočty podlahové plochy daného bytu nebo nebytového prostoru a pro přepočty skutečně naměřených hodnot;
- výši přijatých záloh na vytápění v Kč;
- rozdíl mezi zálohami a vypočtenými úhradami;
- způsob finančního vypořádání nedoplatku nebo přeplatku. [14, 17]

### 3 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Následující kapitola definuje pojmy týkající se energetické náročnosti budov. Vzhledem k tomu, že případová studie se zabývá energetickou náročností BD, je nutné vysvětlit základní pojmy týkající se energetické náročnosti budov jako je průkaz energetické náročnosti budov, roční potřeba tepla na vytápění, energetický štítek obálky budovy a s tím spojené tepelné ztráty budovy a postup výpočtu vedoucí právě k zjištění tepelných ztrát.

#### 3.1 Energetická náročnost budov

Energetická náročnost budovy (dále jen „ENB“) pro nové budovy (dle zákona č. 406/2000 Sb.) je vypočtené množství energie, které je nutné k užívání budovy. Jedná se o energii potřebnou k vytápění, přípravě teplé vody, chlazení, osvětlení, větrání a k úpravě vlhkosti vzduchu v budově. [19]

Naopak ENB u stávajících budov představuje skutečné množství spotřebované energie na užívání budovy. [20]

Ukazatele ENB jsou (dle vyhlášky č. 78/2013 Sb.):

*„Celková primární energie za rok, neobnovitelná primární energie za rok, celková dodaná energie za rok, dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok, průměrný součinitel prostupu tepla, součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici, účinnost technických systémů.“ [21]*

Obecně se hodnoty ukazatelů energetické náročnosti hodnocené budovy a referenční budovy stanoví výpočtem z údajů uvedených v dokumentaci budovy. U dokončených budov je pro výpočet hodnot nutný soulad vstupních údajů se současným stavem budovy. [21]

#### Referenční budova

Referenční budova je definována jako budova, která má vlastnosti (tvar, druh budovy, velikost, orientace ke světovým stranám, vnitřní uspořádání, užívání, klimatické podmínky, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami) totožné s hodnocenou budovou, ale odlišuje se od hodnocené budovy referenčními hodnotami. Referenční hodnoty jsou hodnoty vlastností budovy, jednotlivých typů konstrukcí a technických systémů budovy. Příkladem referenční hodnoty je průměrný součinitel prostupu tepla

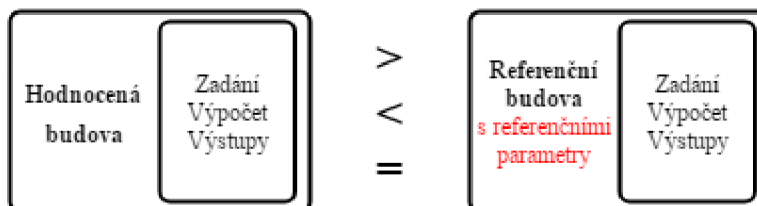
nebo účinnost otopné soustavy. Hodnoty a parametry referenční budovy jsou uvedeny v příloze č. 1 vyhlášky č. 78/2013 Sb. nebo v normě ČSN 73 0540-2. [21, 22]

### Hodnocená budova

Hodnocená budova je budova, pro kterou je stanovena energetická náročnost. To je skutečná budova, pro kterou jsou k dispozici patřičná zadání, výpočty a výstupy. [21]

### Hodnocení energetické náročnosti budov

Hodnocení budovy provádíme pomocí hodnocené a referenční budovy. Výpočet jednotlivých ukazatelů je proveden pro hodnocenou budovu i pro budovu referenční. Samotné hodnocení budovy z hlediska energetické náročnosti (Obr. 1 – Hodnocení energetické náročnosti budov) probíhá ve dvou částech. První část obsahuje zadání, výpočet a výstupy hodnocené budovy. Druhá část opět obsahuje zadání, výpočet a výstupy tentokrát referenční budovy s požadovanými hodnotami referenčních parametrů. [21, 22]



Obr. 1 - Hodnocení energetické náročnosti budovy (zdroj: vlastní zpracování dle [22])

### Primární energie

Primární energie je energie, která neprošla žádným procesem přeměny a je tedy volně dostupná v přírodě. Tato energie je dodávána do budovy jednotlivými energonositeli. Primární energie se dělí na obnovitelnou a neobnovitelnou. Celková primární energie je součtem obnovitelné primární energie a neobnovitelné primární energie. Obnovitelná primární energie má schopnost částečné nebo úplné obnovy a pochází z obnovitelných zdrojů energie. Energonositel obnovitelných zdrojů energie je například sluneční záření a biomasa (dřevo). Neobnovitelná primární energie je naopak energie pocházející z neobnovitelných zdrojů. Neobnovitelné zdroje energie jsou takové zdroje, jejichž vyčerpání je očekáváno v délce maximálně několik stovek let, kde jejich obnovení by bylo několikanásobně delší, než je jejich vyčerpání. Energonositel neobnovitelných zdrojů energie jsou především fosilní paliva jako ropa, zemní plyn a uhlí. [21, 22]

## Energonositel

*„Hmota nebo jev, které mohou být použity k výrobě mechanické práce nebo tepla nebo na ovládání chemických nebo fyzikálních procesů.“ [21]*

## Vypočtená spotřeba energie

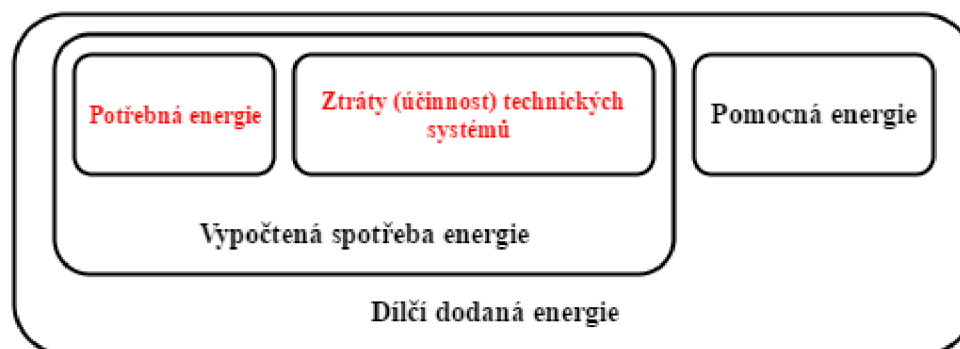
Vypočtená spotřeba energie je množství potřebné energie (pro vytápění, chlazení atd.) k zajištění typického užívání budovy zahrnující účinnost či ztrátu technických systémů. Spotřeba energie se vypočte z potřeby energie s vlivem účinností technických systémů, distribuce energie a její sdílení. [21, 22, 23]

## Pomocná energie

Pomocná energie je energie, která je nezbytná pro provoz technických systémů. Příkladem pomocné energie je energie, kterou spotřebují prvky systému pro regulaci či řízení kotle pro vytápění. [21, 22, 23]

## Dílčí dodaná energie

Dílčí dodaná energie je předpokládané množství energie na určitý účel, tj. na vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení. Tato energie (Obr. 2 – Dílčí dodaná energie) je součtem vypočtené spotřeby energie pro určitý účel (vytápění, chlazení atd.) a pomocné energie. [21, 22, 23]



Obr. 2 - Dílčí dodaná energie (zdroj: vlastní zpracování dle [22])

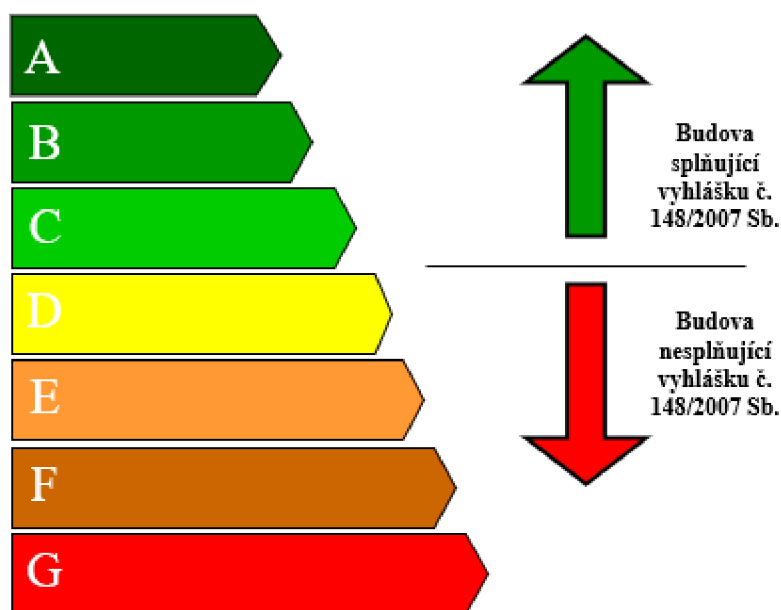
## Celková dodaná energie

Celková dodaná energie je součtem všech dílčích dodaných energií. Výsledná hodnota celkové dodané energie se přibližně rovná skutečné spotřebě energie v budově. [21, 22, 23]

## Nákladově optimální úroveň

*„Nákladově optimální úrovní se rozumí stanovené požadavky na energetickou náročnost budov nebo jejich stavebních nebo technických prvků, která vede k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.“ [22]*

Původní vyhláška č. 148/2007 Sb. říká, že požadavky na energetickou náročnost budov musí splnit minimálně klasifikační třídu C (Obr. 3 – Vyhláška č. 148/2007 Sb.) v celkové dodané energii do dané budovy. [22]



Obr. 3 - Vyhláška č. 148/2007 Sb. (zdroj: vlastní zpracování dle [22])

## Požadavky na energetickou náročnost budov

Vyhláška č. 78/2013 Sb. udává požadavky na ENB stanovené na nákladově optimální úrovni. V následující tabulce (Tab. 1 - Požadavky na ukazatele ENB) jsou ukazatele ENB, u kterých je určen požadavek na jejich splnění. Pro ostatní ukazatele ENB není určen žádný požadavek, který musí splňovat, a tyto ukazatele jsou pouze informativní.

Tab. 1 - Požadavky na ukazatele ENB [22]

Ukazatel ENB	Požadavek na ENB			
	Nové budovy	Rekonstruované budovy		
		Možnosti		
Neobnovitelná primární energie	x	x		
Celková dodaná energie	x		x	
Průměrný součinitel prostupu tepla	x	x	x	
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici				x
Účinnost technických systémů				x

Typ 1 udává požadavky na ENB pro nové budovy, budovy s téměř nulovou spotřebou, přístavby a nástavby, které navyšují energeticky vztahnou plochu minimálně o 25 %. Typ 2 naopak udává požadavky na ENB při větší změně dokončené budovy. Jednotlivé hodnoty ukazatelů ENB hodnocené budovy musí být nižší než referenční hodnoty těchto ukazatelů ENB. V případě ukazatele účinnosti technických systémů musí být hodnota ukazatele ENB hodnocené budovy vyšší než referenční hodnota tohoto ukazatele ENB. Jednotlivé referenční hodnoty jsou stanoveny tak, aby zajistily nákladově optimální úroveň ENB a jsou uvedeny ve vyhlášce č. 78/2013 Sb. nebo v normě ČSN 73 0540-2. [21, 22]

Požadavky na ENB jsou stanoveny zákonem č. 406/2000 Sb. a jednotlivé požadavky jsou přehledně uvedeny v následující tabulce (Tab. 2 - Požadavky na ENB). [19]

Tab. 2 - Požadavky na ENB [19]

Typ	Požadovaná ENB	Celková energeticky vztahná plocha	Platnost požadavku od
Výstavba nové budovy	Nákladově optimální úroveň	nerozlišuje se	1. 1. 2013
Výstavba nové veřejné budovy (vlastníkem a uživatelem orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci)	Téměř nulová spotřeba energie	větší než 1500 m <sup>2</sup>	1. 1. 2016
		větší než 350 m <sup>2</sup>	1. 1. 2017
		menší než 350 m <sup>2</sup>	1. 1. 2018



<b>Typ</b>	<b>Požadovaná ENB</b>	<b>Celková energeticky vztázná plocha</b>	<b>Platnost požadavku od</b>
Výstavba nové budovy	Téměř nulová spotřeba energie	větší než 1500 m <sup>2</sup>	1. 1. 2018
		větší než 350 m <sup>2</sup>	1. 1. 2019
		menší než 350 m <sup>2</sup>	1. 1. 2020
Větší změna dokončené budovy	Podle prováděcího právního předpisu	nerozlišuje se	1. 1. 2013

### **Budova s téměř nulovou spotřebou energie**

Budova s téměř nulovou spotřebou energie je budova s nízkou spotřebovanou energií na užívání budovy. Hodnoty spotřebované energie se blíží k nule, tzn. 0 – 5 kWh na 1 m<sup>2</sup> za rok. Značná část spotřebované energie je pokryta výhradně z obnovitelných zdrojů. [22]

### **Celková energeticky vztázná plocha**

Celková energeticky vztázná plocha je vnější půdorysná plocha všech prostorů s upravovaným vnitřním prostředím v celé budově. Tato plocha je vymezená vnějšími konstrukcemi obálky budovy. [22, 24]

### **Systémová hranice**

Systémová hranice je plocha, která je tvořena vnějším povrchem konstrukcí ohraničujících zónu. [22]

### **Zóna**

Zóna může představovat celou budovu nebo pouze nějakou ucelenou část této budovy, která má podobné vlastnosti (vnitřní prostředí, režim užívání a skladba technických systémů) jako celá budova. [22]

### **Obálka budovy**

Obálkou budovy jsou všechny konstrukce na systémové hranici budovy, které jsou vystaveny vnějšímu prostředí. Jednodušeji řečeno, jedná se o soubor všech stavebních prvků a konstrukcí, které „obalují“ vnitřní prostředí budovy a oddělují jej od prostředí vnějšího. Obálku budovy tvoří tyto konstrukce a prvky: střešní plášť, obvodové stěny, výplně stavebních otvorů, podlahy a lehké obvodové pláště. [22]

## Energetický audit

Energetický audit (dále je „EA“) je písemná zpráva o stávajícím nebo předpokládaném stavu hodnocené budovy, obsahující možná opatření na snížení energetické náročnosti budov tj. možné zvýšení úspor energie či zvýšení energetické účinnosti včetně energeticko-ekonomických přínosů k možným opatřením. Obsahem EA může být např. popis a zhodnocení stavu dané budovy, návrh možných opatření ke snížení ENB, ekonomické vyhodnocení a výstupy EA. [22]

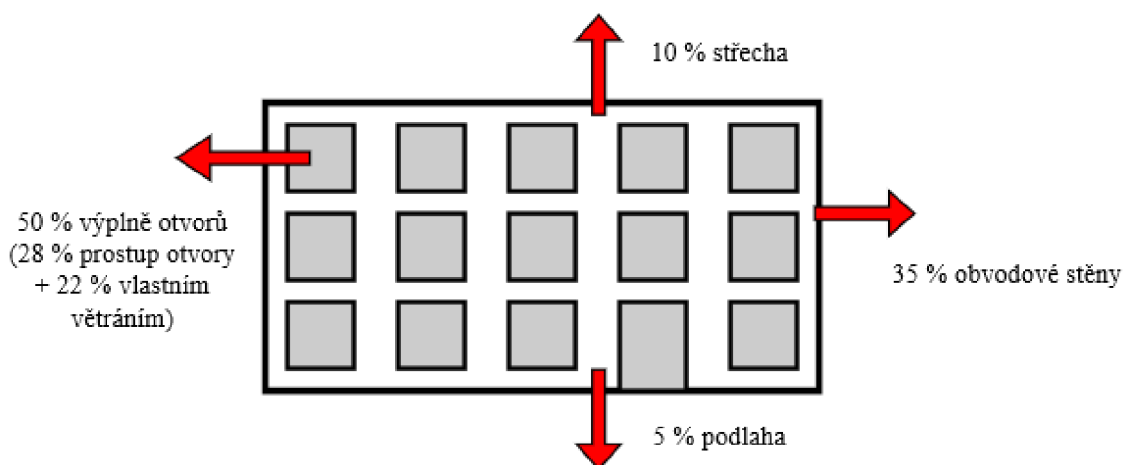
## Energetický posudek

Energetický posudek (dále jen „EP“) je písemná zpráva obsahující posouzení a vyhodnocení předem stanovených parametrů a to technických, ekologických a ekonomických. Tyto parametry předem stanoví zadávající. Jedná se o zjednodušený EA, který slouží například jako monitorovací zpráva realizovaného projektu.

EA i EP je oprávněn zpracovat pouze energetický specialista podle zákona č. 406/2000 Sb. Rozsah EA a EP je specifikován v prováděcí vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. [22]

### 3.2 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty budovy jsou ztráty vznikající vlivem úniku tepla. Opakem jsou tzv. tepelné zisky, kde naopak teplo v budově přibývá. Příkladem tepelného zisku je sluneční záření. Celkové tepelné ztráty jsou součtem ztrát prostupem tepla obálkou budovy a ztrát tepla vlivem větrání. Obvyklý podíl tepelných ztrát u nezatepleného BD je znázorněn na následujícím obrázku (Obr. 4 - Tepelné ztráty).



Obr. 4 - Tepelné ztráty (zdroj: vlastní zpracování dle [36])

Tepelné ztráty je nutné stanovit výpočtem pro každou budovu samostatně. Pro předběžné stanovení tepelných ztrát se používá zjednodušený postup výpočtu tzv. obálková metoda. Pro přesné stanovení tepelných ztrát se používá přesný výpočet tzv. přesná metoda.

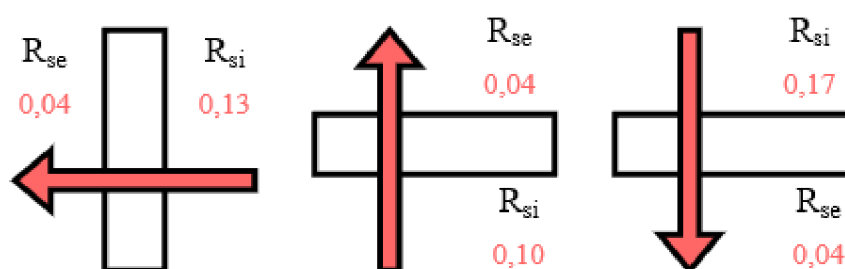
Případová studie se zabývá výpočtem celkových tepelných ztrát budovy a stanovením energetického štítku obálky budovy (dále jen „EŠOB“), proto se tato práce detailně zabývá pouze zjednodušeným výpočtem tepelných ztrát tzv. obálkovou metodou.

### Obálková metoda

Obálková metoda slouží pro předběžný výpočet tepelných ztrát v objektu a pro stanovení EŠOB daného objektu. V první řadě je nutné vymezit obálku budovy resp. vnější obrys vytápěné zóny, protože tepelné ztráty jsou řešeny pouze ve vytápěných prostorech. Následně se stanoví součinitel prostupu tepla  $U$  jednotlivých konstrukcí a posoudí se stanovená hodnota s hodnotou požadovanou dle normy ČSN 73 0540-2.

*„Součinitel prostupu tepla udává tepelný tok šířící se z vnitřního prostředí do vnějšího prostředí plochou  $1\text{m}^2$  při jednotkovém teplotním spádu vnějšího a vnitřního prostředí.“*  
[32]

Konstrukce s nižší hodnotou  $U$  propouští méně tepla, než konstrukce s vyšší hodnotou  $U$ . Pro stanovení součinitele prostupu tepla je nutné vypočítat tepelný odpor  $R_T$  dané konstrukce. Hodnoty tepelného odporu při prostupu tepla na vnitřní a vnější straně konstrukce dle směru šíření tepelného toku jsou zobrazeny na následujícím obrázku (Obr. 5 - Hodnoty tepelného odporu). [31, 32]



Obr. 5 - Hodnoty tepelného odporu (zdroj: vlastní zpracování dle [31])

Výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  bez vlivu tepelných mostů je následující.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (1)$$

$$R_T = R_{si} + \sum_{j=1}^n R_j + R_{se} \quad (2)$$

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (3)$$

kde	$U$	součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí [W/(m <sup>2</sup> .K)]
	$R_T$	tepelný odpor konstrukce [(m <sup>2</sup> .K)/W]
	$R_{si}$	tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [(m <sup>2</sup> .K)/W]
	$R_j$	tepelný odpor jednotlivých vrstev [(m <sup>2</sup> .K)/W]
	$R_{se}$	tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [(m <sup>2</sup> .K)/W]
	$d_j$	tloušťka vrstvy v konstrukci [m]
	$\lambda_j$	součinitel tepelné vodivosti materiálů [W/(m.K)]

Výsledný součinitel prostupu tepla  $U$  dané konstrukce, musí mít hodnotu nižší nebo rovnající se hodnotě požadované  $U_N$  normou ČSN 73 0540-2. Při změně či opravě již dokončených budov na více než 25 % obvodového pláště, od dokončení budovy nebo od posledního hodnocení, norma ČSN 73 0540-2 vyžaduje splnění hodnot  $U_N$ . [31, 32]

$$U \leq U_N \quad (4)$$

kde	$U_N$	požadovaný součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí [W/(m <sup>2</sup> .K)]
-----	-------	--

Po výpočtu  $U$  se lokalizuje řešený objekt a na základě toho se zjistí výpočtová venkovní teplota  $\theta_e$  pro danou lokalitu. Dalším krokem je stanovení převažující vnitřní teploty vytápěného prostoru  $\theta_{int}$ , teploty nevytápěného prostoru  $\theta_u$  a teploty přilehlé zeminy  $\theta_z$ . Jednotlivé teploty jsou stanoveny v příslušných tabulkách v normě ČSN 73 0540-2. Pro výpočet celkových tepelných ztrát zbývá stanovit plochu jednotlivých konstrukcí

$A_j$  neboli systémovou hranici, která se počítá z vnějších rozměrů konstrukcí a vnější objem budovy  $V_b$ . [31, 32]

$$\Phi_i = \Phi_{t,i} + \Phi_{v,i} \quad (5)$$

kde  $\Phi_i$  celkové tepelné ztráty objektu [W]  
 $\Phi_{t,i}$  tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru [W]  
 $\Phi_{v,i}$  tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru [W]

$$\Phi_{t,i} = H_T \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (6)$$

$$H_T = \sum A_j \cdot U_j \cdot b_j + A \cdot \Delta U_{tbn} \quad (7)$$

kde  $H_T$  měrná tepelná ztráta prostupem tepla [W/K]  
 $A_j$  plocha jednotlivých konstrukcí [m<sup>2</sup>]  
 $A$  celková plocha konstrukcí [m<sup>2</sup>]  
 $U_j$  součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí [W/(m<sup>2</sup>.K)]  
 $\theta_{int}$  převažující vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]  
 $\theta_e$  venkovní teplota [°C]  
 $\Delta U_{tbn}$  korekční činitel [W/(m<sup>2</sup>.K)]  
 $b_j$  redukční činitel pro jednotlivé konstrukce [-]

$$b_j = \frac{\theta_{int} - x}{\theta_{int} - \theta_e} \quad (8)$$

kde  $\theta_{int}$  převažující vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]  
 $x$  pro konstrukce ve styku s nevytápěným prostorem  $x = \theta_u$  [°C]  
 pro konstrukce ve styku se zemí  $x = \theta_z$  [°C]  
 $\theta_e$  venkovní teplota [°C]

Pro všechny ostatní konstrukce (vnější stěny, výplně otvorů, střecha), které nejsou ve styku s nevytápěným prostorem nebo se zemí, je redukční činitel vždy roven hodnotě  $b_j = 1$ .

Korekční činitel  $\Delta U_{tbm}$  udává běžný průměrný vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi. Orientační hodnoty tohoto činitele dle ČSN 73 0540-4 jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 3 - Korekční činitel). Pro obálkovou metodu se zvolí vždy jedna hodnota pro všechny konstrukce dané budovy. [31, 32]

Tab. 3 - Korekční činitel [31]

<b>Budova</b>	<b>Hodnota</b>
s optimalizovanými tepelnými vazbami	0,02
s mírnými tepelnými vazbami	0,05
s běžnými tepelnými vazbami	0,10
s výraznými tepelnými vazbami	0,20

Případová studie této práce se zabývá objektem s přirozeným větráním, proto následující výpočet tepelných ztrát větráním je vztažen pouze k přirozenému větrání a nikoliv k nucenému větrání.

$$\Phi_{V,i} = H_V \cdot (\theta_{int} - \theta_e) \quad (9)$$

kde  $H_V$  měrná tepelná ztráta přirozeným větráním [W/K]

$$H_V = V_i \cdot \rho c \quad (10)$$

kde  $V_i$  množství vzduchu přiváděného do místnosti [m<sup>3</sup>/h]

( $\rho c = 0,34$  pro  $V_i$  v m<sup>3</sup>/h)

Po zjištění vnějšího objemu budovy  $V_b$ , se zjednodušeným výpočtem stanoví vzduchový objem budovy  $V_{vzd}$  resp. vnitřní objem budovy. Tato zjednodušená metoda se využívá pouze při výpočtu tepelných ztrát obálkovou metodu.

$$V_{vzd} = 0,8 \cdot V_b \quad (11)$$

Hodnota  $V_i$  se rovná vyšší hodnotě z  $V_{inf,i}$  a  $V_{min,i}$ . Pro novostavby nebo budovy s vyměněnými výplněmi otvorů je vždy vyšší hodnota množství vzduchu přirozeným větráním  $V_{min,i}$ , a tudíž není potřeba počítat množství vzduchu infiltrací  $V_{inf,i}$ . [31]

$$V_{inf,i} = 2 \cdot V_{vzd} \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (12)$$

kde	$V_{inf,i}$	množství vzduchu infiltrací [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
	$V_{vzd}$	vnitřní objem budovy [ $\text{m}^3$ ]
	$n_{50}$	výměna vzduchu při tlaku 50 Pa mezi vnitřním prostorem a vnějším prostředím [ $\text{h}^{-1}$ ]
	$e_i$	koeficient chránění budovy [-]
	$\varepsilon_i$	korekční činitel výšky budovy [-]

$$V_{min,i} = n_{min} \cdot V_{vzd} \quad (13)$$

kde	$V_{min,i}$	množství vzduchu přirozeným větráním [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
	$n_{min}$	minimální výměna vzduchu [ $\text{h}^{-1}$ ]

Norma ČSN EN 12 831 požaduje minimální výměnu vzduchu  $n_{min}$  pro obytné budovy 0,3 až 0,6  $\text{h}^{-1}$ . Obvykle se počítá  $n_{min}$  s hodnotou 0,3  $\text{h}^{-1}$ . [31]

### 3.3 Roční potřeba tepla na vytápění

Případová studie této práce se zabývá stanovením možných energetických úspor na základě návrhu energetických opatření. Pro stanovení energetických úspor je nutné stanovit právě roční potřebu tepla na vytápění pro stávající stav budovy a pro navržené energetické opatření. Procentuální rozdíl mezi roční potřebou tepla stávajícího stavu budovy a roční potřebou tepla budovy po energetickém opatření je hledaná procentuální energetická úspora objektu. Zjištěným procentuálním rozdílem se poníží skutečná spotřeba tepla na vytápění a zjistí se možná spotřeba tepla objektu po energetickém opatření.

Roční potřeba tepla na vytápění je množství energie, které je nutné dodat do budovy, aby byla zajištěna požadovaná vnitřní teplota vytápěných prostor s ohledem na množství celkové tepelné ztráty budovy, lokalitu budovy, počet dní otopného období, průměrnou venkovní teplotu v otopném období a na výpočtovou venkovní teplotu. Pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění se využívá tzv. denostupňová metoda. Roční potřebu tepla na vytápění je nutné rozdělit na tzv. teoretickou roční potřebu tepla na vytápění  $Q_{VYT,teor}$  bez vlivu účinnosti zdroje tepla, rozvodů vytápění a obsluhy soustavy a na tzv. skutečnou roční potřebu tepla na vytápění  $Q_{VYT}$  neboli vypočtenou roční spotřebu tepla na vytápění včetně vlivů zmíněných účinností. [31, 33, 34]

$$Q_{VYT,teor} = \frac{24 \cdot \Phi_i \cdot \varepsilon \cdot D}{\theta_{int} - \theta_e} \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \quad (14)$$

kde	$Q_{VYT,teor}$	teoretická roční potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]
	24	počet hodin během dne [h]
	$\Phi_i$	celková tepelná ztráta objektu [W]
	$D$	počet denostupňů [K.dny]
	$\theta_{int}$	převažující vnitřní teplota vytápěného prostoru [°C]
	$\theta_e$	venkovní teplota [°C]

$$D = d \cdot (\theta_{int} - \theta_{e,s}) \quad (15)$$

kde	$d$	počet dní otopného období [dny]
	$\theta_{e,s}$	průměrná venkovní teplota v otopném období [°C]

$$e_i = \frac{\Phi_{t,i}}{\Phi_i} \quad (16)$$

kde	$e_i$	součinitel vyjadřující nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a prostupem tepla [-]
-----	-------	---

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad (17)$$

kde	$\varepsilon$	opravný součinitel [-]
	$e_t$	snížení teploty v místnosti během dne respektive noci [-] 1,0 pro nemocnice 0,95 pro obytné budovy s nepřerušovaným vytápěním 0,9 pro obytné budovy s přerušovaným vytápěním 0,65 pro správní budovy a 0,8 pro školy
	$e_d$	zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-] 1,0 pro budovy se sedmidenním provozem 0,9 pro budovy se šestidenním provozem 0,8 pro budovy s pětidenním provozem



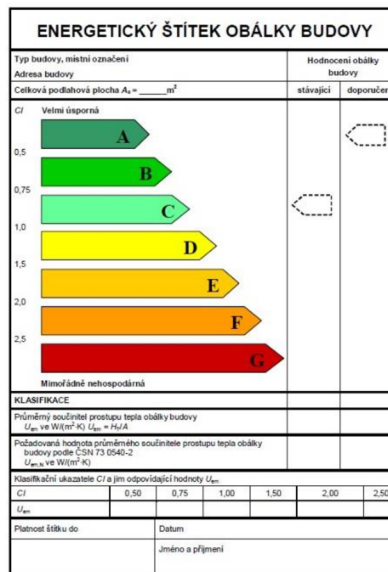
$$Q_{VYT} = \frac{Q_{VYT, teor}}{\eta_k \cdot \eta_r \cdot \eta_o} \quad (18)$$

kde	$Q_{VYT}$	skutečná roční potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]
	$\eta_k$	účinnost zdroje tepla [-] (rozmezí dle zdroje tepla od 0,68 do 0,99)
	$\eta_r$	účinnost rozvodů vytápění [-] (rozmezí od 0,95 do 0,98)
	$\eta_o$	účinnost obsluhy a regulace soustavy [-] (rozmezí od 0,9 do 1,0)

Stejně, jako v případě výpočtu tepelné ztráty objektu, jsou jednotlivé teploty stanoveny v normě ČSN 73 0540-2 a v normě ČSN 38 3350. Přesný počet dní otopného období  $d$  a průměrnou venkovní teplotu  $\theta_{e,s}$  za konkrétní otopné období lze zjistit z údajů Českého hydrometeorologického ústavu. [22, 31, 33, 34]

### 3.4 Energetický štítek obálky budovy

EŠOB je dokument, který hodnotí danou budovu z hlediska kvality konstrukcí a provedení obálky budovy podle použitých materiálů a jejich tepelných odporů. Průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen „PENB“) na rozdíl od EŠOB hodnotí budovu z hlediska všech potřebných energií, které do budovy vstupují, tj. energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, osvětlení a větrání. EŠOB je tedy součástí PENB. EŠOB je grafickým vyjádřením stavebně – energetických vlastností konstrukcí domu a je obdobou štítků používaných u elektrických spotřebičů. EŠOB klasifikuje stejně jako PENB hodnocenou budovu do sedmi klasifikačních tříd A až G, avšak slovní vyjádření klasifikačních tříd je u EŠOB odlišné. Klasifikace do jednotlivých tříd se odvíjí od tzv. klasifikačního ukazatele  $CI$ . Výsledkem jsou horní hranice klasifikačních tříd A až G. Za vyhovující budovy jsou považovány budovy, které dosáhnou nejhůře klasifikační třídy C. EŠOB ukazuje hodnocení stávajícího stavu budovy a hodnocení možného doporučeného opatření a tím tedy možné zlepšení z hlediska energetické náročnosti budovy. EŠOB se řídí normou ČSN 73 0540-2. Níže je uvedeno grafické znázornění EŠOB (Obr. 6 - EŠOB). Zpracování EŠOB není ze zákona povinné, ale je pouze dobrovolné. [28, 29]



Obr. 6 - EŠOB [30]

Klasifikační ukazatel  $CI$  se stanovuje obdobným způsobem jako výpočet tepelných ztrát budovy obálkovou metodou (viz kapitola 3.2). Při stanovení ukazatele  $CI$  je nutné v prvním kroku stanovit součinitele prostupu tepla  $U$  jednotlivých konstrukcí (viz kapitola 3.2) jak pro hodnocenou budovu, tj. vypočítané  $U$  pro jednotlivé konstrukce, tak i pro referenční budovu tj. požadované  $U_N$  pro jednotlivé konstrukce. Dále se určí nutné údaje pro výpočet klasifikačního ukazatele  $CI$  (nevytápěné prostory, vytápěné prostory, klimatické podmínky pro výpočet, objem vytápěných prostor budovy  $V$ , plocha obálky budovy  $A$ , objemový faktor budovy  $A/V$  a redukční činitel  $b_j$  pro jednotlivé konstrukce). Poté následuje výpočet měrné tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi  $H_T$  [W/K] pro hodnocenou budovu a referenční budovu. [31]

$$H_T = \sum A_j \cdot U_j \cdot b_j + A \cdot \Delta U_{t_{bm}} \quad (19)$$

- kde  $A_j$  plocha jednotlivých konstrukcí [m<sup>2</sup>]  
 $A$  celková plocha konstrukcí [m<sup>2</sup>]  
 $U_j$  součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí [W/(m<sup>2</sup>·K)]  
 (pro referenční budovu  $U_j = U_N$ , hodnocenou budovu  $U_j = U$ )  
 $b_j$  teplotní redukční činitel pro jednotlivé konstrukce  
 $\Delta U_{t_{bm}}$  korekční činitel [W/(m<sup>2</sup>·K)]

Po výpočtu měrných tepelných ztrát prostupem tepla konstrukcemi  $H_T$  se stanoví jak pro hodnocenou, tak i pro referenční hodnotu průměrný součinitel prostupu tepla  $U$ . U hodnocené budovy se průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  počítá včetně vlivu tepelných vazeb, ale u referenční budovy se průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$  počítá s konstantní hodnotou tepelných vazeb, které odpovídá hodnotě pro budovy s optimalizovanými tepelnými vazbami tj. 0,02. Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  (hodnocené budovy):

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (20)$$

Průměrný požadovaný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$  (referenční budova):

$$U_{em,N} = \frac{\sum A_j \cdot U_N \cdot b_j}{\sum A_j} + 0,02 \quad (21)$$

Průměrný požadovaný součinitel prostupu tepla  $U_{em,N}$  je nejvýše 0,5 pro nové budovy a pro ostatní budovy se nejvyšší možná hodnota odvíjí na základě objemového faktoru budovy  $A/V$ . Tyto hodnoty pro ostatní budovy jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2. Za vyhovující (klasifikační třída C) dle normy ČSN 73 0540-2 je každá budova splňující níže uvedenou podmínku.

$$U_{em} \leq U_{em,N} \quad (22)$$

Výslednou hodnotou je klasifikační ukazatel  $CI$ , od kterého se odvíjí následné zařazení hodnocené budovy do klasifikační třídy A až G. [31]

$$CI = \frac{U_{em}}{U_{em,N}} \quad (23)$$

Klasifikační třída A až G a jejich slovní vyjádření včetně hranic jednotlivých klasifikačních tříd jsou na níže uvedeném obrázku (Obr. 7 - Klasifikační třídy EŠOB).

	$U_{em}$	Horní hranice CI
<b>A</b> Velmi úsporná	$U_{em} \leq 0,5 \times U_{em,N}$	0,50
<b>B</b> Úsporná	$0,5 \times U_{em,N} < U_{em} \leq 0,8 \times U_{em,N}$	0,75
<b>C</b> Vyhovující	$0,8 \times U_{em,N} < U_{em} \leq U_{em,N}$	1,00
<b>D</b> Nevyhovující	$U_{em,N} < U_{em} \leq 1,5 \times U_{em,N}$	1,50
<b>E</b> Nehospodárná	$1,5 \times U_{em,N} < U_{em} \leq 2,0 \times U_{em,N}$	2,00
<b>F</b> Velmi nehospodárná	$2,0 \times U_{em,N} < U_{em} \leq 2,5 \times U_{em,N}$	2,50
<b>G</b> Mimořádně nehospodárná	$U_{em} > 2,5 \times U_{em,N}$	>2,50

Obr. 7 - Klasifikační třídy EŠOB (zdroj: vlastní zpracování dle [31])

Třídy A až C splňují normu ČSN 73 0540-2. Naopak třídy D až G jsou nevyhovující a nespĺňují tak normu ČSN 73 0540-2, z důvodu vyšší hodnoty  $U_{em}$  než je hodnota požadovaná normou  $U_{em,N}$ . [31]

### 3.5 Průkaz energetické náročnosti budovy

PENB je dokument, který obsahuje informace o energetické náročnosti stávající či nové budovy nebo pouze informaci o energetické náročnosti ucelené části budovy. Ucelenou částí budovy se rozumí např. byt nebo nebytový prostor. PENB hodnotí budovu z hlediska všech potřebných energií, které do budovy vstupují, tj. energie na vytápění, chlazení, přípravu teplé vody, osvětlení a větrání. Obecně se jedná o dokument, který slouží k prokázání splnění podmínek prováděcí legislativy pro nové či stávající budovy, ke kvalifikaci stávajících budov, které jsou v majetku státu či budov určených k prodeji nebo pronájmu.

PENB je oprávněn zpracovat pouze energetický specialista či osoba oprávněná k výkonu této činnosti jiného členského státu EU. PENB má platnost 10 let ode dne vydání nebo do provedení větší změny dokončené budovy či změny způsobu vytápění, chlazení nebo přípravy teplé vody.

Povinnost zpracování PENB plyne ze zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Vlastník veřejné budovy nebo soukromý vlastník budovy je povinen mít od 1. ledna 2013 zpracovaný PENB při výstavbě nové budovy či při větších změnách dokončené budovy (změna na více než 25% celkové plochy obálky budovy např. při výměně oken, zateplení obvodového pláště budovy).

Vlastník veřejné budovy je povinen mít zpracovaný a vystavený PENB od 1. července 2013 u veřejné budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 500 m<sup>2</sup> a od 1. července 2015 u veřejné budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 250 m<sup>2</sup>. PENB musí být ve veřejných budovách viditelně umístěn.

Vlastník BD nebo administrativní budovy je povinen mít zpracovaný PENB, bez ohledu na to zda jsou či nejsou prováděny změny, od 1. ledna 2015 u budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1500 m<sup>2</sup>, od 1. ledna 2017 u budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1000 m<sup>2</sup> a od 1. ledna 2019 u budovy s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 1000 m<sup>2</sup>.

Obecně je každý vlastník budovy povinen mít zpracovaný PENB při prodeji či pronájmu budovy nebo její ucelené části a od 1. ledna 2016 při pronájmu ucelené části budovy. Vlastník jednotky je povinen předložit PENB či jeho ověřenou kopii kupujícímu a od 1. ledna 2016 možnému nájemci. V případě, kdy vlastník jednotky na vyžádání neobdrží PENB od vlastníka budovy, má možnost nahradit PENB předložením vyúčtování dodávek daných energií pro danou jednotku za poslední 3 roky. [19, 22, 25]

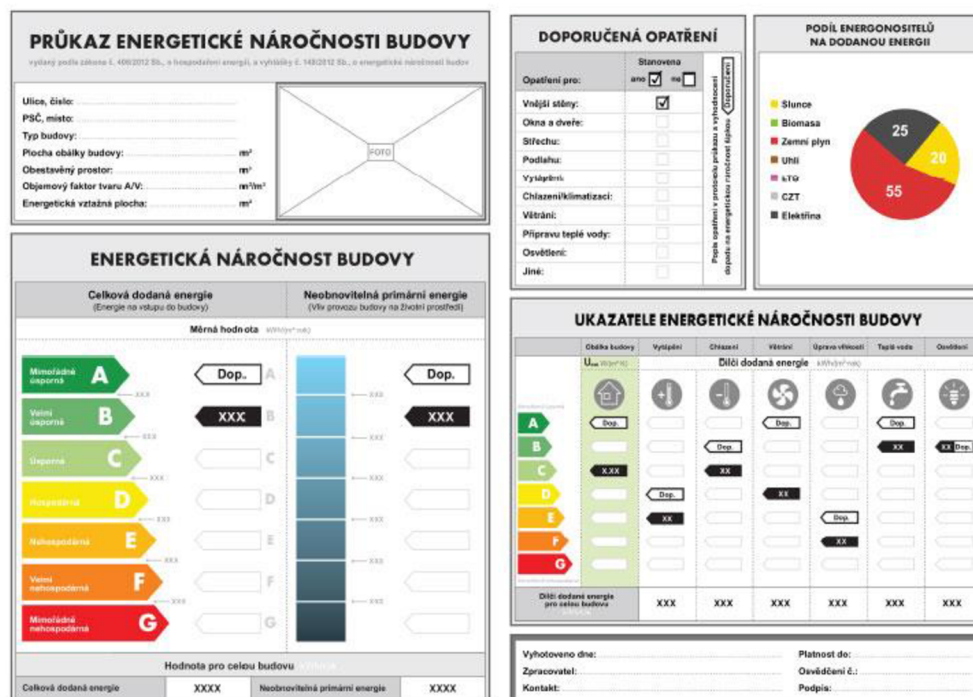
Do konce roku 2015 platilo, že SVJ nemuselo mít zpracovaný PENB, v případě, kdy nic neprodávalo nebo nepronajímalo. Od 1. ledna 2016 musí mít SVJ zpracovaný PENB a to bez ohledu na to, zda dojde nebo nedojde k prodeji či pronájmu budovy nebo její ucelené části. Pro BDR je situace s povinností PENB velmi podobná. BDR má povinnost mít zpracovaný PENB od 1. ledna 2016, bez ohledu na to, zda dojde nebo nedojde k prodeji či pronájmu budovy nebo její ucelené části, přičemž do tohoto data žádnou povinnost neměli ani v případě, kdy došlo k prodeji či pronájmu BJ. [26, 27]

Podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. musí protokol PENB obsahovat následující:

*„a) Účel zpracování průkazu, b) základní informace o hodnocené budově, c) informace o stavebních prvcích a konstrukci a technických systémech, d) energetickou náročnost hodnocené budovy, e) posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, f) doporučená opatření pro snížení energetické náročnosti budovy, včetně opatření při změně stavebního prvku obálky, nebo technického systému, g) identifikační údaje energetického specialisty a datum vypracování průkazu, h) zdroj, kde lze získat informace k průkazu energetické náročnosti budovy zejména*

možnosti realizace doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy a stanovení nákladů na realizaci těchto opatření a možnosti jejich financování.“ [21]

PENB musí obsahovat kromě již výše zmíněného protokolu také grafické znázornění (Obr. 8 – PENB).



Obr. 8 - PENB [22]

Grafické znázornění průkazu má vždy stejnou podobu, ať se jedná o PENB pro novou budovu nebo např. o PENB pro případ prodeje budovy. Průkaz obsahuje zařazení dané budovy do klasifikační třídy PENB. PENB klasifikuje hodnocenou budovu do sedmi kategorií A až G (Obr. 9 - Klasifikační třídy PENB). Klasifikační třídy se stanovují pro celkovou dodanou energii, neobnovitelnou primární energii, dílčí dodané energie a průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$ . Rozdělení do jednotlivých tříd se odvíjí od spotřeby energie v kWh na 1 m<sup>2</sup> za rok. Horní hranice jednotlivých klasifikačních tříd se stanovují na základě referenční hodnoty klasifikovaného ukazatele ENB  $E_R$ , která se určuje z referenčních podmínek pro novou budovu, které jsou přílohou č. 1 vyhlášky č. 78/2013 Sb. Zmíněný způsob stanovení horní hranice jednotlivých klasifikačních tříd je totožný pro všechny ostatní případy, a to pro změnu dokončené budovy, budovu s téměř nulovou spotřebou energie a při prodeji či pronájmu budovy. [19, 21, 22]

	Horní hranice	
	Energie	$U_{em}$
<b>A</b> Mimořádně úsporná	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$
<b>B</b> Velmi úsporná	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$
<b>C</b> Úsporná	$E_R$	
<b>D</b> Méně úsporná	$1,5 \times E_R$	
<b>E</b> Nehospodárná	$2 \times E_R$	
<b>F</b> Velmi nehospodárná	$2,5 \times E_R$	
<b>G</b> Mimořádně nehospodárná		

Obr. 9 - Klasifikační třídy PENB (zdroj: vlastní zpracování dle [21])

## 4 ENERGETICKÉ ÚSPORY BYTOVÉHO DOMU

Možnosti energetických úspor vedoucí ke snížení energetické náročnosti budov jsou v dnešní době v každém SVJ či BDR mezi jednotlivými vlastníky často projednávanou záležitostí. Důvodem je snížení nákladů na vytápění a možnost využití financování z některého dotačního programu, kde SVJ či BDR zaplatí pouze určitou část z investičních nákladů. Jednotlivé možnosti energetických úspor pro BD jsou tématem této kapitoly. Z důvodu zaměření a obsahu případové studie se tato část zabývá pouze možnostmi energetických úspor, které vedou ke snížení spotřeby energie na vytápění a snížení tepelných ztrát budovy. Jedná se pouze o opatření v rámci vnějšího obrysu či obálky budovy.

Základní možná opatření vedoucí ke snížení spotřeby energie na vytápění a snížení tepelných ztrát budovy jsou následující.

1. Zateplení obvodového pláště (viz podkapitola 4.1)
2. Zateplení střechy (viz podkapitola 4.2)
3. Zateplení podlahy a stropu (viz podkapitola 4.3)
4. Výměna výplní okenních a dveřních otvorů (viz podkapitola 4.4)

Detailní rozbor a popis výše uvedených opatření není tématem této práce, proto jsou níže popsána pouze ve stručnosti.

### 4.1 Zateplení obvodového pláště

Zateplením obvodového pláště budovy dochází ke zvýšení tepelného odporu konstrukce  $R_T$  oproti nezateplenému domu a právě díky tomuto navýšení dochází ke snížení tepelných ztrát prostupem tepla. Zateplení přináší mnoho dalších výhod: zvýšení vnitřní povrchové teploty konstrukce v zimě, snížení vnitřní povrchové teploty v létě, zlepšení estetických vlastností a zvýšení ochrany před povětrnostními vlivy. [35]

Z hlediska umístění zateplovacího systému rozlišujeme:

- Vnější zateplovací systémy
- Vnitřní zateplovací systémy

Dle jejich provedení dělíme zateplovací systémy na:

- Tepelně-izolační omítky
- Kontaktní zateplovací systémy
- Bezkontaktní (odvětrávané) zateplovací systémy



## **Vnitřní zateplovací systémy**

Vnitřní zateplovací systém (kontaktní i bezkontaktní) se používá velmi zřídka. Toto opatření sice sníží tepelné ztráty v objektu, ale přinese mnoho nových problémů jako je např. kondenzace vodních par uvnitř konstrukce, vznik plísní na povrchu vnitřních konstrukcí nebo možný vznik tepelných mostů uvnitř konstrukce.

## **Tepelně-izolační omítky**

Tepelně-izolační omítky se vyrábějí z pojiva (cement, vápno) a tepelně-izolačního plniva, jako jsou např. granuláty (např. perlit) a pěnové sklo. Zástupcem zmíněných omítek je např. třívrstvá tepelně-izolační omítka nebo perlitová omítka. Výhodou těchto omítek je jejich nízká cena a fakt, že nedojde ke změně původního povrchu konstrukce. Nevýhodou je jejich omezená možnost využití, protože nespĺňují současnou legislativu. [36, 38]

## **Vnější bezkontaktní zateplovací systémy**

Vnější bezkontaktní zateplovací systém je systém, který má odvětrávanou vzduchovou mezeru mezi vnějšími montovanými prvky a tepelnou izolací. Hlavním principem je vytvoření nového dodatečného pláště ke stávající konstrukci. Je to obdobný systém jako vnější kontaktní zateplovací systém, avšak tepelná izolace není nosná a tento systém je tvořen tzv. montovanou předstěnou s vnějšími montovanými prvky. Zmíněná předstěna se zhotovuje z dřevěného nebo kovového nosného roštu. Vnější montované prvky tvoří odsazený vnější plášť, který je připevněn k nosnému roštu. Vnější plášť lze rozdělit na dvě hlavní kategorie a to na lehký (plech, plast, speciální desky sloužící jako podklad pro omítky) a těžký (keramika, beton, kámen). Skladba vnějšího bezkontaktního zateplovacího systému je tvořena vnějším pláštěm, odvětrávanou vzduchovou mezerou, tepelnou izolací a nosným roštem. Výhodou tohoto systému je suchá montáž a možnost změny tloušťky tepelné izolace bez změny vnějších montovaných prvků. Naopak nevýhodou je vyšší pořizovací cena oproti kontaktnímu zateplovacímu systému. Tento systém se doporučuje hlavně pro budovy s vyšší vlhkostí, pro průmyslové a občanské stavby. [35, 36, 37]

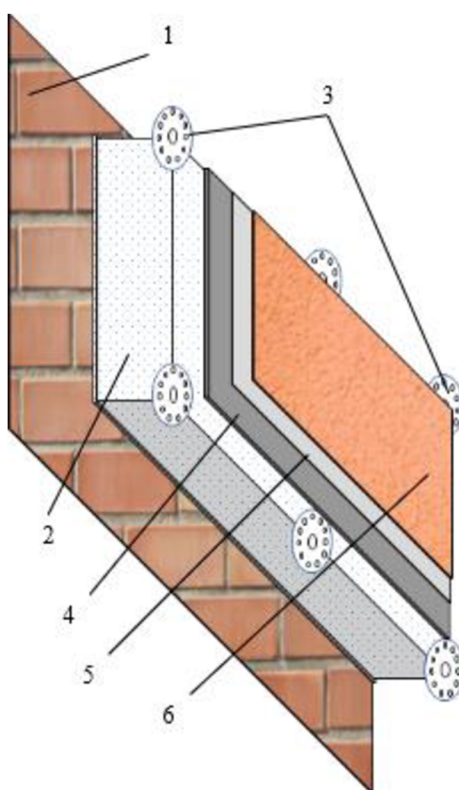
## **Vnější kontaktní zateplovací systémy**

Vnější kontaktní zateplovací systém je systém, který je přímo v kontaktu s nosnou konstrukcí a všechny vrstvy systému jsou ve vzájemném kontaktu. Jako materiál pro tepelnou izolaci se nejčastěji používá expandovaný pěnový polystyren (EPS), extrudovaný pěnový polystyren (XPS) nebo minerální vlna (MW). Výhodou tohoto systému je cena, relativně snadná aplikace, zlepšení tepelně-izolačních vlastností obvodového pláště a vyloučení vlivu tepelných mostů uvnitř konstrukce. Mezi nevýhody

patří nevhodnost systému pro vlhké prostředí a nutnost zajistit vysokou kvalitu všech užitých materiálů. Tento systém se doporučuje pro zateplení rodinných a bytových domů.

Vnější kontaktní zateplovací systém (dále jen „VKZS“) přesněji řečeno vnější tepelně-izolační kompozitní systém (dále jen „ETICS“) tvoří sestavu vyrobených výrobků včetně následného technologického postupu při aplikaci tohoto systému dle normy ČSN 73 2901 a dle evropské směrnice řídících pokynů ETAG 004. Materiály, použité v systému ETICS, musí být certifikované. Při výběru ETICS je vhodné, aby kompletní zateplovací systém pocházel od jednoho výrobce, který má jednotlivé zateplovací systémy certifikované. Skladba systému ETICS (Obr. 10 – Skladba ETICS) je tvořena z následujících vrstev. [35, 37, 38]

1. Stávající podklad
2. Lepící hmota
2. Tepelná izolace (EPS, XPS, MW)
3. Kotvící hmoždinky
4. Základní vrstva (armovací stěrka + síťovina ze skleněných vláken)
5. Penetrace
6. Povrchová úprava (umělopryskyřičná, silikonová, silikátová, mozaiková omítka)



Obr. 10 - Skladba ETICS (zdroj: vlastní zpracování)

## 4.2 Zateplení střechy

Dodatečné zateplení střechy je otázkou správného návrhu skladby a kvalitního provedení. Zateplení střech lze rozdělit na zateplení šikmých střech a na zateplení plochých střech, přičemž v obou dvou případech dále rozlišujeme střechy odvětrávané a neodvětrávané. Tato část se věnuje pouze zateplením plochých střech, a to z důvodu obsahu případové studie, jejíž předmětem je BD s plochou střechou.

Ploché střechy kladou vysoké nároky na vnější povrch střechy i na hydroizolační vrstvu střechy, která musí být od ostatních částí střechy oddělena expanzní neboli mikroventilační vrstvou či systémem větracích kanálků. Při špatném návrhu skladby ploché střechy může dojít ke zvýšené kondenzaci vodních par uvnitř střešní konstrukce, ale také k zatékání. Základními kritérii pro správné provedení zateplení střechy je zajištění dostatečného spádu střešní konstrukce ke střešním vpustím (minimálně 5 %) a vhodný výběr vnějšího povrchu střechy s vysokým difúzním odporem. Vhodnou tepelnou izolací pro ploché střechy jsou pěnové izolační desky z tvrzené polyuretanové pěny (PUR), extrudovaný polystyren (EPS) nebo expandovaný polystyren (XPS). Ploché střechy z konstrukčního hlediska dělíme na následující. [36, 38]

- Jednoplášťové (neodvětrávané) ploché střechy
- Dvouplášťové (odvětrávané) ploché střechy

### Jednoplášťové ploché střechy

Jednoplášťové ploché střechy jsou z hlediska kondenzace vodních par nejproblémovější konstrukcí v rámci celé stavby. Konstrukce jednoplášťové ploché střechy tvoří jeden celek složený z nosné konstrukce (strop nad posledním podlaží), tepelné izolace a hydroizolační vrstvy (krytina střechy). Mezi nosnou konstrukci a tepelnou izolaci se umísťuje parozábrana, která zabráňuje pronikání vlhkosti z konstrukce do izolace. Dle umístění tepelné izolace dělíme jednoplášťové ploché střechy na jednoplášťové ploché střechy normální, kde je tepelná izolace umístěna pod hydroizolační vrstvou a v případě umístění tepelné izolace nad hydroizolační vrstvou se jedná o jednoplášťové ploché střechy obrácené. Obecně se tento typ střech nedoporučuje nad prostory s relativní vlhkostí vzduchu vyšší než 60 % a je zcela nevhodný do horských podmínek.

V případě dodatečného zateplení stávající jednoplášťové ploché střechy nebo při její rekonstrukci lze zateplení provést dvěma způsoby, a to buď zachovat jednoplášťovou plochou střechu, nebo stávající střechu převést na dvouplášťovou plochou střechu (viz ploché dvouplášťové střechy). Vždy je však nutné splnit hodnotu tepelných odporů plochých střech dle normy ČSN 73 0540-2. Pokud se ponechá jednoplášťová plochá střecha, pak jsou dvě následující varianty řešení dodatečného zateplení.

1. Odstraní se stávající hydroizolační vrstva a doplní se tepelnou izolací s požadovaným tepelným odporem, expanzní vrstvu a novou hydroizolací.
2. Nad stávající hydroizolaci se doplní tepelná izolace s požadovaným tepelným odporem, expanzní vrstvu a novou hydroizolací. [36, 37]

### **Dvouplášťové ploché střechy**

Ploché dvouplášťové střechy jsou z hlediska kondenzace vodních par zcela jistě bezpečnější než ploché jednoplášťové střechy. Skladba střechy je tvořena ze tří základních částí a to ze spodního pláště (strop nad posledním podlaží) s tepelnou izolací, větrané vzduchové vrstvy a z horního pláště (hydroizolační vrstva). Při návrhu tepelné izolace ve spodní části se volí více tenčích vrstev tepelné izolace z důvodů eliminace vzniku možných tepelných mostů. Vzduchová vrstva musí být navržena tak, aby v ní nedocházelo ke kondenzaci vodních par. Tento typ střech se doporučuje nad prostory s relativní vlhkostí vzduchu vyšší než 60 %.

V případě dodatečného zateplení stávající dvouplášťové ploché střechy nebo při její rekonstrukci, lze zateplení střechy provést třemi následujícími způsoby.

1. Zachová se plochá dvouplášťová střecha, která se doplní o potřebnou tloušťku tepelné izolace, pokud to prostor vzduchové vrstvy umožní.
2. Zachová se plochá dvouplášťová střecha s tím, že se nejprve demontuje vnější vrstva střechy, poté se doplní potřebná tloušťka tepelné izolace a následně se opět namontuje vnější vrstva střechy zpět a pokud je potřeba, zvýší se pomocí distančních prvků, aby byla vzduchová vrstva dostatečná. Toto řešení je výrazně nákladnější oproti variantě č. 1, avšak je nezbytné pro prostory s relativní vlhkostí vyšší než 60 %.
3. Stávající plochá dvouplášťová střecha se převede na jednoplášťovou plochou střechu a to tak, že se úplně nebo částečně uzavřou vstupní a výstupní otvory vzduchové vrstvy a tato se vrstva se tak stane uzavřenou vrstvou s mikroventilací. U vnější vrstvy se postupuje stejně jako u výše uvedených dvou možností dodatečného zateplení plochých jednoplášťových střech. Zmíněna varianta řešení dodatečného zateplení nelze většinou využít pro prostory s relativní vlhkostí vyšší než 60 %. [36, 37, 38]

### 4.3 Zateplení podlahy a stropu

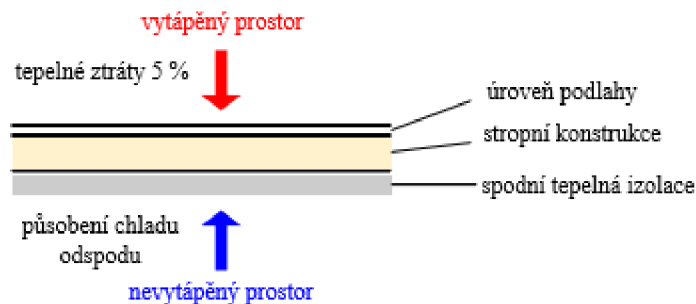
Zateplení podlah a stropů je u novostaveb běžnou záležitostí a nutností, ale budovy postavené do roku 1970 mají velmi často masivní suterénní neizolované stropy nad nevytápěnými prostory (sklepy, garáže, prádelny, sušárny atd.). Skladba těchto stropů je většinou sestavena ze stropní konstrukce, na kterou je položena zvuková izolace, vrstva cementového nebo betonového potěru a finální podlahová krytina (PVC, parkety, koberec atd.). Součinitel prostupu tepla  $U$  zmíněných stropů nevyhovuje hodnotám, které požaduje norma ČSN 73 0540-2. Je proto důležité tyto stropy opatřit dodatečným zateplením a to ze dvou hlavních důvodů. Prvním důvodem je snížení tepelné ztráty, ke které dochází mezi vytápěným a nevytápěným prostorem a tím celkové snížení energetické náročnosti budovy. Druhým důvodem je snížení působení chladu proudícího přes konstrukci odspodu (nevytápěného prostoru) do vytápěného prostoru pro zajištění uživatelského pohodlí. Na zajištění uživatelského pohodlí má vliv kromě zmíněného zateplení stropu také nášlapná vrstva podlah. Možnosti dodatečného zateplení stropu resp. podlahy jsou dvojí. [37, 38]

- Dodatečné zateplení stropu zesponu
- Dodatečné zateplení stropu shora

#### **Dodatečné zateplení stropu zesponu**

Dodatečné zateplení stropu zesponu (Obr. 11 – Princip zateplení stropu zesponu) nad nevytápěným prostorem má dvě varianty řešení. První variantou je aplikace tepelné izolace lepením pomocí lepícího tmelu nebo kotvením pomocí hmoždinek. Pro zateplení stropu se používají izolační rohože (např. Styrodur), speciální izolační desky z polyuretanu (PUR), extrudovaný pěnový polystyren (XPS) nebo minerální vlna (MW). Tloušťka tepelné izolace závisí jednak na typu tepelné izolace a nutnosti splnění požadovaného tepelného odporu stropu, ale také na výšce suterénu. V případě, že jsou pod stropem suterénu vedeny rozvody, je nutné počítat s větším ztrátným materiálem. Druhou variantou řešení je foukaná izolace (např. celulózová izolace). Tato varianta je vhodná pro nerovné stropy a pro stropy, pod kterými vedou rozvody. [37, 38]

Dodatečné zateplení stropu zesponu je pro účely vedoucí ke snížení tepelných ztrát a ke snížení energetické náročnosti budovy zcela jistě výhodnější než dodatečné zateplení stropu shora a to jak z hlediska ceny, tak z hlediska pracovní náročnosti.



Obr. 11 - Princip zateplení stropu zespodu (zdroj: vlastní zpracování dle [38])

### Dodatečné zateplení stropu shora

Dodatečné zateplení stropu shora neboli zateplení podlah nad zeminou je velmi náročné z ekonomické i technické stránky. V budovách postavených po roce 1970 se běžně pokládaly plovoucí podlahy. Skladba těchto podlah se skládá ze základové (stropní) konstrukce, tepelné izolace, fólie, vrstvy cementového nebo betonového potěru a podlahové krytiny. Z uvedené skladby je vidět, že v případě volby této varianty zateplení stropu je nutné odstranit stávající podlahu a udělat novou nástavbu podlahy včetně tepelné izolace pro docílení požadované hodnoty  $U$ , čímž se výška místnosti zmenší. Následně se musí upravit výška dveří a instalace dle nové tloušťky stropu (podlahy). [37, 38]

## 4.4 Výměna výplní okenních a dveřních otvorů

Výplně otvorů jsou z energetického hlediska nejslabšími články obvodového pláště budov a jejich výměna představuje významné snížení tepelných ztrát a zvýšení energetických úspor. Výměnou stávajících výplní otvorů, které nevyhovují hodnotám normy ČSN 73 0540-2, za nové výplně otvorů lze dosáhnout energetických úspor ve výši 10 – 25 %. Výše energetických úspor závisí na počtu výplní otvorů u konkrétní budovy a velikosti jejich plochy. Dosažení uvedených úspor je podmíněno vhodným výběrem výplní otvorů. Vlastnosti výplní otvorů závisí na jednotlivých komponentech tvořící okno jako takové. Mezi nejdůležitější komponenty oken patří zasklení (dvojsklo, trojsklo atd.), počet komor rámu, velikost tabulí, materiál rámu, počet těsnění, druh těsnění a podíl zasklené plochy k celkové ploše okna.

Mezi hlavní parametry, při výběru výplní otvorů, je bezesporu nutné zařadit odolnost proti zatížení větrem, vodotěsnost, akustické vlastnosti, tepelně technické vlastnosti, sálavé vlastnosti a průvzdušnost oken. [38, 39]

Odolnost zatížení větrem je parametr hodnotící čelní průhyb rámu okna. Zatížení větrem je závislé na výšce budovy, tvaru budovy, větrné oblasti (kategorie I-IV, v ČR kategorie I a II) a charakteru území.

Vodotěsnost výplní otvorů hodnotí odolnost oken proti průniku vody při určitém tlakovém zatížení na vnějším povrchu. Velkou roli zde hraje konečné umístění okna v budově. Dle tohoto kritéria lze okna rozlišit na chráněné, částečně chráněné a zcela nechráněné.

Akustické vlastnosti výplní otvorů stanovují neprůzvučnost oken a hodnotí se pomocí tzv. vážené neprůzvučnosti  $R_w[dB]$ , která nesmí být nižší než hodnoty uvedené v normě ČSN 73 0532. Při stanovení požadavku na zmíněnou neprůzvučnost oken je nutno vycházet z toho, jaké akustické vlastnosti musí mít obvodový plášť budovy. Výplně otvorů se řadí do tříd zvukové izolace (třída 0 až 6), podle jejich hodnot vážené neprůzvučnosti  $R_w$ .

Izolační schopnost okna vyjadřuje součinitel prostupu tepla  $U$ , který udává, kolik tepla unikne oknem z interiéru do venkovního prostoru. I zde platí, že čím nižší je hodnota  $U$ , tím je izolační schopnost okna vyšší. Požadované a doporučené hodnoty  $U$  výplní otvorů jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2. U výplní otvorů se rozlišuje hodnota součinitele prostupu tepla celým oknem  $U_w$ , hodnota součinitele prostupu tepla rámu  $U_f$  a hodnota součinitele prostupu tepla zasklení  $U_g$ .

Sálavé vlastnosti výplní otvorů představují schopnost propouštět sluneční záření z venkovního prostředí do vnitřního prostředí budovy. Propustnost oken se hodnotí pomocí propustnosti slunečního záření  $g$  [%]. Čím je hodnota  $g$  vyšší, tím vyšší tepelný zisk nastane, protože pronikne více slunečního záření do interiérů přes skleněnou část okna. Ideální jsou propustná okna s hodnotou  $g$  blížíící se 1, resp. 100 %. Běžně vyráběná okna mají hodnotu  $g$  zhruba 0,7 až 0,9, resp. 70-90 %. [38, 39]

Průvzdušnost výplní otvorů představující těsnost oken, je ovlivněna konstrukčním uspořádáním a provedením funkční spáry. Ovlivňuje výši tepelných ztrát výplněmi otvorů a požadovanou výměnu vzduchu dle hygienických požadavků. Průvzdušnost oken se hodnotí na základě zatřídění okna do tříd 0 až 4 dle ČSN EN 12207. V dnešní době jsou téměř všechny vyráběná okna, plastová i dřevěná, zařazena do třídy průvzdušnosti 4 a to z důvodů maximalizace energetických úspor. Třída 4 představuje téměř dokonalou těsnost okna s tím, že dostatečné větrání je zabezpečeno jen v případě, kdy je okno zabudováno ve výšce nad 20 m. Zde nastává problém u dnešních oken, které nespĺňují hygienické požadavky, protože neumožní přirozenou formu výměny vzduchu. Okna je nutné otevírat nebo navrhnout nucenou výměnu vzduchu, a tím zajistit požadovanou výměnu vzduchu. [38, 39]

Pro výrobu výplní okenních a dveřních otvorů se používá řada materiálů. Dle materiálu okna dělíme následovně:

- Plastová okna
- Dřevěná okna
- Hliníková okna
- Ocelová okna

V množství vyrobených kusů vedou jednoznačně plastová okna, následně dřevěná, hliníková a nakonec ocelová s velmi malým podílem na trhu. Každý materiál má své výhody a nevýhody. Pro rodinné a bytové domy jsou vhodná plastová nebo dřevěná okna.

### **Plastová okna**

Plastová okna se vyrábějí z neměkčeného PVC s jednodukomorovými nebo vícekomorovými profily. Hlavní výhodou plastových oken a dveří je jednoznačně jejich pořizovací cena v porovnání s ostatními druhy. Dalšími výhodami tohoto typu oken je poměrně dlouhá životnost, odolnost proti účinkům povětrnosti a korozi. Oproti dřevěným oknům lze bez problému vyrobit okna a dveře, které mají odlišnou barvu na vnitřní a vnější straně. Nevýhodou plastových oken je křehkost materiálu, citlivost na vyšší teploty, malá tuhost plastového profilu a nemožná obnova povrchové úpravy.

### **Dřevěná okna**

Dřevo bylo kdysi jediným možným materiálem pro výrobu oken a dveří. První dřevěná okna byla okna jednoduchá s jednoduchou skleněnou výplní. Postupem času se zavedla výroba dvojitých oken, známé pod označením špaletová či kastlíková okna, což jsou dvě samostatně osazená jednoduchá okna vně a uvnitř zdi. Poté přišla výroba zdvojených oken tzv. panelákový typ, tedy dvě samostatná okna v jednom společném okenním rámu. K výrobě výše uvedených typů oken a dveří se používalo výhradně masivní dřevo. V dnešní době se pro výrobu dřevěných oken používají zásadně profily slepené z jednotlivých dřevěných lamel nebo kombinace dřevěných lamel a lamel z jiného materiálu. Výhodou dřevěných oken jsou dobré tepelněizolační vlastnosti, možnost opravy či obnovy povrchové úpravy a při pravidelné údržbě dlouhodobá životnost. Nevýhodou dřevěných oken je jejich vyšší pořizovací cena oproti plastovým oknům. [39]



## **Hliníková okna**

Hliníková okna se skládají vždy ze dvou materiálů, a to ze dvou hliníkových částí profilu a z můstku z neměkčeného PVC, který spojuje dvě hliníkové části v jeden celek. Výhodou je bezkonkurenční statická odolnost a únosnost oproti dřevěným a plastovým oknům. Další výhodou je vytvoření oken a dveří velkých rozměrů. Nevýhodou těchto oken je jejich vysoká pořizovací cena a horší vlastnosti oproti dřevěným a plastovým oknům. Hliníková okna jsou vhodná především pro velké prosklené plochy vytvářející obvodový plášť budovy. [39]

## 5 METODY HODNOCENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI INVESTIC

Případová studie této práce se zabývá energetickými úsporami BD, kde navržené možnosti opatření, vedoucí ke snížení energetické náročnosti BD, jsou z hlediska času dlouhodobou investicí, a proto je nutné využít pouze metody, které zohledňují při hodnocení ekonomické efektivity investic faktor času a rizika. Metody zohledňující faktor času a rizika se nazývají dynamické metody. Existují však jednodušší metody hodnocení ekonomické efektivity investic tzv. statické metody, které nezahrnují faktor času a rizika. Jsou využívány pro krátkodobé investice, kde právě čas a riziko nehrají zásadní roli, ale jde spíše o sledování peněžních přínosů ve srovnání s počátečními výdaji. Tato práce se detailně zabývá pouze dynamickými metodami hodnocení efektivity investic. [40]

Pro všechny dynamické metody zohledňující faktor času a rizika je v první řadě nutné zmínit pojem tzv. časová hodnota peněz.

### 5.1 Časová hodnota peněz

Hodnota peněz se mění s časem, a proto současnou hodnotu peněz nelze porovnávat a sčítat s jejich budoucí hodnotou. Je nutné najít k současné hodnotě peněz ekvivalentní budoucí hodnotu, a to přepočtením budoucích příjmů a výdajů ke stejnému časovému okamžiku na jejich současnou hodnotu. Proces přepočtu se nazývá diskontování. Teprve poté lze provádět hodnocení efektivity investic k jednomu časovému okamžiku pomocí dynamických metod. Základní pravidlo každého investičního rozhodnutí zní následovně: „*Peněžní jednotka dnes má větší hodnotu než zítra, protože ta dnešní může být investována a přinášet tak nějaký výnos. Tento očekávaný výnos je právě časovou hodnotou peněz.*“ [41]

Dynamické metody, které zohledňují čas a riziko, eliminují nedostatek prosté doby návratnosti spojený právě s časovou hodnotou peněz, při které nedojde k tomu, že peněžní částka získaná dnes má stejnou hodnotu jako částka získaná později (např. za 1 rok). Časovou hodnotu peněz ovlivňují 3 faktory:

- *Nejistota budoucích příjmů*, při které časově vzdálenější příjmy jsou zpravidla méně jisté než příjmy, kterou jsou časově bližší.
- *Inflace*, která znehodnocuje peněžní jednotku úměrně s časem.
- *Oportunitní náklady*, které lze chápat jako určitý ušlý výnos, o který investor přichází, protože peněžní prostředky nepoužil na vhodnější investici.

Za efektivní a výnosné investice jsou považovány ty, které do budoucna přinesou vyšší hodnotu, než je původní investovaná hodnota. V případě investic ve formě zavedení možných variant opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti, jsou za efektivní považovány pouze ty, které přinesou efektivní a dostatečnou optimalizaci ročních nákladů na vytápění, pokrývající minimální životnost investice. [41, 42, 44]

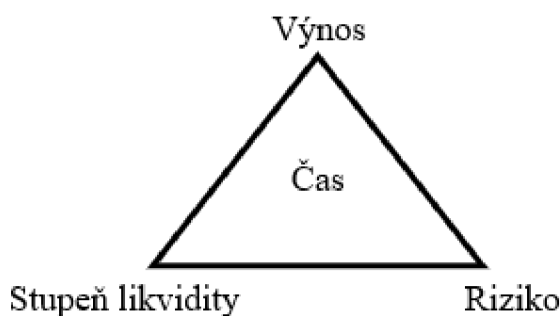
## 5.2 Investiční prostor

Ekonomická efektivnost investic je klíčovým ukazatelem v rozhodovacím procesu, pomocí něhož se rozhoduje o přijetí či zamítnutí dané investice. Zvolit správnou metodu hodnocení ekonomické efektivnosti konkrétní investice není triviální záležitostí. Zvolená metoda hodnocení musí sledovat tři základní atributy investičního prostoru, které mají určitou hodnotu v čase. Investiční prostor (Obr. 12 - Investiční prostor) je charakterizován následovně.

*„Vynaložení určité části finančních prostředků se děje v současnosti a je jisté. Odměna (výnos) přichází později, a pokud vůbec přijde, je její výše nejistá.“ [41]*

Základními atributy jsou:

- **Výnos**, který představuje veškeré čisté peněžní toky z investice, a to od okamžiku vložení finančních prostředků až do okamžiku posledního příjmu z dané investice.
- **Stupeň likvidity**, který představuje rychlost, jakou je možné přeměnit danou investici zpět na hotové peníze.
- **Riziko**, které představuje možné odchýlení plánovaných výstupů investice od skutečnosti.



Obr. 12 - Investiční prostor (zdroj: vlastní zpracování dle [41])

V reálném světě neexistuje investice, které dosahuje maxima ve všech základních atributech, existuje pouze možnost výběru investic, které budou mít vhodný poměr mezi jednotlivými atributy. [41, 43]

Dynamické metody hodnocení ekonomické efektivity investic jsou:

- Čistá současná hodnota (viz podkapitola 5.6)
- Diskontovaná doba návratnosti (viz podkapitola 5.7)
- Index rentability (viz podkapitola 5.8)
- Vnitřní výnosové procento (viz podkapitola 5.9)

### **5.3 Hodnocené období**

Hodnocené období je období, po které se daná investice hodnotí. Délka hodnoceného období se stanovuje na základě dvou stanovisek. Za prvé musí být délka taková, aby bylo možno zjistit finanční proveditelnost investičního projektu. To znamená zjistit, zda investice přináší kladné peněžní toky, které jsou nutné k pokrytí veškerých nákladů na pořízení investice. Za druhé je nutné určit požadovanou efektivnost investice. Z těchto dvou uvedených stanovisek vyplývá, že délka hodnoceného období musí odpovídat minimálně době návratnosti investičních nákladů. Délku hodnoceného období lze i v určitých případech stanovit na základě technické nebo ekonomické životnosti hlavního aktiva dané investice. Ekonomická životnost investice je ovlivněna řadou faktorů, jako je např. životní cyklus výrobku, životní cyklus odvětví atd. a zároveň nemůže být nikdy delší než technická životnost dané investice. Peněžní toky je proto vždy nutné určovat v délce ekonomické životnosti investice. [41, 44]

### **5.4 Peněžní toky**

Peněžní toky (cash flow) jsou základem pro každé investiční rozhodnutí. Peněžní toky představují veškeré náklady a výnosy za celou dobu životnosti dané investice. Peněžní toky je nutné převést na čisté peněžní toky, tedy na příjmy a výdaje, aby bylo možné provádět hodnocení efektivnosti investice v jednotlivých letech hodnoceného období. V rámci peněžních toků je nutné rozdělit peněžní toky na vstupní tzv. investiční peněžní toky a peněžní toky, které vznikají v průběhu životního cyklu investice tzv. provozní peněžní toky. Investiční peněžní toky či investiční náklady tvoří náklady na pořízení dané investice tj. náklady na dlouhodobý hmotný, nehmotný majetek a ostatní náklady kapitálového charakteru. Provozní peněžní toky zahrnují výnosy i náklady v jednotlivých letech životního cyklu investice. Provozní peněžní toky se stanovují přímou nebo nepřímou metodou. Obecně se peněžní toky určují v běžných cenách (ceny s ohledem na tempo inflace cen) tzv. nominální toky nebo ve stálých cenách (ceny bez ohledu na tempo inflace) tzv. reálné toky. Pokud je tempo inflace nízké nebo jsou ceny vstupů a výstupů investice stabilní, tak se běžně využívá určení peněžních toků ve stálých cenách. V opačném případě se využívá určení peněžních toků v běžných cenách, kdy tempo inflace je vysoké nebo jsou ceny vstupů a výstupů investice proměnlivé.

Nominální toky je nutné diskontovat na jejich současnou hodnotu pomocí nominální diskontní sazby a u reálných toků pomocí reálné diskontní sazby. [41, 43, 44]

## 5.5 Diskontní sazba

Diskontní sazba představuje výnosnost, kterou očekává investor od dané investice. Diskontní sazba nepředstavuje pouze očekávanou výnosnost, ale i určité riziko, které je s investicí neoddělitelně spjato. Je to v podstatě minimální požadovaná procentuální výnosnost dané investice. Diskontní sazba zohledňuje, již zmíněnou časovou hodnotu peněžních toků v průběhu celého životního cyklu investice. [43]

Má dvě funkce:

1. Slouží pro převod budoucích nejistých výnosů či nákladů na jejich současnou hodnotu pomocí diskontování.
2. Slouží jako procentuální míra výnosnosti spojená s určitým rizikem, kterou investor očekává od investice.

S metodou diskontování souvisí pojem diskontní faktor neboli odúročitel. Stanovení diskontního faktoru se odvíjí od určené diskontní sazby pro konkrétní investici. Diskontní faktor je v roce pořízení vždy roven jedné a v následujících letech klesá. Rovnice diskontního faktoru (dále jen „DF“) je následující.

$$DF = \frac{1}{(1 + r)^i} \quad (24)$$

kde  $r$  diskontní sazba [%]  
 $i$  hodnocené období od 1 do  $n$  [let]

## 5.6 Čistá současná hodnota

Metoda čisté současné hodnoty (dále jen „NPV“) umožňuje hodnotit efektivnost investic v dlouhodobém časovém období z hlediska výnosnosti dané investice. Z důvodů dlouhodobého charakteru investic je nutné převést budoucí nejisté výnosy či náklady na jejich jistou současnou hodnotu (dále jen „PV“) pomocí tzv. diskontování. NPV vyjadřuje rozdíl současné hodnoty budoucích příjmů a současné hodnoty výdajů dané investice. Jinak řečeno, jde o součet diskontovaných peněžních toků konkrétní investice během jejího životního cyklu (fáze realizační, provozní a likvidační).

$$PV = \sum_{i=1}^n \frac{PCV_i}{(1+r)^i} \quad (25)$$

$$PV = PCV_i \times DF \quad (26)$$

kde	$PCV_i$	provozní peněžní toky v jednotlivých letech [Kč]
	$i$	hodnocené období od 1 do $n$
	$r$	diskontní sazba [%]

$$NPV = PV - IN \quad (27)$$

kde	$IN$	investiční náklad [Kč]
-----	------	------------------------

Za efektivní investice jsou považovány ty, jejichž výnos z investice je roven nebo je vyšší než počáteční investiční náklad. To znamená, že pokud bude hodnota NPV dané investice rovna nula nebo bude kladná, tak investice produkuje výnos vyšší nebo alespoň shodný s počátečními investičními náklady a taková investice je akceptovatelná. Pokud probíhá hodnocení efektivnosti více investičních projektů, tak se za nejvýhodnější považuje ten, jehož hodnota NPV je nejvyšší. Investice se zápornou hodnotou NPV jsou neakceptovatelné, protože jejich nejistý budoucí výnos za určité období nepokryje počáteční investiční náklad. [41, 42, 44]

$NPV \geq 0$                       efektivní a přijatelná investice

$NPV < 0$                       neefektivní a nepřijatelná investice

Nevýhodou NPV je problém stanovení diskontní sazby, na které je konečný výsledek závislý. Špatně stanovená diskontní sazba způsobí zcela nerelevantní případnou míru ziskovosti investice.

## 5.7 Diskontovaná doba návratnosti

Diskontovaná doba návratnosti (dále jen „PO“) udává počet let, za které investice vytvoří kladné provozní peněžní toky ve výši investičního nákladu. PO je dosažena při rovnosti kumulovaných provozních peněžních toků s investičním nákladem v určitém roce. Tento ukazatel hodnocení ekonomické efektivnosti investic slouží pouze jako doplňkový ukazatel při výběru investic, protože nezahrnuje provozní peněžní toky, které vznikají po zjištěné PO. Problém může nastat v případě, že vybraná investice bude mít kratší PO, než ostatní hodnocené investice, ale bude naopak více likvidní a méně efektivní, protože tento ukazatel nezahrne právě zmíněné provozní peněžní toky, které vznikají po PO. [41, 43]

Rozhodovací pravidlo pro PO: „Čím je doba návratnosti kratší, tím je investice hodnocena příznivěji.“ [39]

$$PO = SI + \frac{IN - PCV_{ksi}}{PCV_{rhi}} \quad (28)$$

kde  $SI$  počet let spodní hranice intervalu  
 $PCV_{ksi}$  PCV kumulované spodní hranice intervalu  
 $PCV_{rhi}$  roční PCV horní hranice intervalu

## 5.8 Index rentability

Index rentability, resp. index ziskovosti (dále jen „IR“) je důležitým ukazatelem, ukazující výnosnost jedné investované koruny. Zmíněná výnosnost je vyjádřena podílem mezi současnou hodnotou PV a investičními náklady IN. IR vypovídá o efektivnosti vynaložených investičních nákladů, což představuje velmi důležitou informaci jednak při porovnání více investičních projektů mezi sebou, ale také obecně při investičním rozhodnutí.

$$IR = \frac{PV}{IN} \quad (29)$$

kde  $PV$  současná hodnota [Kč]  
 $IN$  investiční náklad [Kč]

Investiční náklad je uvažován v nultém roce, to znamená, že pokud budou investiční náklady probíhat ve více obdobích, je nutné tyto investiční náklady diskontovat.

Za efektivní investici je považována taková investice, jejíž hodnota IR bude kladná. Samozřejmě čím vyšší bude výnosnost na jednu investovanou korunu, tím lepší a efektivnější je daná investice. Pokud investor vzájemně porovnává více investičních projektů, měl by zvolit ten investiční projekt, jehož hodnota IR je nejvyšší. V případě, že hodnocený investiční projekt má zápornou hodnotu IR, pak je pro investora ztrátovou investicí, které přináší pouze náklady, nikoliv výnosy v hodnoceném období. [41, 43]

$IR \geq 0$  efektivní a přijatelná investice

$IR < 0$  neefektivní a nepřijatelná investice

## 5.9 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento, resp. vnitřní míra výnosnosti (dále jen „IRR“) představuje procentuální výnosnost (rentabilitu) dané investice za celé hodnocené období. IRR je v podstatě hodnota diskontní sazby, při které se NPV rovná nule. Je to tedy výnos, při kterém celkové peněžní toky konkrétní investice vytvoří nulovou čistou současnou hodnotu NPV.

$$NPV = PV - IN = 0 \quad (30)$$

kde  $PV$  současná hodnota [Kč]  
 $IN$  investiční náklad [Kč]

Zvolit diskontní sazbu pro danou investici, při které bude NPV rovno nule, je téměř nereálné. Stanovení skutečné hodnoty IRR lze pomocí tzv. metody lineární interpolace. Stanovení IRR pomocí metody lineární interpolace probíhá následovně:

1. Prvotní odhad IRR možné výnosnosti dané investice
2. Výpočet NPV pro odhadovanou hodnotu IRR
3. Porovnání vypočítané hodnoty NPV s následujícími kritérii:

$NPV = 0$  odhad IRR je správný

$NPV > 0$  odhad IRR je nízký

$NPV < 0$  odhad IRR je vysoký

4. Postup se opakuje, dokud se nestanoví  $NPV +$ ,  $NPV -$
5. Dosazení hodnot do níže uvedeného interpolačního vzorce

$$IRR = r_1 + \frac{NPV +}{|NPV +| + |NPV -|} \times (r_2 - r_1) \quad (31)$$

kde  $IRR$  vnitřní výnosové procento [%]  
 $r_1$  odhad  $IRR$  pro  $NPV +$   
 $r_2$  odhad  $IRR$  pro  $NPV -$

Investice je přijatelná pouze v případě, pokud je stanovená hodnota IRR větší nebo rovna předpokládané výnosnosti projektu, tedy diskontní sazbě. Při porovnání více investičních projektů je nejvhodnější ten projekt, jehož hodnota IRR je nejvyšší. V případě, že hodnocený investiční projekt má nižší hodnotu IRR než je předpokládaná výnosnost



projektu, pak může pro investora představovat ztrátovou investici a je tedy pro investora nepřijatelná. [41, 43]

$IRR \geq r$  přijatelná investice

$IRR < r$  nepřijatelná investice

## 6 PŘÍPADOVÁ STUDIE ENERGETICKÝCH ÚSPOR BD

Případová studie řeší možné varianty energetických opatření vedoucích ke snížení energetických náročnosti konkrétního BD. Nejprve je popsán stávající stav BD zahrnující výpočet tepelných ztrát, výpočet roční potřeby tepla na vytápění a zařazení BD do klasifikační třídy z hlediska EŠOB. Na základě zjištěného stávajícího stavu BD jsou navrženy možné varianty energetických opatření s příslušným rozpočtem. Následně je vyčíslena u jednotlivých variant energetických úspor možná roční energetická úspora tepla a zhodnocena ekonomická efektivnost konkrétní varianty. Na základě vyhodnocení jednotlivých variant je vybrána nejvýhodnější varianta řešení. Na závěr je provedena citlivostní analýza vítězné varianty energetického opatření.

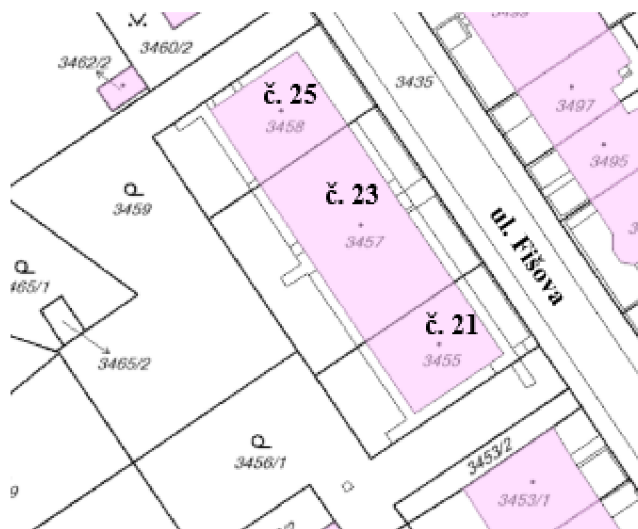
### 6.1 Popis BD

Řešeným BD pro případovou studii je dům na ulici Fišova v Brně. Tento BD je vůbec prvním postaveným panelovým domem v Brně a z hlediska konstrukce se jedná o stavbu konstrukční soustavy G40 s atypickými prvky. Oproti klasické panelákové konstrukční soustavě G40 je tento panelový dům zcela odlišný. Je to jediný postavený dům konstrukční soustavy G40 s balkóny, a zároveň jediný postavený dům této soustavy v Brně. Projekt panelového domu byl vypracován v roce 1955 ve Výzkumném ústavu stavebních konstrukcí v Gottwaldově. Stavba panelového domu byla realizována v 50. letech 20. století. Přesné datum výstavby panelového domu není známo, ale údajně to bylo v rozmezí let 1956 až 1958. Výstavba domu trvala téměř 2 roky. Niže na obrázku je zachycena výstavba panelového domu na ulici Fišova v roce 1957 (Obr. 13 - BD Fišova v roce 1957).



Obr. 13 - BD Fišova v roce 1957 [45]

Zmíněný panelový dům tvoří soubor tří BD, tvořící jeden celek obdélníkového půdorysu o rozměrech přibližně 50 x 14 m. Dům lze rozdělit na 3 sekce, a to na 2 krajní a 1 střední. Krajní sekce BD (Fišova 21, 25) má na každém podlaží 3 byty o velikosti 2+1. Výjimkou v počtu jednotek na podlaží je 5. NP, které má 2 byty. Střední sekce BD (Fišova 23) má na každém podlaží 2 byty o velikosti 3+1. Celkově má soubor BD 34 bytů. Severozápadní krajní sekce (BD Fišova 25) a střední sekce (BD Fišova 23) má 4 nadzemní podlaží. Naopak jihovýchodní krajní sekce (BD Fišova 21) má 5 nadzemních podlaží. Každý BD má svůj vlastní vstup a podzemní podlaží, které propojuje vzájemně všechny tři BD. Vstup do obou krajních sekcí BD je pouze ze štítových stran BD, naopak střední sekce BD má 2 vstupy, z každé strany jeden. BD je součástí pozemku parcelního č. 3455, 3457, 3458 v katastrálním území Černá Pole [610771]. Pozemky se nachází na mírně svažitém terénu v městské zástavbě. Na následujícím obrázku (Obr. 14 - Situace BD) je zobrazena situace BD Fišova.



Obr. 14 - Situace BD

BD je z části založen na železobetonovém roštu a z další části na železobetonové základové desce, přičemž obě části jsou vzájemně propojeny. Základová spára obou konstrukcí je v jedné úrovni. Nosné konstrukce v podzemním podlaží jsou železobetonové. Tloušťka obvodových stěn je 510 až 550 mm, vnitřních nosných stěn 320 až 340 mm a schodišťové stěny mají tloušťku 440 mm. V podzemním podlaží BD č. 21 a 23 se nachází protiatomový kryt včetně sociálního zázemí. Obvodové stěny krytu mají tloušťku 550 až 770 mm a strop krytu tloušťku 870 mm. Nadzemní část BD je konstrukčně provedena jako montovaná stavba z železobetonových panelů s příčnou osovou vzdáleností 3 900 mm. Schodišťové prostory BD mají příčnou osovou vzdálenost mezi panely 3 000 mm. Obvodové nosné železobetonové panely mají tloušťku 240 mm. Vnitřní příčně a podélně ztužující a schodišťové panelové stěny mají tloušťku 200 mm. Nenosné železobetonové panelové příčky mají tloušťku 100 mm. Železobetonový panelový strop nad podzemním podlažím má tloušťku včetně nášlapné vrstvy 300 mm

a nad protiatomovým krytem 930 mm. Nadzemní podlaží BD mají tloušťku železobetonového panelového stropu včetně nášlapné vrstvy 200 mm. Světlá výška nadzemních podlaží je 2 700 mm, tzn. konstrukční výška je 2 900 mm. Světlá výška podzemního podlaží je 2 600 mm a v protiatomovém krytu 2 550 mm. Dům je zastřešen jednoplášťovou plochou střechou ve dvou výškových úrovních.

BD byl původně vytápěn podlahovým topením a měl vlastní kotelnu umístěnou v podzemním podlaží domu. Později byl do BD umístěn výměník tepla, do kterého byl dálkově zaveden rozvod tepla, tzn. BD je napojen na soustavu centralizovaného zásobování tepla. V bytových jednotkách se s přechodem na soustavu centralizovaného zásobování tepla dodatečně namontovaly otopná tělesa.

Přibližně 5 let po dokončení BD byly zjištěny problémy s plísní v rohových částech domu, které vznikly pravděpodobně důsledkem špatných tepelně-izolačních vlastností železobetonových panelů. Po tomto zjištění byl dům přibližně v roce 1965 dodatečně zateplen tepelnou izolací tloušťky 100 mm včetně povrchové břizolitové omítky.

V letech 2008 až 2010 proběhla kompletní výměna výplní okenních a dveřních otvorů. Původní dřevěná zdvojená okna tzv. panelákového typu, byla nahrazena plastovými okny s izolačním zasklením. Původní ocelové vstupní dveře byly nahrazeny dveřmi plastovými. Jiné další stavební úpravy v domě neproběhly.

Níže uvedené obrázky č. 15 až 18 ukazují stávající stav BD.



Obr. 15 - BD Severovýchodní pohled



Obr. 16 - BD Severní pohled



Obr. 17 - BD Severozápadní pohled



Obr. 18 - BD Jižní pohled

## 6.2 SVJ BD Fišova

Do srpna roku 2015 byl BD z hlediska právní formy BDR Fišova 21, 23, 25. Za účasti notáře dne 11. 8. 2015 byly přijaty, se souhlasem všech účastníků jednání, stanovy SVJ a bylo založeno SVJ.

Název SVJ: Společenství vlastníků Fišova 21, 23, 25, Brno

IČ: 043 13 119

Sídlo: Fišova 419/23, Černá Pole, 602 00 Brno

Po založení SVJ došlo k jeho vzniku dne 14. 8. 2015 zápisem do veřejného rejstříku. Touto právní změnou došlo k převodu družstevních bytů s podílem na společných částech domu do osobního vlastnictví jednotlivých členů BDR, kteří měli k danému bytu pouze užívací právo.

Správu domu a pozemku, jehož součástí je BD Fišova, je v rukou právnické osoby SVJ. Správa domu a pozemku zahrnuje vše, co nenáleží vlastníkům jednotek, tedy kompletní

správa společných částí domu a domu a pozemku jako takového. SVJ BD Fišova zajišťuje:

- Provozní a technickou činnost (např. provoz, opravy a stavební úpravy společných částí domu)
- Správní činnost (např. výběr záloh na služby, příspěvků na správu domu a pozemku, příspěvků na vlastní správní činnost včetně jejich následného vyúčtování)
- Smluvní činnost (např. sjednat dodavatelskou smlouvu pro zajištění činností spojených se správou domu a pozemku)

Správu domu a pozemku zajišťuje třetí osoba, správcovská společnost HOME FIN s.r.o., se sídlem Kroftova 828/1, 616 00 Brno. Společnost zajišťuje plnou správcovskou činnost v rozsahu provozní, technické a správní.

Statutárním orgánem SVJ je výbor, který je složen z předsedy výboru a 2 členů. Za výbor navenek jedná předseda, a v případě jeho nepřítomnosti ho zastupuje člen výboru. SVJ má zřízenou 3 člennou kontrolní komisi.

Veškeré příspěvky BD Fišova jsou v souladu s občanským zákoníkem č. 89/2012 Sb. SVJ není plátcem DPH dle registru ekonomických subjektů ARES.

### **6.3 Vytápění BD**

Do budovy vstupuje pouze neobnovitelná primární energie na vytápění, ohřev teplé vody, osvětlení a na ostatní spotřebu energie (elektrické spotřebiče). Energonositelé neobnovitelné primární energie jsou elektrická energie a soustava centrálního zásobování tepla. Elektrická energie v BD slouží pro osvětlení a ostatní spotřebu energie v BD. Centrální zásobování tepla slouží pro ústřední vytápění (dále jen „ÚT“) BD a pro ohřev teplé užitkové vody.

Náklady na vytápění BD jsou v každém zúčtovacím období rozúčtovány mezi jednotlivé vlastníky bytových jednotek pomocí základní a spotřební složky. Spotřební složka vychází z naměřených hodnot dle poměrových indikátorů. V jednotlivých bytech jsou nainstalovány elektronické indikátory Techem na každém otopném tělese. Základní složka na vytápění tvoří 40 % a spotřební složka na vytápění tvoří zbylých 60 %.

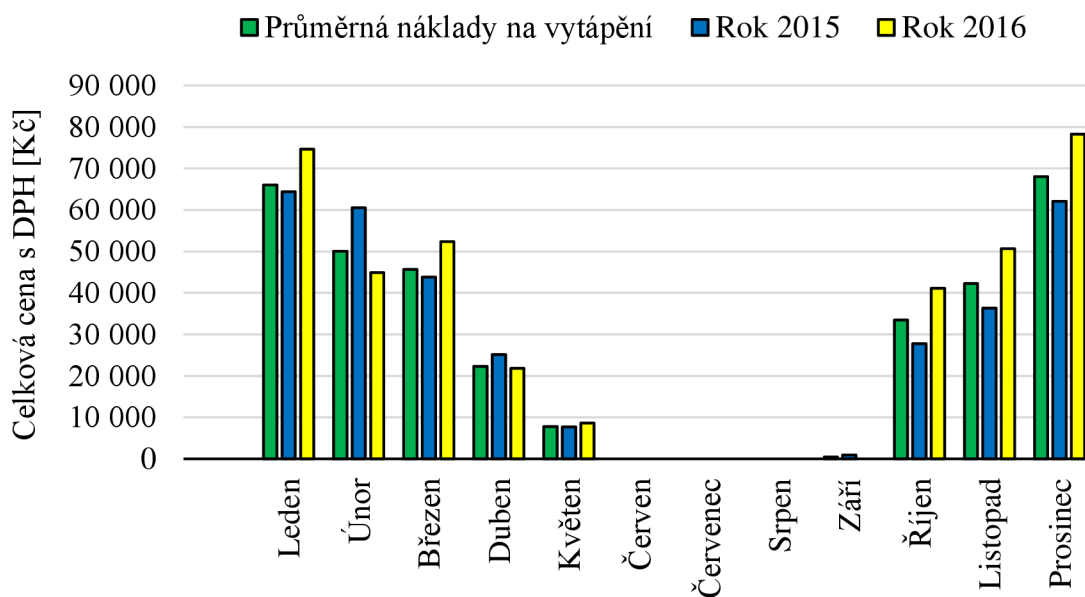
Vyúčtování celkových nákladů na dodávku tepla pro BD Fišova jsou přílohou této práce (viz Příloha č. 1). Jedná se pouze o výpis údajů z faktur. Samotné faktury s rozúčtováním nejsou součástí z důvodu ochrany dat osobních údajů. Na základě zjištěných nákladů a spotřeby tepla na vytápění za rok 2015 a 2016 je v následující tabulce (Tab. 4 -

Průměrná spotřeba tepla na vytápění BD) vypočtena průměrná spotřeba tepla včetně nákladů na dodané teplo. Od roku 2012 do roku 2016 byla jednotková cena tepla za 1 GJ v Brně 560,- Kč bez DPH. Koncem roku 2016 již docházelo k postupnému snižování ceny a od 1. ledna 2017 Teplárny Brno, a. s. snížily jednotkovou cenu tepla za 1 GJ o 5 %, tj. na 532,- Kč bez DPH. Jednotková cena pro stanovení průměrných nákladů tepla na vytápění nevychází z jednotkových cen tepla za rok 2015 a 2016, ale vychází z aktuální jednotkové ceny tepla.

Tab. 4 - Průměrná spotřeba tepla na vytápění BD (zdroj: vlastní zpracování)

Započitatelná podlahová plocha			1964,94	m <sup>2</sup>	
Měsíc	Spotřeba tepla pro ÚT [GJ]	Jednotková cena bez DPH [Kč/GJ]	DPH [%]	Celková cena s DPH [Kč]	
Leden	107,98	532,00 Kč	15%	66 059 Kč	
Únor	81,86			50 079 Kč	
Březen	74,69			45 692 Kč	
Duben	36,45			22 297 Kč	
Květen	12,68			7 755 Kč	
Červen	0,00			- Kč	
Červenec	0,00			- Kč	
Srpen	0,00			- Kč	
Září	0,72			440 Kč	
Říjen	54,71			33 469 Kč	
Listopad	69,04			42 236 Kč	
Prosinec	111,24			68 057 Kč	
<b>Celkem</b>	<b>549,34</b>				<b>336 083 Kč</b>
Měrné roční náklady na vytápění [Kč/(m <sup>2</sup> .rok)]				171 Kč	
Měrná roční spotřeba tepla na vytápění [GJ/(m <sup>2</sup> .rok)]				0,28	
Základní složka nákladů na vytápění 40 % [Kč]				134 433 Kč	
Spotřební složka nákladů na vytápění 60 % [Kč]				201 650 Kč	

Měrné roční náklady na vytápění jsou náklady vztažené na 1 m<sup>2</sup> započitatelné podlahové plochy. Tyto náklady vycházejí z celkových nákladů na vytápění a udávají měrné náklady na vytápění 1 m<sup>2</sup> započitatelné podlahové plochy. Na stejném principu je vypočtena i měrná roční spotřeba tepla na vytápění, která udává měrnou spotřebu tepla na vytápění 1 m<sup>2</sup> započitatelné podlahové plochy. Graficky znázorněné průměrné náklady na vytápění jsou v následujícím grafu (Graf. 1 - Průměrné náklady na vytápění BD).



Graf. 1 - Průměrné náklady na vytápění BD (zdroj: vlastní zpracování)



## 6.4 Energetické zhodnocení BD

V této části práce je provedeno energetické zhodnocení stávajícího stavu BD Fišova zahrnující výpočet tepelné ztráty BD, výpočet roční potřeby tepla na vytápění a zařazení BD Fišova do klasifikační třídy z hlediska EŠOB.

### Tepelná ztráta BD Fišova

Obálka budovy, resp. vnější obrys vytápěné části BD, zahrnuje všechna nadzemní podlaží kromě podzemního podlaží, které je nevytápěné. Pro výpočet tepelné ztráty jsou uvažovány následující skladby konstrukcí (viz Tab. 5 až Tab. 8), které vycházejí ze stavebně technického průzkumu (viz Příloha č. 2) a z odborného odhadu možného složení potřebných konstrukcí pro výpočet z důvodu neexistující dokumentace skladeb jednotlivých konstrukcí. Výpočet součinitele prostupu tepla  $U$  je dle vzorců (1), (2), (3), (4).

Tab. 5 - Skladba obvodové stěny - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování)

interiér	<b>SO1 Obvodová stěna</b>			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,13
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
↓	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonový stěnový panel	0,220	1,430	0,154
	3	Omítka	0,005	0,880	0,006
	4	Plynosilikátová tvárnice	0,075	0,077	0,974
	5	Omítka břizolitová	0,020	0,880	0,023
exteriér	$\Sigma$		0,330	-	1,166
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	1,336
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,748</b>
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,30
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>NEVYHOVUJE</b>	

Tab. 6 - Skladba jednoplášťové ploché střechy - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování)

interiér	Sch1 Střecha nad 4.NP			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
↓	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294
	4	Škvára	0,250	0,270	0,926
	5	Betonová mazanina	0,040	0,250	0,160
	6	Souvrství asfaltových pásů	0,008	0,210	0,038
exteriér	$\Sigma$		0,558	-	1,568
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	1,708
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,585</b>
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>NEVYHOVUJE</b>	

interiér	Sch2 Střecha nad 5.NP			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]
↓	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294
	4	Škvára	0,300	0,270	1,111
	5	Betonová mazanina	0,045	0,250	0,180
	6	Souvrství asfaltových pásů	0,008	0,210	0,038
exteriér	$\Sigma$		0,613	-	1,773
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	1,913
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,523</b>
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>NEVYHOVUJE</b>	

Tab. 7 - Skladba stropu nad 1. PP - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování)

interiér ↓ interiér (1.PP)	<b>Str1 Strop nad 1. PP (kryt)</b>			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
	1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010	
	2	Malta cementová	0,030	1,160	0,026	
	3	Betonová mazanina	0,050	0,350	0,143	
	4	Železobetonová stropní konstrukce	0,830	1,740	0,477	
	5	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010	
	$\Sigma$			0,930	-	0,666
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,866	
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>1,155</b>	
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,60	
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>NEVYHOVUJE</b>		

interiér ↓ interiér (1.PP)	<b>Str2 Strop nad 1. PP</b>			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
	1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010	
	2	Malta cementová	0,030	1,160	0,026	
	3	Betonová mazanina	0,050	0,350	0,143	
	4	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140	
	5	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010	
	$\Sigma$			0,300	-	0,329
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,529	
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>1,892</b>	
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,60	
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>NEVYHOVUJE</b>		

Tab. 8 - Výplně otvorů (zdroj: vlastní zpracování)

<b>VOK Výplně okenních otvorů</b>		
Součinitel prostupu tepla konstrukce	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>	<b>1,200</b>
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	1,50
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce	<b>VYHOVUJE</b>	

<b>VDO Výplně dveřních otvorů</b>		
Součinitel prostupu tepla konstrukce	<b>U [W/(m<sup>2</sup>.K)]</b>	<b>1,200</b>
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla	$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	1,70
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce	<b>VYHOVUJE</b>	

Z výše uvedených skladeb konstrukcí a výplní otvorů jsou vyhovující z hlediska normy ČSN 73 0540-2 pouze výplně okenních a dveřních otvorů, které byly v letech 2008 až 2010 vyměněny za nová plastová okna a dveře. Hodnocení splnění požadavků je vyžadováno jen u větší změny či opravy dokončených budov na více než 25 % obvodového pláště, a proto není nutné, aby všechny konstrukce obvodového pláště byly vyhovující dle normy ČSN 73 0540-2. Výplně okenních a dveřních otvorů tvoří z celkové plochy obálky budovy (obvodová stěna, střecha, strop nad 1. PP, výplně okenních a dveřních otvorů) 12 %. Výpočet ploch jednotlivých konstrukcí  $A_j$  a vnějšího objemu budovy  $V_b$  je přílohou této práce (viz Příloha č. 3). Výpočet není rozdělen na zóny s tím, že je uvažována průměrná vnitřní teplota vytápěného prostoru 20 °C. Převažující vnitřní teplota je vypočtena z výpočtových teplot pro různé druhy trvale užívaných vytápěných místností dle ČSN EN 12 831 jako průměrná teplota. BD je rozdělený pouze na vytápěné a nevytápěné prostory. V níže uvedené tabulce (Tab. 9 - Charakteristika budovy) jsou uvedeny potřebné údaje, jak pro výpočet tepelných ztrát, tak i pro následné zařazení BD do klasifikační třídy z hlediska EŠOB.

Tab. 9 - Charakteristika budovy (zdroj: vlastní zpracování)

Lokalita	Brno
Venkovní teplota $\theta_e$	-12 °C
Převažující vnitřní teplota $\theta_{int}$	20 °C
Teplota nevytápěného prostoru (1. PP) $\theta_u$	0 °C
Korekční činitel $\Delta U_{tbn}$	0,10 W/(m <sup>2</sup> .K)
Vnější objem budovy $V_b$	9 003,90 m <sup>3</sup>
Plocha obálky budovy $A$	3 113,67 m <sup>2</sup>
Objemový faktor budovy $A/V_b$	0,35 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>

Teplota nevytápěného prostoru  $\theta_u$ , výměna vzduchu při tlaku 50 Pa mezi vnitřním prostorem a vnějším prostředím  $n_{50}$ , koeficient chránění budovy  $e_i$  a korekční činitel výšky budovy  $\varepsilon_i$  jsou tabulkové hodnoty normy ČSN 73 0540-2 a ČSN EN 12 831. Výpočet tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru BD dle vzorců (6), (7), (8) a větráním vytápěného prostoru BD dle vzorců (9), (10), (11), (12), (13) je v následující tabulce (Tab. 10 - Celková tepelná ztráta BD Fišova). Celková tepelná ztráta je vypočtena dle vzorce (5).

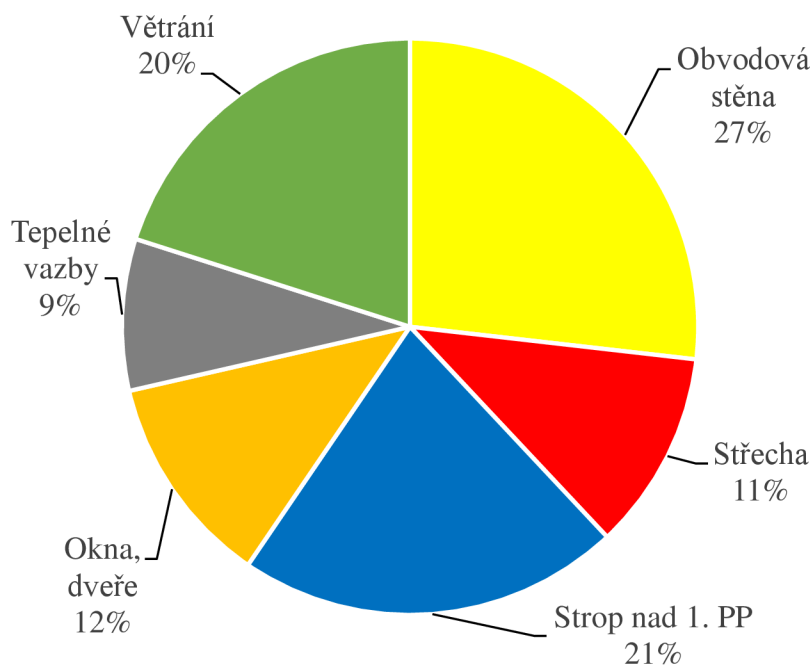
Tab. 10 - Celková tepelná ztráta BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování)

Konstrukce	Plocha $A_j$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_j$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Redukční činitel $b_j$ [-]	Měrná tepelná ztráta $H_T/H_V$ [W/K]	Tepelná ztráta $\Phi_i / \Phi_{t,i} / \Phi_{v,i}$ [W]
SO1	1 311,53	0,75	1,00	981,40	
Sch1	543,40	0,59	1,00	318,13	
Sch2	175,89	0,52	1,00	91,93	
Str1	137,83	1,16	0,63	99,50	
Str2	581,46	1,89	0,63	687,53	
VOK	321,90	1,20	1,00	386,28	
VDO	41,66	1,20	1,00	49,99	
Celkem A	3 113,67			2 614,77	
Tepelné vazby	3 113,67	0,10		311,37	
Celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla $H_T$				2 926,13	
Tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{t,i}$					93 636,30
$V_{vzd}$	7 203,12	m <sup>3</sup>			
$\rho_c$	0,34				
Množství vzduchu infiltrací $V_{inf,i}$					
$n_{50}$	$e_i$	$\varepsilon_i$	$V_{inf,i}$		
4,50	0,01	1,20	777,94		
Množství vzduchu přirozeným větráním $V_{min,i}$					
$n_{min}$			$V_{min,i}$		
0,30			2 160,94		
Celková měrná tepelná ztráta větráním $H_V$				734,72	
Tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru $\Phi_{v,i}$					23 510,97
<b>Celková tepelná ztráta budovy <math>\Phi_i</math></b>					<b>117 147,27</b>

Celková tepelná ztráta BD Fišova činí 117,15 kW. Rozdělení množství úniku tepla jednotlivými konstrukcemi je v následující tabulce (Tab. 11 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova) a v procentuálním výšečovém grafu (Graf. 2 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova).

Tab. 11 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování)

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodová stěna	31 405
Střecha	13 122
Strop nad 1. PP	25 185
Okna, dveře	13 961
Tepelné vazby	9 964
Větrání	23 511
<b>Celkem</b>	<b>117 147</b>



Graf. 2 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování)

Procentuální rozdělení tepelných ztrát BD Fišova vypovídá o značném množství úniku tepla především obvodovými stěnami a stropem nad 1. PP. Poměrně velká tepelná ztráta větráním je z důvodu velikosti BD. Čím bude vnější objem budovy větší, tím bude vyšší tepelná ztráta vlivem větrání. Velkou roli hraje hodnota minimální výměny vzduchu v BD, která je pouze teoretická, v běžném životě tuhle hodnotu málo kdo dosáhne. Ve většině případů je reálná hodnota výměny vzduchu výrazně nižší.

## Roční potřeba tepla na vytápění BD Fišova

Průměrný počet dní otopného období a průměrná venkovní teplota v otopném období za rok 2015 a 2016 je v následující tabulce (Tab. 12 - Otopné období 2015, 2016). Průměrné hodnoty vychází z dat Českého hydrometeorologického ústavu stanice Brno - Tuřany. Obecné hodnoty pro lokalitu Brno nejsou použity, protože každá otopná sezóna má jiný počet dní a jinou průměrnou teplotu venkovního vzduchu. V této fázi práce jsou známy skutečné spotřeby tepla za rok 2015 a 2016, proto jsou počítány průměrné hodnoty pouze z těchto dvou otopných sezón.

Tab. 12 - Otopné období 2015, 2016 (zdroj: vlastní zpracování)

	Od	Do	Od	Do
Otopné období	1. 1. 2015	30. 5. 2015	1. 1. 2016	20. 5. 2016
	30. 9. 2015	31. 12. 2015	24. 9. 2016	31. 12. 2016
Počet dní otopného období	222 dní		220 dní	
Průměrná venkovní teplota v otopném období $\theta_{e,s}$	7,5 °C		7,2 °C	
Průměrný počet dní otopného období	<b>221</b>		dní	
Průměrná venkovní teplota v otopném období $\theta_{e,s}$	<b>7,3</b>		°C	

Na základě stanovení průměrného počtu dní a průměrné venkovní teploty otopného období je vypočtena roční potřeba tepla na vytápění BD Fišova (Tab. 13 - Roční potřeba tepla na vytápění) dle vzorců (14), (15), (16), (17), (18). Jednotlivé opravné součinitele jsou stanoveny na základě rozmezí či hodnot uvedených v teoretické části této práce. Jedná se pouze o teoretické hodnoty, které nemusí odpovídat skutečnosti, zejména pak účinnost rozvodů vytápění, zdroje tepla a obsluhy soustavy.

Tab. 13 - Roční potřeba tepla na vytápění (zdroj: vlastní zpracování)

Počet dní otopného období d	221 dny
Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec otopného období $t_{em}$	13 °C
Průměrná venkovní teplota v otopném období $\theta_{e,s}$	7,3 °C
Celková tepelná ztráta objektu $\Phi_i$	117 147,27 W
Počet denostupňů D	2798 K.dny
Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a prostupem $e_i$	0,80
Snížení teploty v místnosti během dne $e_t$	0,90
Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu $e_d$	0,90
Opravný součinitel $\varepsilon$	0,65
<b>Roční potřeba tepla na vytápění <math>Q_{VYT,teor}</math></b>	<b>573,00 GJ/rok</b>
Účinnost zdroje tepla $\eta_k$	0,99
Účinnost rozvodů vytápění $\eta_r$	0,97
Účinnost obsluhy a regulace soustavy $\eta_o$	1,00
<b>Vypočtená roční spotřeba tepla na vytápění <math>Q_{VYT}</math></b>	<b>596,69 GJ/rok</b>
Započitatelná podlahová plocha	1964,94 m <sup>2</sup>
Měrná vypočtená spotřeba tepla na vytápění	0,304 GJ/(m <sup>2</sup> .rok)

Průměrná skutečná roční spotřeba tepla na vytápění, která činí 549,34 GJ, se od vypočtené roční spotřeby tepla na vytápění moc neliší. Jak již bylo výše zmíněno, hlavním důvodem rozdílu těchto dvou hodnot jsou teoretické hodnoty a skutečné hodnoty. Vypočtená roční spotřeba tepla na vytápění slouží v následující části práce pro stanovení výše energetických úspor mezi stávajícím stavem BD a možným stavem po realizaci některých z navržených variant energetického opatření.



## EŠOB BD Fišova

Následující výpočet (Tab. 14 - EŠOB BD Fišova) slouží k zařazení BD Fišova do klasifikační třídy z hlediska EŠOB dle vzorce (19), (20), (21), (22), (23). Veškeré hodnoty, které jsou ve výpočtu použity, vychází z výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru. Výpočet EŠOB nezahrnuje tepelnou ztrátu vlivem větrání.

Tab. 14 - EŠOB BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování)

Konstrukce	Referenční budova				Hodnocená budova			
	Plocha $A_j$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Redukční činitel $b_j$ [-]	Měrná tepelná ztráta $H_T/H_V$ [W/K]	Plocha $A_j$ [m <sup>2</sup> ]	Součinitel prostupu tepla $U_j$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	Redukční činitel $b_j$ [-]	Měrná tepelná ztráta $H_T/H_V$ [W/K]
SO1	1 311,53	0,30	1,00	393,46	1 311,53	0,75	1,00	981,40
Sch1	543,40	0,24	1,00	130,42	543,40	0,59	1,00	318,13
Sch2	175,89	0,24	1,00	42,21	175,89	0,52	1,00	91,93
Str1	137,83	0,60	0,63	51,69	137,83	1,16	0,63	99,50
Str2	581,46	0,60	0,63	218,05	581,46	1,89	0,63	687,53
VOK	321,90	1,50	1,00	482,85	321,90	1,20	1,00	386,28
VDO	41,66	1,70	1,00	70,82	41,66	1,20	1,00	49,99
Celkem A	3 113,67			1 389,49	3 113,67			2 614,77
Tepelné vazby	3 113,67	0,10		311,37	3 113,67	0,10		311,37
Celková měrná tepelná ztráta prostupem tepla $H_T$				1 700,86				2 926,13
				$U_{em,N}$				$U_{em}$
Průměrný součinitel prostupu tepla				0,47				0,94
Klasifikační ukazatel obálky budovy CI				<b>2,02</b>				
Klasifikační třída EŠOB				<b>F - Velmi nevhodná</b>				

BD Fišova je při stávajícím stavu zařazen do klasifikační třídy F. Nesplňuje tedy normu ČSN 73 0540-2:2011. Klasifikační třídy EŠOB jsou v níže uvedené tabulce (Tab. 15 - Klasifikační třídy EŠOB).

Tab. 15 - Klasifikační třídy EŠOB (zdroj: vlastní zpracování)

Hranice klasifikačních tříd	Klasifikační ukazatel CI pro hranice klasifikačních tříd	U <sub>em</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)] pro hranice klasifikačních tříd	
		Obecně	Pro hodnocenou budovu
A - B	0,5	0,5 x U <sub>em,N</sub>	0,23
B - C	0,75	0,75 x U <sub>em,N</sub>	0,35
C - D	1	U <sub>em,N</sub>	0,47
D - E	1,5	1,5 x U <sub>em,N</sub>	0,70
E - F	2	2,0 x U <sub>em,N</sub>	0,93
F - G	2,5	2,5 x U <sub>em,N</sub>	1,17

Obecně musí mít veřejný i soukromý vlastník zpracovaný PENB, při prodeji či pronájmu budovy nebo její ucelené části, od 1. ledna 2016 dle zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. SVJ BD Fišova má povinnost mít zpracovaný PENB již od 1. ledna 2015. Tato povinnost se vztahuje na vlastníky budov s celkovou energeticky vztažnou plochou větší než 1 500 m<sup>2</sup>. Do celkové energeticky vztažné plochy (Tab. 16 - Celková energeticky vztažná plocha BD Fišova) jsou započteny pouze vytápěné prostory BD Fišova, tedy všechna nadzemní podlaží.

Tab. 16 - Celková energeticky vztažná plocha BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování)

Podlaží	Délka [m]	Šířka [m]	Celkem [m <sup>2</sup> ]
1. NP	50,3	14,3	719,3
2. NP	50,3	14,3	719,3
3. NP	50,3	14,3	719,3
4. NP	50,3	14,3	719,3
5. NP	12,3	14,3	175,9
<b>Celková energeticky vztažná plocha</b>			<b>3053,1</b>

Pro BD Fišova je zpracovaný PENB od roku 2013. BD Fišova je při stávajícím stavu zařazen do klasifikační třídy D dle PENB (viz Příloha č. 4). Přílohou této práce je PENB z roku 2017, protože z roku 2013 není k dispozici v elektronické podobě.

## 6.5 Energetická opatření BD Fišova

Tato část práce je věnována návrhu energetických opatření pro BD Fišova vedoucích ke snížení energetické náročnosti BD a ke snížení nákladů na vytápění. Varianty možných opatření jsou navrženy s ohledem na stávající stav BD a s ohledem na efektivitu možných budoucích úspor. Nejprve jsou navrženy skladby konstrukcí obálky budovy, které nesplňují požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_N$  dle normy ČSN 73 0540-2. Výjimkou je protiatomový kryt v nevytápěném podzemním podlaží. Pro tento prostor není uvažováno žádné opatření, přestože hodnota součinitele prostupu tepla  $U$  je nevyhovující z hlediska normy ČSN 73 0540-2, a to z důvodu světlé výšky místnosti. Nevyhovující konstrukcí je obvodová stěna, střecha a strop nad 1. PP. Výplně okenních a dveřních otvorů nejsou řešeny, protože k jejich výměně došlo a již vyhovují normě ČSN 73 0540-2. Po výpočtu součinitele prostupu tepla  $U$  navržených konstrukcí jsou stanoveny možné varianty opatření, které by SVJ mohlo realizovat. Pro jednotlivé varianty opatření je zpracován rozpočet v programu BuildPower S s cenovou hladinou RTS 17/I.

### Obvodová stěna

Obvodová stěna BD Fišova je při stávajícím stavu dle normy ČSN 73 0540-2 nevyhovující. Pro zlepšení tepelně technických vlastností obvodové stěny je navrženo dodatečné zateplení fasády. Konkrétně je navržen kontaktní zateplovací systém MAMUT ve dvou variantách. Tepelným izolantem v obou variantách je minerální vlna s podélným vlákny se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_j = 0,039 \text{ W/(m.K)}$ . Expandovaný pěnový polystyrén není uvažován z důvodu nutnosti řešení požárních pásů z minerální vlny a požární bezpečnosti stavby dle normy ČSN 73 0810:2016. Problematikou požárních pásů se práce nezabývá, proto zateplení fasády je navrženo pouze z minerální tepelné izolace. Jedná se o přírodní a nehořlavý materiál, u kterého se požární pásy řešit nemusí.

Varianty zateplení obvodové stěny se liší pouze v tloušťce izolace. První varianta zateplení je navržena s minerální tepelnou izolací tloušťky 120 mm. Druhá varianta zateplení je navržena s minerální tepelnou izolací tloušťky 160 mm. Ostatní komponenty skladby ETICS jsou zcela totožné. Navržené skladby obvodové stěny v obou variantách a výpočty součinitelů prostupu tepla  $U$  dle vzorců (1), (2), (3), (4) jsou v níže uvedené tabulce (Tab. 17 - Skladba obvodové stěny - návrh).

Tab. 17 - Skladba obvodové stěny - návrh (zdroj: vlastní zpracování)

SO1 Obvodová stěna			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,13	
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonový stěnový panel	0,220	1,430	0,154
	3	Omítka	0,005	0,880	0,006
	4	Plynosilikátová tvárnice	0,075	0,077	0,974
	5	Omítka břizolitová	0,020	0,880	0,023
↓ exteriér	6	Penetrační nátěr	-	-	-
	7	Lepící hmota	0,010	0,450	0,022
	8	Tepelná izolace MW s podélnou orientací vláken	0,120	0,039	3,077
	9	Kotvicí hmoždinky 6 ks/m <sup>2</sup>	-	-	-
	10	Armovací stěrka	0,003	0,450	0,007
	11	Síťovina ze skleněných vláken	-	-	-
	12	Penetrační nátěr	-	-	-
	13	Tenkovrstvá silikonová omítka, zatíraná	0,0015	0,700	0,002
$\Sigma$		0,465	-	4,274	1. varianta zateplení
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04	
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	4,444	
Součinitel prostupu tepla konstrukce			<b>U</b> [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,225</b>	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,30	
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

SO1 Obvodová stěna			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,13	
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonový stěnový panel	0,220	1,430	0,154
	3	Omítka	0,005	0,880	0,006
	4	Plynosilikátová tvárnice	0,075	0,077	0,974
	5	Omítka břizolitová	0,020	0,880	0,023

j	Materiál	d <sub>j</sub> [mm]	λ <sub>j</sub> [W/(m.K)]	R <sub>j</sub> [(m <sup>2</sup> .K)/W]
6	Penetrační nátěr	-	-	-
7	Lepící hmota	0,010	0,450	0,022
8	Tepelná izolace MW s podélnou orientací vláken	0,160	0,039	4,103
9	Kotvící hmoždinky 6 ks/m <sup>2</sup>	-	-	-
10	Armovací stěrka	0,003	0,450	0,007
11	Sítovina ze skleněných vláken	-	-	-
12	Penetrační nátěr	-	-	-
13	Tenkovrstvá silikonová omítka, zatíraná	0,0015	0,700	0,002
Σ		0,505	-	5,300
			R <sub>se</sub> [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04
			R <sub>T</sub> [(m <sup>2</sup> .K)/W]	5,470
			U [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,183</b>
			U <sub>N</sub> [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,30
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>	

↓

exteriér

2. varianta zateplení

Z výše uvedeného vyplývá, že obě varianty dodatečného zateplení obvodové stěny BD Fišova jsou vyhovující dle normy ČSN 73 0540-2.

Položkový rozpočet pro obě varianty zateplení je přílohou této práce (viz Příloha č. 5, 6). Součástí položkového rozpočtu zateplení obvodové stěny BD není pouze samotný kontaktní zateplovací systém ETICS, ale i ostatní práce, které se zateplením souvisí a které je nutné provést vzhledem ke stávajícímu stavu BD. V položkovém rozpočtu zateplení obvodové stěny BD v obou variantách je:

- Zateplovací systém ostění minerální vlnou tl. 30 mm se silikonovou omítkou
- Zateplovací systém parapetu extrudovaným pěnovým polystyrénem (XPS) tl. 30 mm
- Zateplovací systém soklové části včetně ostění (tl. 30 mm) nad terénem extrudovaným pěnovým polystyrénem (XPS) tl. 100 mm s mozaikovou omítkou
- Oprava stávajících balkónových desek včetně nové skladby podlahy balkónů
- Lešení
- Otlučení stávajících omítek s uvažovaným rozsahem 20 %, v soklové části 40 % a u podhledů balkónových desek v celém rozsahu tj. 100 %
- Demontáž stávajících parapetů a montáž nových parapetů
- Oprava zábradlí u balkónů

- Demontáž a zpětná montáž předmětů na fasádě BD (hromosvod, osvětlení, popisná čísla, sušáky na prádlo atd.)
- Přesuny hmot, sutí a vybouraných hmot
- Vedlejší náklady (zařízení staveniště, koordinační činnost, finanční rezerva)

Dodatečným zateplením obvodové stěny, které vede ke snížení tepelných ztrát obvodovou stěnou a ke snížení nákladů na vytápění BD, je pouze zateplovací systém fasády BD, zateplovací systém ostění a zateplovací systém parapetů. Zateplovací systém soklové části nevede k výše uvedenému, protože není součástí vymezené obálky budovy neboli vnějšího obrysu vytápěné zóny. Ostatní výše uvedené práce a veškeré práce uvedené v položkovém rozpočtu jsou nutné k samotnému provedení dodatečného zateplení (otlučení omítek, lešení, demontáž a montáž parapetů, demontáž a zpětná montáž předmětů na fasádě BD, lešení, přesuny hmot a vedlejší náklady), nebo jsou pouze doplňkové (zateplovací systém soklové části, oprava balkónových desek). Je uvažováno provedení všech uvedených prací, tedy i doplňkových, v rámci dodatečného zateplení.

## **Střecha**

Stávající jednoplášťová plochá střecha (Sch1, Sch2) je stejně jako obvodová stěna při stávajícím stavu nevyhovující dle normy ČSN 73 0540-2. Pro stávající skladbu střechy je navržena nová skladba střechy jednak z důvodu nevyhovující konstrukce a jednak s cílem snížit tepelné ztráty jednoplášťovou střešní konstrukcí a celkově zabezpečit vyšší energetické úspory. Je navrženo dodatečné zateplení jednoplášťové ploché střechy dle skladby DEKROOF ve dvou variantách. Tepelnou izolaci je speciální expandovaný pěnový polystyrén (EPS) určený pro zateplení plochých střech.

Rozdíl mezi první a druhou variantou zateplení střechy je v odlišném typu EPS a tloušťka izolace. V první variantě je navržena tepelná izolace EPS 100 s tloušťkou 200 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_j = 0,037 \text{ W/(m.K)}$ . Ve druhé variantě je navržena tepelná izolace EXTRAPOR 150 s tloušťkou 250 mm s výrazně nižším součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda_j = 0,030 \text{ W/(m.K)}$ . Vzhledem ke špatnému stávajícímu stavu hydroizolačních asfaltových pásů je uvažováno v obou variantách odstranění souvrství asfaltových pásů po betonovou mazaninu. Navržené skladby ploché jednoplášťové střechy BD Fišova v obou zmíněných variantách včetně výpočtů součinitelů prostupu tepla  $U$  dle vzorců (1), (2), (3), (4) jsou v níže uvedené tabulce (Tab. 18 - Skladba jednoplášťové ploché střechy - návrh).

Tab. 18 - Skladba jednoplášťové ploché střechy - návrh (zdroj: vlastní zpracování)

Sch1		Střecha nad 4.NP		$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294
	4	Škvára	0,250	0,270	0,926
	5	Betonová mazanina	0,040	0,250	0,160
↓ exteriér	6	Penetrační nátěr	-	-	-
	7	Hydroizolační pás (parozábrana)	0,004	0,200	0,020
	8	Tepelná izolace EPS 100 (spádové klíny + desky)	0,200	0,037	5,405
	9	Ochranná separační geotextilie	-	-	-
	10	Hydroizolační fólie z PVC mechanicky kotvená	0,0015	0,200	0,008
$\Sigma$		0,756	-	6,963	
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04	
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	7,103	
Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,141</b>	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24	
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

1. varianta zateplení

Sch1		Střecha nad 4.NP		$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294
	4	Škvára	0,250	0,270	0,926
	5	Betonová mazanina	0,040	0,250	0,160
↓ exteriér	6	Penetrační nátěr	-	-	-
	7	Hydroizolační pás (parozábrana)	0,004	0,200	0,020
	8	Tepelná izolace EXTRAPOR 150 (spádové klíny + desky)	0,250	0,030	8,333

2. varianta zateplení

exteriér	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	2. varianta zateplení
	9	Ochranná separační geotextilie	-	-	-	
	10	Hydroizolační fólie z PVC mechanicky kotvená	0,0015	0,200	0,008	
	$\Sigma$		0,806	-	9,891	
				$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04	
	Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	10,031	
	Součinitel prostupu tepla konstrukce			<b>U</b> [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,100</b>	
	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24	
	Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

interiér ↓ exteriér	<b>Sch2 Střecha nad 5.NP</b>			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	1. varianta zateplení
	j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010	
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140	
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294	
	4	Škvára	0,300	0,270	1,111	
	5	Betonová mazanina	0,045	0,250	0,180	
	6	Penetrační nátěr	-	-	-	
	7	Hydroizolační pás (parozábrana)	0,004	0,200	0,020	
	8	Tepelná izolace EPS 100 (spádové klíny + desky)	0,200	0,037	5,405	
9	Ochranná separační geotextilie	-	-	-		
10	Hydroizolační fólie z PVC mechanicky kotvená	0,0015	0,200	0,008		
$\Sigma$		0,811	-	7,168		
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04		
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	7,308		
Součinitel prostupu tepla konstrukce			<b>U</b> [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,137</b>		
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24		
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>			



Sch2 Střecha nad 5.NP			$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér	1	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	2	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	3	Dřevocementové desky Heraklith	0,050	0,170	0,294
	4	Škvára	0,300	0,270	1,111
	5	Betonová mazanina	0,045	0,250	0,180
↓ exteriér	6	Penetrační nátěr	-	-	-
	7	Hydroizolační pás (parozábrana)	0,004	0,200	0,020
	8	Tepelná izolace EXTRAPOR 150 (spádové klíny + desky)	0,250	0,030	8,333
	9	Ochranná separační geotextilie	-	-	-
	10	Hydroizolační fólie z PVC mechanicky kotvená	0,0015	0,200	0,008
$\Sigma$		0,861	-	10,096	2. varianta zateplení
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,04	
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	10,236	
Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,098</b>	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,24	
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

Obě navržené varianty dodatečného zateplení střechy jsou vyhovující dle normy ČSN 73 0540-2.

Položkové rozpočty pro navržené varianty jsou součástí této práce (viz Příloha 7, 8). Součástí položkového rozpočtu, stejně jako v případě zateplení obvodové stěny, není pouze zateplení střechy, ale i ostatní práce, které se zateplením střechy souvisí a které je nutné provést vzhledem ke stávajícímu stavu. Součástí položkového rozpočtu střechy v obou variantách je:

- Oprava střešního výlezu
- Oprava komínu
- Odstranění stávajícího souvrství asfaltových pásů
- Klempířské práce (atika, komín atd.)
- Tesařské práce
- Demontáž stávajícího oplechování instalačních šachet a montáž obložení instalačních šachet deskami CETRIS
- Přesuny hmot, suti a vybouraných hmot

- Vedlejší náklady (zařízení staveniště, koordinační činnost, finanční rezerva)

Dodatečným zateplením střechy, které vede ke snížení tepelných ztrát střechou a ke snížení nákladů na vytápění, je navržena skladba DEKROOF, tzn. penetrační nátěr, parozábrana, tepelná izolace, ochranná geotextilie a hydroizolační fólie. Ostatní výše uvedené práce a veškeré práce uvedené v položkovém rozpočtu jsou nutné k samotnému provedení dodatečného zateplení střechy (odstranění stávajícího souvrství asfaltových pásů, klempířské práce, přesuny hmot a vedlejší náklady), nebo jsou pouze doplňkové (oprava komínu, oprava střešního výlezu, demontáž a montáž obložení instalačních šachet). Doplňkové práce jsou uvažovány v celém rozsahu a jsou tedy zahrnuty v celkové ceně zateplení střechy.

### **Strop nad 1. PP**

Strop nad 1. PP je stejně jako ostatní konstrukce obálky budovy, vyjma výplní otvorů, nevyhovující při stávajícím stavu dle normy ČSN 73 0540-2. Místnosti v 1. PP mají světlou výšku 2,6 m. Varianty možných energetických opatření jsou navrženy s ohledem na stávající světlou výšku místností a na přítomnost rozvodů TZB, které jsou vedeny pod stropní konstrukcí nad 1. PP. Dodatečné zateplení stropu zespodu je omezeno světlou výškou místností, proto jsou navrženy varianty tak, aby byla světlá výška místnosti snížena maximálně na hodnotu 2,5 m.

Jsou navrženy dvě varianty pro dodatečné zateplení stropu zespodu. První variantou je klasický kontaktní zateplovací systém podhledů s minerální tepelnou izolací s kolmou orientací vláken Fasrock LL tloušťky 100 mm opatřený tenkovrstvou silikonovou omítkou. Druhou variantou řešení je dodatečné zateplení stropů od společnosti Rockwool. Zateplení stropu je aplikováno nalepením speciálně upravené minerální vlny s kolmou orientací vláken Fasrock G, která je opatřena povrchovým bílým nástřikem. Fasrock G nevyžaduje další povrchovou finální úpravu a vytváří prostorový efekt bosáže. V obou variantách je navržena výhradně minerální tepelná izolace, a to z důvodu požární bezpečnosti, stejně jako v případě zateplení obvodové stěny BD.

Navržené skladby stropu nad 1. PP v obou variantách a výpočty součinitelů prostupu tepla  $U$  dle vzorců (1), (2), (3), (4) jsou v níže uvedené tabulce (Tab. 19 - Skladba stropu nad 1. PP - návrh).

Tab. 19 - Skladba stropu nad 1. PP - návrh (zdroj: vlastní zpracování)

Str2		Strop nad 1. PP		$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér ↓	1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010
	2	Malta cementová	0,030	1,160	0,026
	3	Betonová mazanina	0,050	0,350	0,143
	4	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	5	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010
	6	Penetrační nátěr	-	-	-
interiér (1. PP)	7	Lepicí hmota	0,010	0,450	0,022
	8	Tepelná izolace MW s kolmou orientací vláken (Fasrock LL)	0,100	0,041	2,439
	9	Kotvicí hmoždinky 6 ks/m <sup>2</sup>	-	-	-
	10	Armovací stěrka	0,003	0,450	0,007
	11	Síťovina ze skleněných vláken	-	-	-
	12	Penetrační nátěr	-	-	-
	13	Tenkovrstvá silikonová omítka, zatíraná	0,0015	0,700	0,002
$\Sigma$		0,415	-	2,799	
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	2,999	
Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,333</b>	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,60	
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

1. varianta zateplení

Str2		Strop nad 1. PP		$R_{si}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10
j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	
interiér ↓	1	Keramická dlažba	0,010	1,010	0,010
	2	Malta cementová	0,030	1,160	0,026
	3	Betonová mazanina	0,050	0,350	0,143
	4	Železobetonová stropní konstrukce	0,200	1,430	0,140
	5	Omítka vápenocementová	0,010	0,990	0,010

j	Materiál	$d_j$ [mm]	$\lambda_j$ [W/(m.K)]	$R_j$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	2. varianta zateplení
6	Penetrační nátěr	-	-	-	
7	Lepící hmota	0,010	0,450	0,022	
8	Speciální tepelná izolace MW s kolmou orientací vláken (Fasrock G)	0,100	0,037	2,703	
$\Sigma$		0,410	-	3,054	
			$R_{se}$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	0,10	
Tepelný odpor konstrukce			$R_T$ [(m <sup>2</sup> .K)/W]	3,254	
Součinitel prostupu tepla konstrukce			$U$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	<b>0,307</b>	
Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla			$U_N$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	0,60	
Dle normy ČSN 73 0540-2:2011 konstrukce			<b>VYHOVUJE</b>		

Obě navržené varianty dodatečného zateplení stropu nad 1. PP jsou vyhovující dle normy ČSN 73 0540-2.

Položkový rozpočet pro obě zmíněné varianty je součástí této práce (viz Příloha 9, 10). Položkový rozpočet na dodatečné zateplení stropu v obou variantách obsahuje práce, které se zateplením stropu dle jejich zmíněné navržené skladby souvisí včetně potřebného pomocného lešení, vyčištění objektu a vedlejších nákladů (zařízení staveniště, koordinační činnost, finanční rezerva). V případě zateplení stropu žádné doplňkové práce nejsou.

## 6.6 Varianty energetických opatření

Navržené varianty energetických opatření vyplývají z výše navržených skladeb konstrukcí obvodového pláště budovy. Pro každou konstrukci jsou navrženy vždy dvě varianty opatření. Kromě těchto šesti variant jsou navrženy jejich možné kombinace, které vycházejí z výhodnějšího součinitele prostupu tepla  $U$  a z celkových energetických úspor z obou navržených variant každé konstrukce. V následující tabulce (Tab. 20 - Varianty energetických opatření) jsou uvedeny všechny navržené varianty energetických opatření včetně investičních nákladů vycházejících z položkového rozpočtu pro varianty V1 až V6. Investiční náklad pro varianty V7 až V10 vychází ze součtu jednotlivých investičních nákladů variant opatření V1 až V6.

Tab. 20 - Varianty energetických opatření (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta	Název varianty	Investiční náklad
V1	1. varianta zateplení obvodové stěny	5 042 231 Kč
V2	2. varianta zateplení obvodové stěny	5 553 723 Kč
V3	1. varianta zateplení jednoplášťové ploché střechy	2 290 991 Kč
V4	2. varianta zateplení jednoplášťové ploché střechy	2 734 722 Kč
V5	1. varianta zateplení stropu nad 1. PP	727 151 Kč
V6	2. varianta zateplení stropu nad 1. PP	454 993 Kč
V7	2. varianta zateplení obvodové stěny	8 288 445 Kč
	2. varianta zateplení jednoplášťové ploché střechy	
V8	2. varianta zateplení obvodové stěny	6 008 716 Kč
	2. varianta zateplení stropu nad 1. PP	
V9	2. varianta zateplení jednoplášťové ploché střechy	3 189 715 Kč
	2. varianta zateplení stropu nad 1. PP	
V10	2. varianta zateplení obvodové stěny	8 743 438 Kč
	2. varianta zateplení jednoplášťové ploché střechy	
	2. varianta zateplení stropu nad 1. PP	

Hodnocení navržených variant energetických opatření je provedeno ze dvou hledisek a to jak z energetického hlediska, tak z hlediska ekonomického.

## 6.7 Energetické hodnocení navržených variant

Pro každou variantu je vypočtena tepelná ztráta BD, roční potřeba tepla na vytápění a z ní vyčíslená možná energetická úspora po realizaci dané varianty oproti stávajícímu stavu BD a zařazení BD do klasifikační třídy EŠOB. Tyto výpočty jsou přílohou této práce (viz Příloha 11). Při stanovení tepelné ztráty BD je uvažováno se stejnými vstupními hodnotami (viz Tab. 9 - Charakteristika budovy) jako v případě stanovení tepelné ztráty BD při stávajícím stavu. Výjimkou je korekční činitel  $\Delta U_{t_{bm}}$  udávající vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi. Ve všech variantách energetických opatření je uvažováno s nižší hodnotou tepelných vazeb, tedy s mírným vlivem tepelných vazeb, tj.  $\Delta U_{t_{bm}} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  oproti stávajícímu stavu BD, u kterého se předpokládá běžný vliv tepelných vazeb. Výpočet roční spotřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty opatření je totožný s výpočtem roční spotřeby tepla na vytápění při stávajícím stavu BD, liší se pouze velikostí konkrétní tepelné ztráty BD pro jednotlivé varianty opatření. Vyjádření energetických úspor vychází z procentuální úspory mezi stávající vypočtenou spotřebou tepla na vytápění a vypočtenou spotřebou tepla na vytápění pro jednotlivé varianty opatření. Procentuální úsporou je následně ponížena stávající

roční průměrná spotřeba tepla na vytápění a zjištěna možná roční spotřeba tepla na vytápění pro jednotlivé varianty opatření. Výsledným rozdílem těchto dvou hodnot je hledaná roční energetická úspora. Zařazení BD pro jednotlivé varianty opatření do klasifikačních tříd EŠOB je provedeno stejně jako v případě stávajícího stavu BD.

Vypočtená celková tepelná ztráta BD, roční spotřeba tepla na vytápění, procentuální energetická úspora, klasifikační ukazatel obálky budovy *CI* a odpovídající klasifikační třída EŠOB pro všechny navržené varianty energetických opatření jsou v následující tabulce (Tab. 21 - Rekapitulace výpočtů).

Tab. 21 - Rekapitulace výpočtů (zdroj: vlastní zpracování)

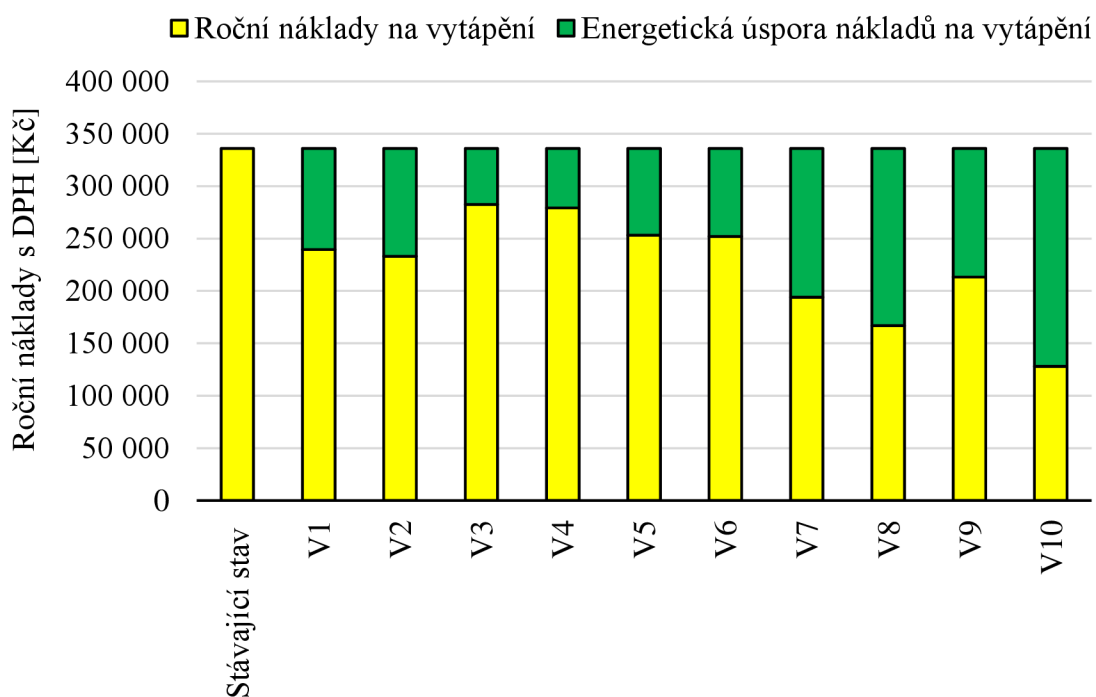
	<b>Celková tepelná ztráta budovy <math>\Phi_i</math></b> [kW]	<b>Vypočtená roční spotřeba tepla na vytápění <math>Q_{VYT}</math></b> [GJ/rok]	<b>Energetická úspora</b> [%]	<b>Klasifikační ukazatel obálky budovy <i>CI</i></b> [-]	<b>Klasifikační třída EŠOB</b>
Stávající stav	117,1	596,7	-	2,02	<b>F</b>
Varianty energetických opatření					
<b>V1</b>	90,2	425,0	<b>28,8</b>	1,44	<b>D</b>
<b>V2</b>	88,4	413,7	<b>30,7</b>	1,4	<b>D</b>
<b>V3</b>	102,3	501,8	<b>15,9</b>	1,7	<b>E</b>
<b>V4</b>	101,3	495,9	<b>16,9</b>	1,7	<b>E</b>
<b>V5</b>	94,0	449,5	<b>24,7</b>	1,5	<b>E</b>
<b>V6</b>	93,7	447,5	<b>25,0</b>	1,5	<b>E</b>
<b>V7</b>	77,6	344,6	<b>42,2</b>	1,2	<b>D</b>
<b>V8</b>	70,0	296,3	<b>50,3</b>	1,0	<b>C</b>
<b>V9</b>	82,9	378,5	<b>36,6</b>	1,3	<b>D</b>
<b>V10</b>	59,2	227,2	<b>61,9</b>	0,8	<b>C</b>

Vyhovující variantou, dle normy ČSN 73 0540-2 z hlediska EŠOB, je varianta V10 a V8. Z výše vypočtených hodnot je z energetického hlediska nejvýhodnější varianta V10. Tato varianta jako jediná ze všech navržených má dodatečně zatepleny všechny konstrukce obálky budovy vyjma protiatomového krytu. Ostatní varianty energetických opatření jsou nevyhovující dle normy ČSN 73 0540-2 z hlediska EŠOB.

Na základě vypočtených energetických úspor jsou stanoveny možné budoucí náklady na vytápění a spotřeba tepla na vytápění pro jednotlivé varianty energetických opatření. Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla na vytápění pro jednotlivé varianty je v následující tabulce (Tab. 22 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla) a v grafu (Graf. 3 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla). Ceny jsou uvedeny včetně DPH.

Tab. 22 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla (zdroj: vlastní zpracování)

	<b>Roční spotřeba tepla na vytápění</b> [GJ/rok]	<b>Energetická úspora spotřebovaného tepla</b> [GJ/rok]	<b>Roční náklady na vytápění</b> [Kč/rok]	<b>Energetická úspora nákladů na vytápění</b> [Kč/rok]
Stávající stav	549,3	-	336 083 Kč	- Kč
Varianty energetických opatření				
<b>V1</b>	391,3	<b>158,1</b>	239 376 Kč	<b>96 707 Kč</b>
<b>V2</b>	380,9	<b>168,5</b>	233 021 Kč	<b>103 062 Kč</b>
<b>V3</b>	462,0	<b>87,3</b>	282 655 Kč	<b>53 428 Kč</b>
<b>V4</b>	456,5	<b>92,8</b>	279 300 Kč	<b>56 783 Kč</b>
<b>V5</b>	413,8	<b>135,5</b>	253 155 Kč	<b>82 928 Kč</b>
<b>V6</b>	412,0	<b>137,3</b>	252 065 Kč	<b>84 018 Kč</b>
<b>V7</b>	317,3	<b>232,0</b>	194 119 Kč	<b>141 964 Kč</b>
<b>V8</b>	272,8	<b>276,6</b>	166 884 Kč	<b>169 199 Kč</b>
<b>V9</b>	348,4	<b>200,9</b>	213 163 Kč	<b>122 921 Kč</b>
<b>V10</b>	209,2	<b>340,1</b>	127 982 Kč	<b>208 102 Kč</b>



Graf. 3 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla (zdroj: vlastní zpracování)

## 6.8 Ekonomické hodnocení navržených variant

Pro ekonomické hodnocení navržených variant je nutné nejprve stanovit hodnoty pro výpočet jednotlivých ukazatelů ekonomické efektivity. Investiční náklady jednotlivých variant včetně DPH jsou uvedeny v tabulce variant energetických opatření (viz Tab. 20). Investiční náklady opatření jsou uvedeny včetně DPH, protože SVJ Fišova není plátcem DPH, a tedy jako koncový odběratel příslušné DPH zaplatit musí bez možnosti zpětného nárokování od státu. Provozní peněžní toky se v případě hodnocení variant energetických opatření rovnají energetickým úsporám nákladů na vytápění, které vycházejí z nákladů nulové investiční varianty, tedy roční náklady na vytápění při stávajícím stavu a z nákladů dané investiční varianty, tedy vypočtené roční náklady na vytápění po realizaci některého energetického opatření z navržených variant. Výsledkem jsou kladné provozní peněžní toky ve formě výnosů rovnající se rozdílu nákladů nulové investiční varianty a nákladů investičních variant. Rozdílem nákladů jsou zmíněné energetické úspory. Provozní peněžní toky jsou uvažovány jako stabilní a opakující se výnosy po celou dobu hodnoceného období, a proto jsou ve stálých cenách nezahrnující vliv inflace. Je však zřejmé, že vypočtené úspory nákladů na vytápění se budou ve skutečnosti měnit a budou odlišné, ať už budou vyšší či nižší. Nicméně pro účely ekonomického hodnocení jsou nastaveny jako stabilní peněžní provozní toky.



Hodnocené období pro hodnocení ekonomické efektivity variant energetických opatření je uvažováno v délce 65 let. Délka hodnoceného období je nastavena tak, aby pokryla pro navržené varianty energetických opatření dobu návratnosti investičních nákladů. Nastavená délka hodnoceného období vychází z nákladově nejnáročnějších variant energetických opatření tj. V7 a V10.

Diskontní sazba je 0,2 %. Je to předpokládaná úroková sazba, kterou by SVJ dostalo, kdyby dávalo každý rok na spořicí účet banky částku odpovídající roční energetické úspoře nákladů na vytápění jedné z variant opatření po celou dobu hodnoceného období. Jedná se pouze o úvahu, aby bylo možné stanovit diskontní sazbu. Úroková sazba spořicího účtu představuje minimální požadovanou procentuální výnosnost všech variant energetických opatření. Poměrně nízká úroková sazba spořicího účtu je způsobena jak aktuálně nízkými sazbami spořicího účtů v České republice, tak konečnou výší vložených prostředků, kterou by SVJ za celé hodnocené období vložilo na spořicí účet. V současné době platí, že čím více peněžních prostředků je vloženo na spořicí účet, tím úroková sazba spořicího účtu směřem dolů.

Rekapitulace vstupních údajů, potřebných pro hodnocení ekonomické efektivity energetických opatření, je v níže uvedené tabulce (Tab. 23 - Vstupní údaje pro ekonomické hodnocení).

Tab. 23 - Vstupní údaje pro ekonomické hodnocení (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta	Investiční náklad [IN] (-)	Náklady nulové investiční varianty (+)	Náklady investiční varianty (-)	Provozní peněžní toky [PCV <sub>i</sub> ] (+)	Diskontní sazba [r]	Počet let hodnoceného období
V1	5 042 231 Kč	336 083 Kč	239 376 Kč	96 707 Kč	0,2%	65
V2	5 553 723 Kč		233 021 Kč	103 062 Kč		
V3	2 290 991 Kč		282 655 Kč	53 428 Kč		
V4	2 734 722 Kč		279 300 Kč	56 783 Kč		
V5	727 151 Kč		253 155 Kč	82 928 Kč		
V6	454 993 Kč		252 065 Kč	84 018 Kč		
V7	8 288 445 Kč		194 119 Kč	141 964 Kč		
V8	6 008 716 Kč		166 884 Kč	169 199 Kč		
V9	3 189 715 Kč		213 163 Kč	122 921 Kč		
V10	8 743 438 Kč		127 982 Kč	208 102 Kč		

V následující části případové studie je proveden výpočet dynamických ukazatelů ekonomické efektivity investic (NPV, PO, IR, IRR) pro všechny navržené varianty energetických opatření dle výše uvedených údajů pro ekonomické hodnocení.

Výpočet dynamických metod hodnocení ekonomické efektivity je totožný pro všechny navržené varianty energetických opatření. V tzv. nultém roce, resp. v roce pořízení energetického opatření, jsou investiční náklady na realizaci jisté a jejich současná hodnota se rovná investičnímu nákladu. DF je vypočten dle vzorce (24), NPV dle vzorce (26), (27), PO dle vzorce (28), IR dle vzorce (29) a IRR dle vzorce (31). Stanovení skutečné hodnoty IRR je provedeno pomocí tzv. metody lineární interpolace, tedy stanovení kladného NPV a záporného NPV. Výpočet kladného a záporného NPV je stejný jako standartní výpočet NPV dle vzorce (24), (26), (27).

Výpočet dynamických ukazatelů ekonomické efektivity investic (NPV, PO, IR, IRR) pro všechny navržené varianty energetických opatření je v následujících tabulkách (Tab. 24 - Ekonomická efektivity varianty V1 až Tab. 33 - Ekonomická efektivity varianty V10).

Tab. 24 - Ekonomická efektivity varianty V1 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V1		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
0	5 042 231 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-5 042 231 Kč
1	- Kč	96 707 Kč	0,9980	96 514 Kč	96 514 Kč	-4 945 717 Kč
10	- Kč	96 707 Kč	0,9802	94 794 Kč	956 515 Kč	-4 085 716 Kč
20	- Kč	96 707 Kč	0,9608	92 919 Kč	1 894 109 Kč	-3 148 122 Kč
30	- Kč	96 707 Kč	0,9418	91 081 Kč	2 813 156 Kč	-2 229 075 Kč
40	- Kč	96 707 Kč	0,9232	89 279 Kč	3 714 022 Kč	-1 328 209 Kč
50	- Kč	96 707 Kč	0,9049	87 513 Kč	4 597 067 Kč	- 445 164 Kč
55	- Kč	96 707 Kč	0,8959	86 643 Kč	5 032 018 Kč	- 10 213 Kč
56	- Kč	96 707 Kč	0,8941	86 470 Kč	5 118 488 Kč	76 257 Kč
60	- Kč	96 707 Kč	0,8870	85 782 Kč	5 462 645 Kč	420 414 Kč
65	- Kč	96 707 Kč	0,8782	84 929 Kč	5 888 991 Kč	846 760 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>	<b>846 760 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>	<b>55,12</b>
<b>Index rentability IR</b>	<b>1,17</b>

<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>0,70%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 0,65\%$ )	71 286 Kč
	NPV- ( $r_2 = 0,70\%$ )	-5 937 Kč

Tab. 25 - Ekonomická efektivnost varianty V2 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V2		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
<b>0</b>	5 553 723 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-5 553 723 Kč
<b>1</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9980	102 856 Kč	102 856 Kč	-5 450 867 Kč
<b>10</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9802	101 023 Kč	1 019 374 Kč	-4 534 349 Kč
<b>20</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9608	99 025 Kč	2 018 584 Kč	-3 535 139 Kč
<b>30</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9418	97 066 Kč	2 998 027 Kč	-2 555 696 Kč
<b>40</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9232	95 146 Kč	3 958 096 Kč	-1 595 627 Kč
<b>50</b>	- Kč	103 062 Kč	0,9049	93 264 Kč	4 899 172 Kč	- 654 551 Kč
<b>57</b>	- Kč	103 062 Kč	0,8924	91 968 Kč	5 546 827 Kč	- 6 896 Kč
<b>58</b>	- Kč	103 062 Kč	0,8906	91 785 Kč	5 638 612 Kč	84 889 Kč
<b>60</b>	- Kč	103 062 Kč	0,8870	91 419 Kč	5 821 632 Kč	267 909 Kč
<b>65</b>	- Kč	103 062 Kč	0,8782	90 510 Kč	6 275 997 Kč	722 274 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>722 274 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>57,08</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,13</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>0,59%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 0,55\%$ )	65 821 Kč
	NPV- ( $r_2 = 0,60\%$ )	-20 083 Kč

Tab. 26 - Ekonomická efektivnost varianty V3 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V3		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
0	2 290 991 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-2 290 991 Kč
1	- Kč	53 428 Kč	0,9980	53 321 Kč	53 321 Kč	-2 237 670 Kč
10	- Kč	53 428 Kč	0,9802	52 371 Kč	528 448 Kč	-1 762 543 Kč
20	- Kč	53 428 Kč	0,9608	51 335 Kč	1 046 443 Kč	-1 244 548 Kč
30	- Kč	53 428 Kč	0,9418	50 319 Kč	1 554 191 Kč	- 736 800 Kč
40	- Kč	53 428 Kč	0,9232	49 324 Kč	2 051 895 Kč	- 239 096 Kč
44	- Kč	53 428 Kč	0,9158	48 931 Kč	2 248 209 Kč	- 42 782 Kč
45	- Kč	53 428 Kč	0,9140	48 834 Kč	2 297 043 Kč	6 052 Kč
50	- Kč	53 428 Kč	0,9049	48 348 Kč	2 539 753 Kč	248 762 Kč
60	- Kč	53 428 Kč	0,8870	47 392 Kč	3 017 961 Kč	726 970 Kč
65	- Kč	53 428 Kč	0,8782	46 921 Kč	3 253 506 Kč	962 515 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>962 515 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>44,88</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,42</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>1,37%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 1,35\%$ )	11 278 Kč
	NPV- ( $r_2 = 1,40\%$ )	-20 583 Kč

Tab. 27 - Ekonomická efektivnost varianty V4 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V4		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
0	2 734 722 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-2 734 722 Kč
1	- Kč	56 783 Kč	0,9980	56 670 Kč	56 670 Kč	-2 678 052 Kč
10	- Kč	56 783 Kč	0,9802	55 660 Kč	561 638 Kč	-2 173 084 Kč
20	- Kč	56 783 Kč	0,9608	54 559 Kč	1 112 165 Kč	-1 622 557 Kč

Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
30	- Kč	56 783 Kč	0,9418	53 480 Kč	1 651 802 Kč	-1 082 920 Kč
40	- Kč	56 783 Kč	0,9232	52 422 Kč	2 180 764 Kč	- 553 958 Kč
50	- Kč	56 783 Kč	0,9049	51 385 Kč	2 699 263 Kč	- 35 459 Kč
51	- Kč	56 783 Kč	0,9031	51 282 Kč	2 750 545 Kč	15 823 Kč
60	- Kč	56 783 Kč	0,8870	50 368 Kč	3 207 504 Kč	472 782 Kč
65	- Kč	56 783 Kč	0,8782	49 868 Kč	3 457 842 Kč	723 120 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>723 120 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>50,69</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,26</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>0,96%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 0,95\%$ )	9 620 Kč
	NPV- ( $r_2 = 1,00\%$ )	-30 320 Kč

Tab. 28 - Ekonomická efektivnost varianty V5 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta			V5			
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
0	727 151 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	- 727 151 Kč
1	- Kč	82 928 Kč	0,9980	82 762 Kč	82 762 Kč	- 644 389 Kč
8	- Kč	82 928 Kč	0,9841	81 613 Kč	657 491 Kč	- 69 660 Kč
9	- Kč	82 928 Kč	0,9822	81 450 Kč	738 941 Kč	11 790 Kč
10	- Kč	82 928 Kč	0,9802	81 287 Kč	820 229 Kč	93 078 Kč
20	- Kč	82 928 Kč	0,9608	79 679 Kč	1 624 232 Kč	897 081 Kč
30	- Kč	82 928 Kč	0,9418	78 103 Kč	2 412 331 Kč	1 685 180 Kč
40	- Kč	82 928 Kč	0,9232	76 558 Kč	3 184 839 Kč	2 457 688 Kč
50	- Kč	82 928 Kč	0,9049	75 044 Kč	3 942 066 Kč	3 214 915 Kč
60	- Kč	82 928 Kč	0,8870	73 559 Kč	4 684 314 Kč	3 957 163 Kč
65	- Kč	82 928 Kč	0,8782	72 828 Kč	5 049 914 Kč	4 322 763 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>4 322 763 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>8,86</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>6,94</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>11,40%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 11,00\%$ )	25 300 Kč
	NPV- ( $r_2 = 11,50\%$ )	-6 649 Kč

Tab. 29 - Ekonomická efektivnost varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V6		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
<b>0</b>	454 993 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	- 454 993 Kč
<b>1</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9980	83 851 Kč	83 851 Kč	- 371 142 Kč
<b>5</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9901	83 183 Kč	417 582 Kč	- 37 411 Kč
<b>6</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9881	83 017 Kč	500 600 Kč	45 607 Kč
<b>10</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9802	82 356 Kč	831 014 Kč	376 021 Kč
<b>20</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9608	80 727 Kč	1 645 589 Kč	1 190 596 Kč
<b>30</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9418	79 130 Kč	2 444 051 Kč	1 989 058 Kč
<b>40</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9232	77 565 Kč	3 226 717 Kč	2 771 724 Kč
<b>50</b>	- Kč	84 018 Kč	0,9049	76 030 Kč	3 993 901 Kč	3 538 908 Kč
<b>60</b>	- Kč	84 018 Kč	0,8870	74 526 Kč	4 745 909 Kč	4 290 916 Kč
<b>65</b>	- Kč	84 018 Kč	0,8782	73 786 Kč	5 116 315 Kč	4 661 322 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>4 661 322 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>5,45</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>11,24</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>18,47%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 18,00\%$ )	11 765 Kč
	NPV- ( $r_2 = 18,50\%$ )	-848 Kč

Tab. 30 - Ekonomická efektivnost varianty V7 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V7		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
<b>0</b>	8 288 445 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-8 288 445 Kč
<b>1</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9980	141 681 Kč	141 681 Kč	-8 146 764 Kč
<b>10</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9802	139 156 Kč	1 404 152 Kč	-6 884 293 Kč
<b>20</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9608	136 403 Kč	2 780 528 Kč	-5 507 917 Kč
<b>30</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9418	133 705 Kč	4 129 676 Kč	-4 158 769 Kč
<b>40</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9232	131 060 Kč	5 452 136 Kč	-2 836 309 Kč
<b>50</b>	- Kč	141 964 Kč	0,9049	128 468 Kč	6 748 435 Kč	-1 540 010 Kč
<b>60</b>	- Kč	141 964 Kč	0,8870	125 926 Kč	8 019 091 Kč	- 269 354 Kč
<b>62</b>	- Kč	141 964 Kč	0,8835	125 424 Kč	8 270 190 Kč	- 18 255 Kč
<b>63</b>	- Kč	141 964 Kč	0,8817	125 174 Kč	8 395 364 Kč	106 919 Kč
<b>65</b>	- Kč	141 964 Kč	0,8782	124 674 Kč	8 644 962 Kč	356 517 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>356 517 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>62,15</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,04</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>0,33%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 0,30\%$ )	83 911 Kč
	NPV- ( $r_2 = 0,35\%$ )	-47 973 Kč

Tab. 31 - Ekonomická efektivnost varianty V8 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V8		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
<b>0</b>	6 008 716 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-6 008 716 Kč
<b>1</b>	- Kč	169 199 Kč	0,9980	168 862 Kč	168 862 Kč	-5 839 854 Kč
<b>10</b>	- Kč	169 199 Kč	0,9802	165 852 Kč	1 673 528 Kč	-4 335 188 Kč
<b>20</b>	- Kč	169 199 Kč	0,9608	162 571 Kč	3 313 952 Kč	-2 694 764 Kč

Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
30	- Kč	169 199 Kč	0,9418	159 355 Kč	4 921 924 Kč	-1 086 792 Kč
36	- Kč	169 199 Kč	0,9306	157 456 Kč	5 871 399 Kč	- 137 317 Kč
37	- Kč	169 199 Kč	0,9287	157 142 Kč	6 028 541 Kč	19 825 Kč
40	- Kč	169 199 Kč	0,9232	156 203 Kč	6 498 088 Kč	489 372 Kč
50	- Kč	169 199 Kč	0,9049	153 113 Kč	8 043 073 Kč	2 034 357 Kč
60	- Kč	169 199 Kč	0,8870	150 084 Kč	9 557 496 Kč	3 548 780 Kč
65	- Kč	169 199 Kč	0,8782	148 592 Kč	10 303 435 Kč	4 294 719 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>4 294 719 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>36,87</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,71</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>2,07%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 2,05\%$ )	37 923 Kč
	NPV- ( $r_2 = 2,10\%$ )	-38 530 Kč

Tab. 32 - Ekonomická efektivnost varianty V9 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta			V9			
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
0	3 189 715 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-3 189 715 Kč
1	- Kč	122 921 Kč	0,9980	122 675 Kč	122 675 Kč	-3 067 040 Kč
10	- Kč	122 921 Kč	0,9802	120 489 Kč	1 215 792 Kč	-1 973 923 Kč
20	- Kč	122 921 Kč	0,9608	118 105 Kč	2 407 533 Kč	- 782 182 Kč
26	- Kč	122 921 Kč	0,9494	116 698 Kč	3 111 232 Kč	- 78 483 Kč
27	- Kč	122 921 Kč	0,9475	116 465 Kč	3 227 697 Kč	37 982 Kč
30	- Kč	122 921 Kč	0,9418	115 769 Kč	3 575 699 Kč	385 984 Kč
40	- Kč	122 921 Kč	0,9232	113 479 Kč	4 720 757 Kč	1 531 042 Kč
50	- Kč	122 921 Kč	0,9049	111 234 Kč	5 843 164 Kč	2 653 449 Kč
60	- Kč	122 921 Kč	0,8870	109 034 Kč	6 943 368 Kč	3 753 653 Kč
65	- Kč	122 921 Kč	0,8782	107 950 Kč	7 485 281 Kč	4 295 566 Kč



<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>4 295 566 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>26,67</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>2,35</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>3,42%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 3,40\%$ )	14 151 Kč
	NPV- ( $r_2 = 3,45\%$ )	-19 738 Kč

Tab. 33 - Ekonomická efektivnost varianty V10 (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta				V10		
Rok	Investiční náklad [IN] (-)	Provozní peněžní toky [PCVi] (+)	Diskontní faktor [DF]	Současná hodnota [PV]	Kumulovaná současná hodnota [PV]	Čistá současná hodnota [NPV]
<b>0</b>	8 743 438 Kč	- Kč	1,0000	- Kč	- Kč	-8 743 438 Kč
<b>1</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9980	207 686 Kč	207 686 Kč	-8 535 752 Kč
<b>10</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9802	203 985 Kč	2 058 306 Kč	-6 685 132 Kč
<b>20</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9608	199 950 Kč	4 075 895 Kč	-4 667 543 Kč
<b>30</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9418	195 994 Kč	6 053 573 Kč	-2 689 865 Kč
<b>40</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9232	192 117 Kč	7 992 129 Kč	- 751 309 Kč
<b>43</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9177	190 969 Kč	8 566 183 Kč	- 177 255 Kč
<b>44</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9158	190 588 Kč	8 756 771 Kč	13 333 Kč
<b>50</b>	- Kč	208 102 Kč	0,9049	188 317 Kč	9 892 336 Kč	1 148 898 Kč
<b>60</b>	- Kč	208 102 Kč	0,8870	184 592 Kč	11 754 955 Kč	3 011 517 Kč
<b>65</b>	- Kč	208 102 Kč	0,8782	182 757 Kč	12 672 401 Kč	3 928 963 Kč

<b>Čistá současná hodnota NPV</b>		<b>3 928 963 Kč</b>
<b>Diskontovaná doba návratnosti PO</b>		<b>43,93</b>
<b>Index rentability IR</b>		<b>1,45</b>
<b>Vnitřní výnosové procento IRR</b>		<b>1,44%</b>
Vstupní hodnoty pro výpočet IRR	NPV+ ( $r_1 = 1,40\%$ )	99 797 Kč
	NPV- ( $r_2 = 1,45\%$ )	-21 810 Kč

Pro přehlednost jsou v následující tabulce (Tab. 34 - Rekapitulace ukazatelů ekonomické efektivity investic) uvedeny výsledné hodnoty dynamických ukazatelů ekonomické efektivity investic (NPV, PO, IR, IRR) vycházející z výše uvedených výpočtů.

Tab. 34 - Rekapitulace ukazatelů ekonomické efektivity investic (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta	Čistá současná hodnota NPV	Diskontovaná doba návratnosti PO	Index rentability IR	Vnitřní výnosové procento IRR
V1	846 760 Kč	55,12	1,17	0,70%
V2	722 274 Kč	57,08	1,13	0,59%
V3	962 515 Kč	44,88	1,42	1,37%
V4	723 120 Kč	50,69	1,26	0,96%
V5	4 322 763 Kč	8,86	6,94	11,40%
V6	4 661 322 Kč	5,45	11,24	18,47%
V7	356 517 Kč	62,15	1,04	0,33%
V8	4 294 719 Kč	36,87	1,71	2,07%
V9	4 295 566 Kč	26,67	2,35	3,42%
V10	3 928 963 Kč	43,93	1,45	1,44%

Z ekonomického hlediska je nejvýhodnější varianta V6, která je ze všech nejpříznivější. Hlavním důvodem ekonomické výhodnosti varianty V6 je nejnižší investiční náklad ze všech navržených, a také vysoké provozní peněžní toky v poměru k investičnímu nákladu varianty V6. Dalším důvodem, který s předchozím úzce souvisí, jsou obrovské rozdíly v pořizovací ceně resp. investičního nákladů navržených variant energetických opatření a naopak nízké rozdíly provozních peněžních toků jednotlivých variant.

Nejméně příznivou variantou ze všech vypočtených ukazatelů ekonomické efektivity investic je varianta V7, protože investiční náklad této varianty je velmi vysoký s porovnáním k její výši provozních peněžních toků.

## 6.9 Vyhodnocení navržených variant

Navržené varianty energetických opatření jsou v této části ohodnoceny jak z energetického, tak i z ekonomického hlediska, avšak s rozdílným výsledkem hodnocení. V případě energetického hodnocení se ukazuje jako nejvýhodnější varianta V10, naopak v případě ekonomického hlediska je vítěznou variantou varianta V6. Pro další vysvětlení způsobu konečného vyhodnocení je nutno podotknout, že se jedná

pouze o subjektivní hodnocení autora této práce. Pro určení vítězné varianty je nutno udělat vyhodnocení založené na procentuální míře důležitosti dvou hodnocených hledisek.

Pro vyhodnocení variant energetických opatření jsou stanovena dvě základní kritéria. Prvním je ekonomická výhodnost, vycházející z ekonomického hodnocení, s procentuální váhou 50 %. Druhé základní kritérium je energetická výhodnost, vycházející z energetického hodnocení, s procentuální váhou 50 %. Dílčími kritérii jsou ukazatele či veličiny, které jsou považovány za významné a rozhodně by neměly chybět v konečném hodnocení. Dílčím kritériem ekonomické výhodnosti variant je investiční náklad vč. DPH s váhou 60 %, PO s váhou 30 % a IR s váhou 10 %. Dílčím kritériem energetické výhodnosti variant je procentuální energetická úspora s váhou 60 % a klasifikační třída EŠOB s váhou 40 %. U klasifikační třídy EŠOB je požadována klasifikační třída C a vyšší.

V následující tabulce (Tab. 35 - Vyhodnocení variant) je provedeno konečné vyhodnocení navržených variant energetických opatření dle výše uvedeného.

Tab. 35 - Vyhodnocení variant (zdroj: vlastní zpracování)

Základní kritérium	1				2		
	Ekonomická výhodnost				Energetická výhodnost		
Váha zákl. kritéria	50%				50%		
Dílčí kritérium	1	2	3	Celkové hodnocení zákl. kritéria	1	2	Celkové hodnocení zákl. kritéria
	Investiční náklad vč. DPH	Diskon. doba návratnosti PO	Index rentability IR		Procentuální energetická úspora	Klasifikační třída EŠOB (min. klas. třída C)	
Váha díl. kritéria	60%	35%	5%	100%	60%	40%	100%
V1	5 042 231 Kč	55,12	1,17	9,39	28,77	D	27,88
	9,02	9,89	10,39		46,47	0,00	
V2	5 553 723 Kč	57,08	1,13	8,76	30,67	D	29,71
	8,19	9,55	10,05		49,52	0,00	
V3	2 290 991 Kč	44,88	1,42	16,80	15,90	E	15,40
	19,86	12,15	12,63		25,67	0,00	
V4	2 734 722 Kč	50,69	1,26	14,31	16,90	E	16,37
	16,64	10,75	11,24		27,29	0,00	

Dílčí kritérium	1	2	3	Celkové hodnocení zákl. kritéria	1	2	Celkové hodnocení zákl. kritéria
	Investiční náklad vč. DPH	Diskon. doba návratnosti PO	Index rentability IR		Procentuální energetická úspora	Klasifikační třída EŠOB (min. klas. třída C)	
Váha díl. kritéria	60%	35%	5%	100%	60%	40%	100%
V5	727 151 Kč	8,86	6,94	62,17	24,67	E	23,91
	62,57	61,55	61,76		39,85	0,00	
V6	454 993 Kč	5,45	11,24	100,00	25,00	E	24,22
	100,00	100,00	100,00		40,37	0,00	
V7	8 288 445 Kč	62,15	1,04	6,83	42,24	D	40,93
	5,49	8,77	9,28		68,22	0,00	
V8	6 008 716 Kč	36,87	1,71	10,48	50,34	C	88,78
	7,57	14,78	15,25		81,31	100,00	
V9	3 189 715 Kč	26,67	2,35	16,75	36,57	D	35,44
	14,26	20,43	20,87		59,07	0,00	
V10	8 743 438 Kč	43,93	1,45	8,11	61,92	C	100,00
	5,20	12,41	12,89		100,00	100,00	
Nejvýhod. sloupcová hodnota	454 993 Kč	5,45	11,24	100,00	61,92	C	100,00

Výsledek vyhodnocení variant potvrzuje jednoznačnou výhodnost varianty V6 z ekonomického hlediska a energetickou výhodnost varianty V10. Jelikož není známa aktuální finanční situace SVJ Fišova resp. aktuální stav peněžních prostředků na fondu oprav, tak v konečném hodnocení má ekonomické i energetické hledisko stejnou váhu. Tato práce se nevěnuje návrhu ani způsobu financování jednotlivých navržených variant energetických opatření, a proto jsou jednotlivé váhy dílčích kritérií nastaveny tak, aby respektovaly všechny možné způsoby financování v případě výběru jedné z navržených variant. Ať už se jedná o financování vlastními zdroji SVJ Fišova, nebo financování formou bankovního úvěru, případně také formou dotačních programů, tak váhy dílčích kritérií to do určité míry zohledňují. Je zřejmé, že pokud by byla zvolena např. forma financování s využitím dotačních programů, bylo by vyhodnocení variant odlišné. Energetické hledisko by bylo upřednostněno před ekonomickým a váha požadované klasifikační třídy EŠOB by byla minimálně 80 %, protože požadavkem pro úspěšné schválení dotace může být právě zmíněný požadavek na klasifikační třídu EŠOB, tj. třída C a vyšší.

Výsledné pořadí variant energetických opatření (Tab. 36 - Výsledné pořadí variant) nezahrnuje konkrétní formu financování, ale vychází ze zcela subjektivního hodnocení a zvolení procentuálních vah pro jednotlivá kritéria z pohledu autora této práce.

Tab. 36 - Výsledné pořadí variant (zdroj: vlastní zpracování)

Varianta	Ekonomická výhodnost	Energetická výhodnost	Výsledné bodové ohodnocení	Výsledné pořadí navržených variant energetických opatření
	50%	50%		
<b>V1</b>	9,39	27,88	18,64	8
<b>V2</b>	8,76	29,71	19,24	7
<b>V3</b>	16,80	15,40	16,10	9
<b>V4</b>	14,31	16,37	15,34	10
<b>V5</b>	62,17	23,91	43,04	4
<b>V6</b>	100,00	24,22	62,11	★ 1
<b>V7</b>	6,83	40,93	23,88	6
<b>V8</b>	10,48	88,78	49,63	3
<b>V9</b>	16,75	35,44	26,10	5
<b>V10</b>	8,11	100,00	54,05	2

Vítěznou variantou, vyplývající z výše uvedeného konečného hodnocení, je varianta energetického opatření V6. Vítězná varianta V6 má v celkovém součtu 62,1 bodů. Tato varianta je reálně uskutečnitelná v nejbližším časovém horizontu pro SVJ Fišova díky nejnižšímu investičnímu nákladu.

Doporučení pro SVJ Fišova je následující. V nejbližším možném časovém termínu realizovat variantu V6. Poté by se SVJ mělo zajímat o dotační programy a jejich požadavky na úspěšné schválení a získání dotace a do budoucna dodatečně zateplit střechu spolu s obvodovou stěnou (V10) nebo alespoň obvodovou stěnu (V8) a získat tak možné energetické úspory na úrovni navržené varianty V10 nebo V8.

### Varianta V6

Konečná část práce se zabývá pouze vítěznou nejvýhodnější navrženou variantou energetického opatření, tedy variantou V6.

Porovnání zjištěných skutečností stávajícího stavu s vypočtenými hodnotami navržené varianty V6 je uvedeno v následující tabulce (Tab. 37 - Stávající stav vs. varianta V6).

Tab. 37 - Stávající stav vs. varianta V6 (zdroj: vlastní zpracování)

	<b>Stávající stav</b>	<b>Varianta V6</b>	<b>Úspora</b>
Celková tepelná ztráta budovy $\dot{Q}_i$	117 147,27 W	93 738,90 W	<b>20,0%</b>
Vypočtená roční spotřeba tepla na vytápění $Q_{VYT}$	596,69 GJ/rok	447,52 GJ/rok	<b>25,0%</b>
Skutečná roční spotřeba tepla na vytápění	549,34 GJ/rok	412,01 GJ/rok	
Roční náklady na vytápění	336 083 Kč/rok	252 065 Kč/rok	
Měrné roční náklady na vytápění	171 Kč/(m <sup>2</sup> .rok)	128 Kč/(m <sup>2</sup> .rok)	
Měrná roční spotřeba tepla na vytápění	0,28 GJ/(m <sup>2</sup> .rok)	0,21 GJ/(m <sup>2</sup> .rok)	
Základní složka nákladů na vytápění 40 %	134 433 Kč/rok	100 826 Kč/rok	
Spotřební složka nákladů na vytápění 60 %	201 650 Kč/rok	151 239 Kč/rok	
Energetická úspora spotřebovaného tepla	-	137,33 GJ/rok	
Energetická úspora nákladů na vytápění	-	84 018 Kč/rok	
Klasifikační třída EŠOB	<b>F</b>	<b>E</b>	

Po případné realizaci varianty V6 klesne celková tepelná ztráta o 20 % oproti stávajícímu stavu. Ostatní ukazatelé z výše uvedeného porovnání představují úsporu 25 %, která vychází z vypočtené roční spotřeby tepla na vytápění při stávajícím stavu (viz Tab. 13 - Roční potřeba tepla na vytápění) a ze stavu po realizaci energetického opatření V6 (viz Příloha č. 10).

Po realizaci varianty V6 není SVJ povinno zpracovávat nový PENB, protože se nejedná o větší změnu dokončené budovy na více než 25 % celkové plochy obálky budovy, ale jde o změnu dokončené budovy na 19 % z celkové plochy obálky budovy.

Stanovené investiční náklady navržených variant mohou být nižší nebo i vyšší. Stejně tomu je i v případě stanovených provozních peněžních toků, které představují energetickou roční úsporu nákladů na vytápění. Od těchto dvou zmíněných kritických

proměnných se odvíjí celková efektivita navržených variant energetických opatření. Pro zvolenou variantu V6 je provedena analýza citlivosti, která zjišťuje možnou změnu kritických proměnných a posuzuje jejich dopady. Za kritickou proměnnou je považována ta proměnná, u níž zvýšení či snížení o 10 %, způsobí změnu NPV o více než 1 %.

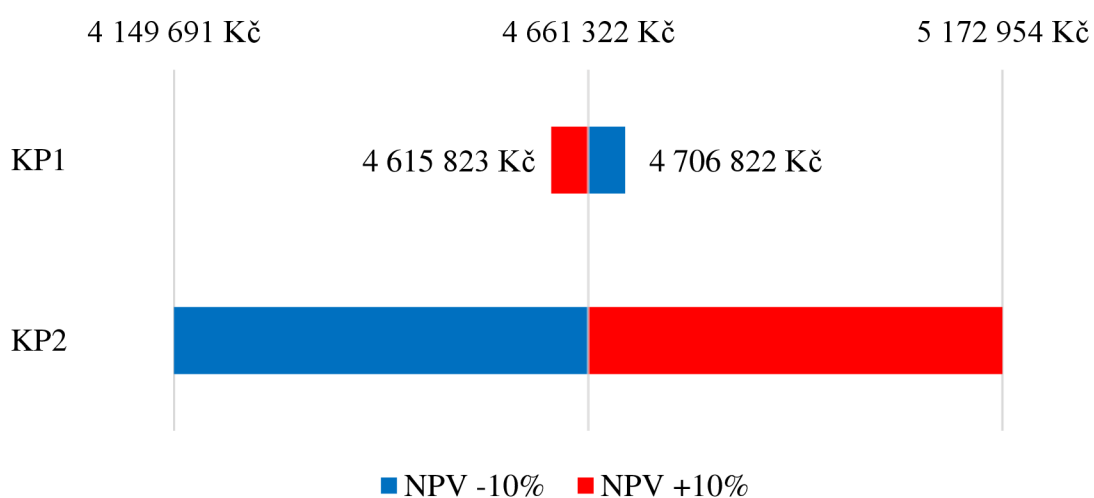
Kritické proměnné a jejich procentuální možná změna o  $\pm 10\%$  způsobující snížení či navýšení NPV jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 38 - Analýza citlivosti varianty V6). NPV varianty V6 je 4 661 322,- Kč (viz Tab. 28 - Ekonomická efektivnost varianty V6).

Tab. 38 - Analýza citlivosti varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování)

	Kritická proměnná	Citlivost	NPV -10%	NPV +10%	Procentuální změna	
					NPV -10%	NPV +10%
<b>KP1</b>	Investiční náklad	$\pm 10\%$	4 706 822 Kč	4 615 823 Kč	1%	-1%
<b>KP2</b>	Provozní peněžní toky	$\pm 10\%$	4 149 691 Kč	5 172 954 Kč	-11%	11%

Provozní peněžní toky jsou dle uvedeného výpočtu považovány za kritickou proměnnou, protože jejich změna o  $\pm 10\%$  způsobí procentuální změnu NPV o více než 1 %. Změna provozních peněžních toků představuje 11% dopad na celkovou efektivitu navržené varianty V6, resp. výši NPV. Investiční náklady nejsou považovány za kritickou proměnnou, protože jejich změna o  $\pm 10\%$  nezpůsobí procentuální změnu NPV o více než 1 %.

Grafické znázornění analýzy citlivosti varianty V6 pomocí tzv. tornádo grafu je uvedeno v následujícím grafu (Graf. 4 - Tornádo graf varianty V6).



Graf. 4 - Tornádo graf varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování)

## ZÁVĚR

Úvod teoretické části byl věnován základním pojmům týkajícím se bytových domů včetně problematiky dvou odlišných druhů vlastnických práv bytových jednotek, vycházejících z občanského zákoníku č. 89/2012 Sb. a ze zákona o obchodních korporacích č. 90/2012 Sb. Následně se práce věnovala obecně jednotlivým typům příspěvků a zaměřila se na zálohy na služby. Z tohoto poměrně obecného pojmu se teoretická část práce zaměřila na dodávku tepla, zejména na rozúčtování a na konečné vyúčtování nákladů na vytápění, vycházejících ze zákona o službách č. 67/2013 Sb. a z vyhlášky č. 269/2015 Sb.

Další fáze teoretické části práce byla věnována obecně pojmům souvisejícím s energetickou náročností budov. Následně byl popsán jeden z možných postupů stanovení tepelné ztráty budovy obálkovou metodou, dle které lze jednak stanovit předběžnou tepelnou ztrátu budovy, a jednak zařadit budovu do klasifikační třídy z hlediska konstrukcí a provedení obálky budovy. Se stanovením tepelné ztráty souvisí také stanovení roční potřeby tepla na vytápění pomocí tzv. denostupňové metody, která v případové studii slouží především pro určení energetických úspor po realizaci energetického opatření. Dále byly popsány možné způsoby energetických opatření vedoucí k energetickým úsporám bytového domu. Práce se zaměřila na možnosti dodatečného zateplení obálky budovy jako je dodatečné zateplení střechy, stropu, podlahy či obvodového pláště budovy a v neposlední řadě také na výměnu výplní okenních a dveřních otvorů. Závěrem teoretické části byly popsány dynamické metody hodnocení ekonomické efektivnosti investic, které zohledňují faktor času a rizika, jako je čistá současná hodnota, diskontovaná doba návratnosti, index rentability a vnitřní výnosové procento.

Po velmi obsáhlém zpracování teoretické části práce bylo přistoupeno k případové studii, kde byly uplatněny získané vědomosti autora této práce na konkrétním bytovém domě. Jedná se o bytový dům v Brně na ulici Fišova. V úvodu je popsán bytový dům jak z hlediska konstrukčního, tak z hlediska vlastnických práv. Poté bylo přistoupeno k problematice vytápění bytového domu. Nejprve byly stanoveny průměrné celkové roční spotřeby a náklady tepla na vytápění z poskytnutých faktur za předchozí roky. Pomocí obálkové metody byla stanovena celková tepelná ztráta budovy a následně byla budova zařazena do klasifikační třídy F z hlediska konstrukcí a provedení obálky budovy. Následně byla stanovena roční potřeba tepla na vytápění. Poté byly navrženy vždy dvě varianty skladeb pro každou konstrukci obálky budovy, která nesplňuje požadovanou hodnotu součinitele prostupu tepla  $U_N$  dle normy ČSN 73 0540-2. Jedná se o obvodovou stěnu, střechu a strop nad 1. PP. Pro navržené skladby byly vytvořeny položkové rozpočty v programu BuildPower S. Z těchto navržených skladeb vychází dohromady deset,



autorem práce navržených, variant energetických opatření. Pro navržené varianty energetických opatření bylo provedeno hodnocení z hlediska energetického a ekonomického. Energetické hodnocení proběhlo na stejném principu, jako při energetickém zhodnocení stávajícího stavu budovy, včetně stanovení energetických úspor pro každou navrženou variantu. Dále byly navržené varianty ekonomicky zhodnoceny na základě dynamických ekonomických ukazatelů. Výsledné hodnocení bylo provedeno na základě procentuální míry důležitosti dvou zmíněných hodnocení, tedy na základě subjektivního stanovení vah dvou základních kritérií a vah jejich dílčích kritérií. V konečném součtu bodového hodnocení vyšla jako nejvýhodnější varianta V6.

Výsledek práce ukázal, že k poměrně velkým ročním energetickým úsporám není vždy nutné vynaložit vysoké investiční náklady. Ať už se vlastníci rozhodnou pro kteroukoliv z navržených variant, dosáhnou energetických úspor, avšak s rozdílnou ekonomickou a energetickou efektivitou.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu. In: *Sbírka zákonů*. 2006, 63/2006, číslo 22
- [2] LINHART, Aleš. *Umíme správně vyložit pojem stavba?* [online]. 2014 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/novy-obcansky-zakonik/11081-umime-spravne-vylozit-pojem-stavba>
- [3] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 89/2012 Sb.: Zákon občanský zákoník. In: *Sbírka zákonů*. 2012, 33/2012, číslo 3.
- [4] ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. 10/12. 2004.
- [5] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 501/2006 Sb.: Vyhláška o obecných požadavcích na využívání území. In: *Sbírka zákonů*. 2006, 163/2006, číslo 5.
- [6] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 398/2009 Sb.: Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. In: *Sbírka zákonů*. 2009, 129/2009, číslo 1.
- [7] *Vysvětlení základních pojmů NOZ* [online]. 2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.lifeprofit.cz/novinky/vysvetleni-pojmu-noveho-obcanskeho-zakoniku>
- [8] ČESKÁ REPUBLIKA. Nařízení vlády č. 366/2013 Sb.: Nařízení vlády o úpravě některých záležitostí souvisejících s bytovým spoluvlastnictvím. In: *Sbírka zákonů*. 2013, 143/2013, číslo 1.
- [9] *Založení společenství vlastníků jednotek* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://pravnik-svj.cz/>
- [10] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 90/2012 Sb.: Zákon o obchodních společnostech a družstvech. In: *Sbírka zákonů*. 2012, 34/2012, číslo 2.
- [11] VEPŘKOVÁ ZÁBOJOVÁ, Jitka. *PRÁVNÍ ÚPRAVA DRUŽSTVA V ZÁKONĚ O OBCHODNÍCH KORPORACÍCH II.* [online]. 2014 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.panelpus.cz/cz/1046.pravni-uprava-druzstva-v-zakone-o-obchodnich-korporacich-ii>
- [12] MOTZKE, Radek. *Dopady Nového občanského zákoníku na vyúčtování služeb u společenství vlastníků* [online]. 2015 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/fm-sluzby/13275-dopady-noveho-obcanskeho-zakoniku-na-vyuctovani-sluzeb-u-spolecenstvi-vlastniku>
- [13] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 67/2013 Sb.: Zákon, kterým se upravují některé otázky související s poskytováním plnění spojených s užíváním bytů a nebytových prostorů v domě s byty. In: *Sbírka zákonů*. 2013, 31/2013, číslo 2.

- [14] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 269/2015 Sb.: Vyhláška o rozúčtování nákladů na vytápění a společnou přípravu teplé vody pro dům. In: *Sbírka zákonů*. 2015, 109/2015, číslo 1.
- [15] KLOKOČNÍK, Otakar. *Kritika nové vyhlášky o rozúčtování nákladů na vytápění* [online]. 2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vytapani/14022-kritika-nove-vyhlasky-o-rozuctovani-nakladu-na-vytapani>
- [16] ČASTO KLADENÉ OTÁZKY KE KLÍČOVÝM AGENDÁM MMR [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.mmr.cz/cs/Ministerstvo/Ministerstvo/Otazky-a-odpoved/Diky-nove-vyhlase-bude-rozuctovani-nakladu-v-domech-spravedlivejsi>
- [17] *Metodický pokyn k zákonu č. 67/2013 Sb., ve znění pozdějších předpisů* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: [http://www.mmr.cz/getmedia/493ecac3-3dba-4c46-a82f-fba802beecbb/Metodicky-pokyn\\_teplo\\_vyhl-c-269\\_2015-Sb-\\_1\\_2\\_17.pdf](http://www.mmr.cz/getmedia/493ecac3-3dba-4c46-a82f-fba802beecbb/Metodicky-pokyn_teplo_vyhl-c-269_2015-Sb-_1_2_17.pdf)
- [18] PRAŽÁK, Zbyněk. *Bytové spoluvlastnictví: komentář k § 1158-1222 nového občanského zákoníku a k zákonu č. 67/2013 Sb.* Praha: Leges, 2014. ISBN 978-80-7502-025-3.
- [19] ČESKÁ REPUBLIKA. Zákon č. 406/2000 Sb.: Zákon o hospodaření energií. In: *Sbírka zákonů*. 2000, 115/2000, číslo 21.
- [20] *Slovníček pojmů* [online]. 2008 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.eazk.cz/slovnicek-pojmu/>
- [21] ČESKÁ REPUBLIKA. Vyhláška č. 78/2013 Sb.: Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: *Sbírka zákonů*. 2013, 36/2013, číslo 2.
- [22] *Energetická náročnost budov* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>
- [23] DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [24] REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů*. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5142-9.
- [25] *Průkaz energetické náročnosti budovy* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/penb.html>
- [26] REMEŠ, Michal. *Průkaz energetické náročnosti budov - 3. díl* [online]. 2013 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: [https://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov\\_5084](https://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov_5084)

- [27] REMEŠ, Michal. *Průkaz energetické náročnosti budov - 2. díl* [online]. 2013 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://www.bydleni.cz/clanek/Prukaz-energeticke-narocnosti-budov>
- [28] *Energetický štítek* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.ned.cz/energetika-staveb/energeticky-stitek>
- [29] *Energetický štítek obálky budovy* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-energ.cz/energeticky-stitek-budovy.html>
- [30] *Energetické štítky obálky budovy* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.tzus.cz/certifikace-budov/energeticke-stitky-prukazy-audity/energeticke-stitky-obalky-budov>
- [31] POČÍNKOVÁ, Marcela. *BT01 - TZB II - VYTÁPĚNÍ* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/pocinkova.m/vytapeni.htm>
- [32] VAVERKA, Jiří. *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: VUTIUM, 2006. ISBN 80-214-2910-0.
- [33] *Výpočet zásobníku TV, Výpočet tepelného výkonu pro vytápění, Výpočet roční potřeby tepla* [online]. 2013 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: [http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/6\\_vytapeni\\_ohrev\\_tv/6a\\_pripravatv\\_potreba\\_tepla.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/91/6_vytapeni_ohrev_tv/6a_pripravatv_potreba_tepla.pdf)
- [34] VAVŘIČKA, Roman. *Výpočet potřeby tepla a paliva: Denostupňová metoda* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni\\_materialy/VYT/VYT\\_cv\\_2\\_2011\\_opa.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/VYT/VYT_cv_2_2011_opa.pdf)
- [35] ZACH, Jiří. *Využití ETICS pro obnovy obvodových pláštů budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2014. ISBN 978-80-214-4957-2.
- [36] ŠÁLA, Jiří. *Zateplování budov*. Praha: Grada, 2000. ISBN 80-7169-833-4.
- [37] VLČEK, Milan a Petr BENEŠ. *Zateplování staveb*. Brno: CERM, 2000. ISBN 80-7204-164-9.
- [38] STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4808-5.
- [39] PETR TYL, Zdeněk a Roman ŠUBRT. *Moderní okna: [zasklení a úspora tepla, vzduchotěsnost a průvzdušnost, výměna, montáž a reklamace]*. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4286-1.
- [40] *Techniky hodnocení investic (investičních variant)* [online]. [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/techniky-hodnoceni-investic>

- [41] KORYTÁROVÁ, Jana, Bohumil PUCHÝŘ a Jaroslav FRIDRICH. *Ekonomika investic*. Brno: CERM, 2001. ISBN 80-214-2089-8.
- [42] KUNCOVÁ, Martina, Jakub NOVOTNÝ a Radek STOLÍN. *Techniky projektového řízení a finanční analýza projektů nejen pro ekonomy*. I. vydání. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-26-2.
- [43] KORYTÁROVÁ, Jana. *Management investičních projektů*. Brno: Litera, 2013. ISBN 978-80-903586-9-0.
- [44] FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3293-0.
- [45] *Konstrukční soustava G40* [online]. 2016 [cit. 2017-12-06]. Dostupné z: <http://panelaky.info/g40/>

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

%	procento
$\Sigma$	suma
§	paragraf
°C	stupeň celsia
atd.	a tak dále
BD	bytový dům
BDR	bytové družstvo
CI	klasifikační ukazatel
č.	číslo
ČSN	česká technická norma
DF	diskontní faktor
DPH	daň z přidané hodnoty
EA	energetický audit
ENB	energetická náročnost budovy
EP	energetický posudek
EPS	expandovaný pěnový polystyren
EŠOB	energetický štítek obálky budovy
ETAG	řídící pokyn pro evropská technická schválení
ETICS	vnější tepelně-izolační kompozitní systém
EU	evropská unie
GJ	gigajoul
h	hodina
IČ	identifikační číslo
IN	investiční náklad
IR	index rentability
IRR	vnitřní výnosové procento

K	kelvin
Kč	koruna česká
KP	kritická proměnná
ks	kus
kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
m	metr
m <sup>2</sup>	metr čtvereční
m <sup>3</sup>	metr krychlový
mm	milimetr
MW	minerální vlna
např.	například
nejvýhod.	nejvýhodnější
NP	nadzemní podlaží
NPV	čistá současná hodnota
Pa	pascal
PENB	průkaz energetické náročnosti budovy
PO	diskontovaná doba návratnosti
PP	podzemní podlaží
PV	současná hodnota
RD	rodinný dům
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
Sb.	sbírka zákonů
SVJ	společenství vlastníků jednotek
tj.	to jest
tl.	tloušťka
TZB	technická zařízení budov

tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný, takzvaně
ÚT	ústřední vytápění
VKZS	vnější kontaktní zateplovací systém
vs.	versus
W	watt
XPS	extrudovaný pěnový polystyren



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Hodnocení energetické náročnosti budovy (zdroj: vlastní zpracování dle [22]) .....	29
Obr. 2 - Dílčí dodaná energie (zdroj: vlastní zpracování dle [22]) .....	30
Obr. 3 - Vyhláška č. 148/2007 Sb. (zdroj: vlastní zpracování dle [22]) .....	31
Obr. 4 - Tepelné ztráty (zdroj: vlastní zpracování dle [36]) .....	34
Obr. 5 - Hodnoty tepelného odporu (zdroj: vlastní zpracování dle [31]) .....	35
Obr. 6 - EŠOB [30] .....	42
Obr. 7 - Klasifikační třídy EŠOB (zdroj: vlastní zpracování dle [31]) .....	44
Obr. 8 - PENB [22] .....	46
Obr. 9 - Klasifikační třídy PENB (zdroj: vlastní zpracování dle [21]) .....	47
Obr. 10 - Skladba ETICS (zdroj: vlastní zpracování) .....	50
Obr. 11 - Princip zateplení stropu zespodu (zdroj: vlastní zpracování dle [38]) .....	54
Obr. 12 - Investiční prostor (zdroj: vlastní zpracování dle [41]) .....	59
Obr. 13 - BD Fišova v roce 1957 [45] .....	66
Obr. 14 - Situace BD .....	67
Obr. 15 - BD Severovýchodní pohled .....	68
Obr. 16 - BD Severní pohled .....	68
Obr. 17 - BD Severozápadní pohled .....	69
Obr. 18 - BD Jižní pohled .....	69

## SEZNAM GRAFŮ

Graf. 1 - Průměrné náklady na vytápění BD (zdroj: vlastní zpracování).....	72
Graf. 2 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování).....	78
Graf. 3 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla (zdroj: vlastní zpracování).....	96
Graf. 4 - Tornádo graf varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování).....	111

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Požadavky na ukazatele ENB [22] .....	32
Tab. 2 - Požadavky na ENB [19] .....	32
Tab. 3 - Korekční činitel [31].....	38
Tab. 4 - Průměrná spotřeba tepla na vytápění BD (zdroj: vlastní zpracování) .....	71
Tab. 5 - Skladba obvodové stěny - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování).....	73
Tab. 6 - Skladba jednoplášťové ploché střechy - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování) .....	74
Tab. 7 - Skladba stropu nad 1. PP - stávající stav (zdroj: vlastní zpracování).....	75
Tab. 8 - Výplně otvorů (zdroj: vlastní zpracování).....	76
Tab. 9 - Charakteristika budovy (zdroj: vlastní zpracování) .....	76
Tab. 10 - Celková tepelná ztráta BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování).....	77
Tab. 11 - Rozdělení tepelné ztráty BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování).....	78
Tab. 12 - Otopné období 2015, 2016 (zdroj: vlastní zpracování).....	79
Tab. 13 - Roční potřeba tepla na vytápění (zdroj: vlastní zpracování) .....	80
Tab. 14 - EŠOB BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování).....	81
Tab. 15 - Klasifikační třídy EŠOB (zdroj: vlastní zpracování).....	82
Tab. 16 - Celková energeticky vztažná plocha BD Fišova (zdroj: vlastní zpracování).....	82

Tab. 17 - Skladba obvodové stěny - návrh (zdroj: vlastní zpracování) .....	84
Tab. 18 - Skladba jednovrstevné ploché střechy - návrh (zdroj: vlastní zpracování).....	87
Tab. 19 - Skladba stropu nad 1. PP - návrh (zdroj: vlastní zpracování) .....	91
Tab. 20 - Varianty energetických opatření (zdroj: vlastní zpracování) .....	93
Tab. 21 - Rekapitulace výpočtů (zdroj: vlastní zpracování) .....	94
Tab. 22 - Rekapitulace možných ročních nákladů a spotřeby tepla (zdroj: vlastní zpracování).....	95
Tab. 23 - Vstupní údaje pro ekonomické hodnocení (zdroj: vlastní zpracování) .....	97
Tab. 24 - Ekonomická efektivnost varianty V1 (zdroj: vlastní zpracování) .....	98
Tab. 25 - Ekonomická efektivnost varianty V2 (zdroj: vlastní zpracování) .....	99
Tab. 26 - Ekonomická efektivnost varianty V3 (zdroj: vlastní zpracování) .....	100
Tab. 27 - Ekonomická efektivnost varianty V4 (zdroj: vlastní zpracování) .....	100
Tab. 28 - Ekonomická efektivnost varianty V5 (zdroj: vlastní zpracování) .....	101
Tab. 29 - Ekonomická efektivnost varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování) .....	102
Tab. 30 - Ekonomická efektivnost varianty V7 (zdroj: vlastní zpracování) .....	103
Tab. 31 - Ekonomická efektivnost varianty V8 (zdroj: vlastní zpracování) .....	103
Tab. 32 - Ekonomická efektivnost varianty V9 (zdroj: vlastní zpracování) .....	104
Tab. 33 - Ekonomická efektivnost varianty V10 (zdroj: vlastní zpracování) .....	105
Tab. 34 - Rekapitulace ukazatelů ekonomické efektivnosti investic (zdroj: vlastní zpracování).....	106
Tab. 35 - Vyhodnocení variant (zdroj: vlastní zpracování) .....	107
Tab. 36 - Výsledné pořadí variant (zdroj: vlastní zpracování).....	109
Tab. 37 - Stávající stav vs. varianta V6 (zdroj: vlastní zpracování) .....	110
Tab. 38 - Analýza citlivosti varianty V6 (zdroj: vlastní zpracování).....	111

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1	Vyúčtování dodávky tepla 2015, 2016
Příloha č. 2	Stavebně technický průzkum
Příloha č. 3	Výpočet ploch konstrukcí a vnějšího objemu budovy
Příloha č. 4	PENB
Příloha č. 5	Položkový rozpočet varianty V1
Příloha č. 6	Položkový rozpočet varianty V2
Příloha č. 7	Položkový rozpočet varianty V3
Příloha č. 8	Položkový rozpočet varianty V4
Příloha č. 9	Položkový rozpočet varianty V5
Příloha č. 10	Položkový rozpočet varianty V6
Příloha č. 11	Energetické hodnocení navržených variant
Příloha č. 12	Výkresová dokumentace