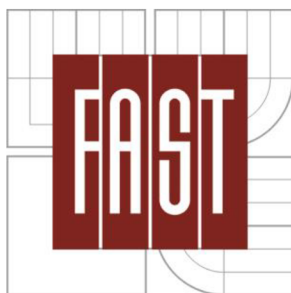


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHALOR THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**JAN STADTHERR**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**DOC. ING. JIŘÍ HIRŠ, CSC.**

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	B3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3608R001 Pozemní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Student</b>	Jan Stadtherr
<b>Název</b>	Energetické hodnocení budov
<b>Vedoucí bakalářské práce</b>	doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
<b>Datum zadání bakalářské práce</b>	30. 11. 2015
<b>Datum odevzdání bakalářské práce</b>	27. 5. 2016

V Brně dne 30. 11. 2015

  
.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu

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

## Podklady a literatura

Platné zákony, vyhlášky, nařízení a normy v oblasti řešené problematiky bakalářské práce. Domácí, evropská a světová literatura, sborníky vědeckých konferencí a odborných akcí v oblasti TZB. Zdroje na internetu. Podrobné podklady a další upřesnění stanoví vedoucí bakalářské práce při konzultacích.

## Zásady pro vypracování (zadání, cíle práce, požadované výstupy)

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
  - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran
  - B. Výpočtová část
    - B1. Analýza energetických potřeb a toků budovy
      - specifikace energetických systémů budovy
      - stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí
    - B2. Energetické hodnocení budovy
      - standardizované užívání budovy
      - potřeba energie pro jednotlivé systémy TZB včetně osvětlení
      - variantní návrhy opatření pro snížení energetické náročnosti
      - ekonomické hodnocení navržených opatření
  - C. Projekt
    - analýza průkazu energetické náročnosti budovy
    - zpracování dílčích částí energetického auditu
    - vybrané experimentální ověření reálného stavu budovy
- o) závěr,
- p) seznam použitých zdrojů,
- q) seznam použitých zkratk a symbolů,
- r) seznam příloh,
- s) přílohy – výkresy, schémata

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

## Struktura bakalářské/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).



.....  
doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá energetickým hodnocením budov. Teoretická část je věnována problematice z hlediska zákonů, vyhlášek a technických norem. Popisuje jednotlivé energetické dokumenty. Ve výpočtové a projektové části provádím aplikaci metodiky pro stanovení energetické náročnosti bytového domu. Je provedena analýza původních i stávajících zařízení budovy a tepelně technických vlastností obalových konstrukcí. Veškerá úsporná opatření jsou ekonomicky hodnoceny pro získání nejefektivnější investice.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the energy assessment of buildings. The theoretical part is devoted to problems in terms of laws, regulations and technical standards . It describes the various energy documents . In the calculation and design part is the application of the methodology for determining the energy performance of residential building . It is an analysis of both the original and existing facilities and building thermal properties of packaging structures . Any austerity measures are economically evaluated to obtain the most effective investments.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Energetické hodnocení, energetická náročnost, bytový dům, průkaz energetické náročnosti, energetické systémy budov, ekonomické hodnocení, úsporná opatření

## **KEY WORDS**

Energy assessment, energy performance, residential building, energy performance certificate, energy systems of buildings, economic assessment, austerity measures

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

STADTHERR, Jan. *Energetické hodnocení budov*. Brno, 2016. 96 s., 104 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ:**

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

V Brně dne 25. 5. 2016

.....

Jan Stadtherr

### **Poděkování**

Děkuji doc. Ing. Jiřímu Hiršovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady, připomínky, trpělivost, podporu a podněty při zpracovávání této bakalářské práce.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>A. TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>12</b>
A.1 VYUŽITÍ ZDROJŮ ENERGIE .....	13
A.1.1 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE (NOZE) .....	13
A.1.2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE (OZE) .....	15
A.1.2.1 DRUHY OBNOVITELNÝCH ZDROJŮ ENERGIE:.....	15
A.2 KJÓTSKÝ PROTOKOL.....	17
A.3 VYBRANÉ PRÁVNÍ PŘEDPISY EU A ČR .....	19
A.3.1 SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU           O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV .....	19
A.3.2 ZÁKON Č. 406/2000 SB., O HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ .....	21
A.3.2.1 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV .....	22
A.3.2.2 SNIŽOVÁNÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....	24
A.3.2.3 HODNOCENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV – REFERENČNÍ BUDOVA.....	26
A.3.3 VYHLÁŠKA Č. 78/2013 SB. O ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....	27
A.3.3.1 UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV .....	28
A.3.4 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY (PENB).....	30
A.3.5 ENERGETICKÝ AUDIT A ENERGETICKÝ POSUDEK.....	32
<b>B. VÝPOČTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
B.1 ANALÝZA ENERGETICKÝCH POTŘEB A TOKŮ BUDOVY.....	35
B.2 SPECIFIKACE ENERGETICKÝCH SYSTÉMU BUDOV .....	36
B.2.1 SYSTÉMY VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ .....	36
B.2.1.1 POTŘEBNÁ ENERGIE PRO VYTÁPĚNÍ .....	36
B.2.1.2 POTŘEBNÁ ENERGIE PRO CHLAZENÍ .....	37
B.2.2 SYSTÉMY ŘÍZENÉHO VĚTRÁNÍ A ÚPRAVY VLHKOSTI VZDUCHU .....	38
B.2.2.1 POTŘEBNÁ ENERGIE PRO VLHČENÍ A ODVLHČENÍ VZDUCHU.....	38
B.2.2.2 POTŘEBNÁ POMOČNÁ ENERGIE PRO SYSTÉM MECHANICKÉHO VĚTRÁNÍ .....	39
B.2.3 SYSTÉMY PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY .....	39
B.2.4 OSVĚTLENÍ .....	41
B.3 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ A TEPelně TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ .....	42
B.3.1 ŠÍŘENÍ TEPLA KONSTRUKCÍ .....	42
B.3.1.1 NEJNIŽŠÍ VNITŘNÍ POVRCHOVÁ TEPLOTA KONSTRUKCE .....	42
B.3.1.2 SOUČINTEL PROSTUPU TEPLA .....	42
B.3.1.3 ŠÍŘENÍ VLHKOSTI KONSTRUKCÍ.....	43
B.4 ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOVY .....	43
B.4.1 PARAMETRY PRO HODNOCENÍ BUDOV.....	43
B.4.2 STAVEBNÍ ŘEŠENÍ.....	43
B.4.3 TEPelně TECHNICKÉ VLASTNOSTI OBALOVÝCH KONSTRUKCÍ .....	44
B.4.3.1 NEPRŮSVITNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE.....	44
B.4.3.2 STROPY A PODLAHY .....	46
B.4.3.3 STŘECHA .....	47



B.4.3.4	VÝPLNĚ OTVORŮ.....	48
B.4.4	TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM TEPLA.....	49
B.4.5	STANDARDIZOVANÉ UŽÍVÁNÍ BUDOVY.....	50
B.4.5.1	LOKACE OBJEKTU .....	50
B.4.5.2	ZÓNOVÁNÍ OBJEKTU .....	50
B.4.6	ZÁKLADNÍ POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU .....	51
B.4.7	POTŘEBA ENERGIE PRO JEDNOTLIVÉ SYSTÉMY TZB VČETNĚ OSVĚTLENÍ .....	52
B.4.7.1	OSVĚTLENÍ .....	52
B.4.7.2	PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY .....	53
B.4.7.3	VYTÁPĚNÍ.....	53
B.4.8	TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV STÁVAJÍCÍHO STAVU (TZB) .....	55
B.4.8.1	ZDROJ TEPELNÉ ENERGIE.....	55
B.4.8.2	OTOPNÝ SYSTÉM.....	56
B.4.8.3	PŘÍPRAVA TV.....	57
B.4.8.4	VĚTRÁNÍ .....	57
B.4.8.5	ELEKTROINSTALACE A OSVĚTLENÍ.....	58
B.5	NÁVRHOVÁ OPATŘENÍ.....	58
B.5.1	STAVEBNÍ OPATŘENÍ .....	59
B.5.1.1	NEPRŮSVITNÉ OBVODOVÉ KONSTRUKCE – OPATŘENÍ 1A, B, C .....	59
B.5.1.2	STROPY A PODLAHY .....	61
B.5.1.3	STŘECHA – OPATŘENÍ 2A, B .....	61
B.5.1.4	VÝPLNĚ OTVORŮ – OPATŘENÍ 3 .....	62
B.5.2	TZB OPATŘENÍ.....	62
B.5.2.1	MĚŘENÍ A REGULACE – OPATŘENÍ 4.....	62
B.5.2.2	VÝMĚNA ZDROJE TEPLA – OPATŘENÍ 5.....	63
B.5.2.3	OSVĚTLENÍ – OPATŘENÍ 6 .....	63
B.5.3	EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ VARIANT Z NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ .....	64
B.5.4	NÁVRH ÚSPORNÝCH VARIANT .....	64
B.5.4.1	VARIANTA I.....	64
B.5.4.2	VARIANTA II.....	66
B.5.4.3	VARIANTA III.....	67
B.5.4.4	VARIANTA IV .....	68
B.5.5	OPTIMÁLNÍ VÝBĚR NAVRŽENÝCH VARIANT .....	68
<b>C.</b>	<b>PROJEKTOVÁ ČÁST.....</b>	<b>69</b>
C.1	ANALÝZA PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY .....	70
C.1.1	ÚČEL ZPRACOVÁNÍ PENB .....	70
C.1.2	PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ PENB .....	70
C.1.3	PARAMETRY OVLIVŇUJÍCÍ HODNOCENÍ BUDOV .....	70
C.1.3.1	KLIMATICKÁ OBLAST A LOKALITA .....	70
C.1.3.2	ZÓNOVÁNÍ OBJEKTU .....	73
C.1.3.3	VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ TEPLOTA VODY.....	74
C.1.3.4	POŽADOVANÁ TEPLOTA VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ V REŽIMU VYTÁPĚNÍ.....	75
C.2	ZPRACOVÁNÍ DÍLČÍCH ČÁSTÍ ENERGETICKÉHO AUDITU.....	76
C.2.1	INVESTIČNÍ NÁKLADY VARIANTY II (STÁVAJÍCÍ STAV) .....	76
C.2.2	PŘEDPOKLÁDANÉ VÝNOSY ÚSPORNÉHO OPATŘENÍ .....	77
C.2.3	VÝSLEDKY EKONOMICKÉHO HODNOCENÍ VARIANTY II .....	77

C.3	VYBRANÉ EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ REÁLNÉHO STAVU BUDOVY.....	78
C.3.1	ENERGETICKÉ VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU .....	78
C.3.1.1	NÁKLADY PROVOZU VYTÁPĚNÍ NA ZÁKLADĚ SKUTEČNÉ SPOTŘEBY .....	78
C.3.1.2	OVĚŘENÍ HODNOT Z VÝPOČTU PENB A REÁLNÝCH SPOTŘEB.....	79
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN .....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ.....</b>	<b>92</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>95</b>

## ÚVOD

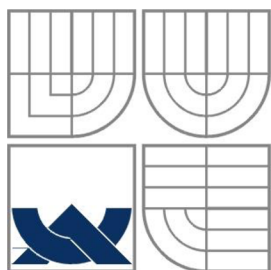
Tématem této bakalářské práce je energetického hodnocení budov a problematika s ním spojená. Prostupem této práce se seznámíme s energetickými zdroji, jejich využitelností a dopadem na životní prostředí. Zabývám se výkladem současně platných právních předpisů související s danou problematikou. Tato práce si klade za cíl zpracovat dílčí části průkazu energetické náročnosti budov a energetického auditu. Pro odbornost bude použit výpočetní software Energetika, která je zastoupena ve stavebních programech DEKSOFT. Rovněž bude využita Tepelná technika 1D ze sady stavebních programů. Výpočetní technika koresponduje se platnými zákony a předpisy České republiky.

Práci rozdělím na 3 tematické části, teoretickou, výpočtovou a projektovou.

Teoretická část bude ve formě literární rešerše v rozsahu 15-20 stran. Poukáže na právní předpisy EU a ČR spjaté s danou tematikou. V rámci předpisů Evropské unie se zaměřím na směrnici 2002/91/ES a její novelu 2010/31/EU. Dále navážu na českou legislativu v podobě zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Během implementace evropské směrnice do dění na českém území byl tento zákon mnohokrát novelizován, proto se zaměřím na jeho změny v průběhu let. Uvedu platné energetické dokumenty a náležitosti pro jejich vypracování. Především pak průkazu energetické náročnosti budov.

Výpočtová část bezprostředně naváže na danou tematiku. Analyzuje energetické toky, specifikuje energetické systémy budovy, zaměří se na potřebu energií pro jejich provoz a následně aplikuje na konkrétním bytovém domě. Uvede obecné výpočetní vztahy pro stanovení potřeby energie právě pro tyto systémy. Hodnocení energetické náročnosti bude provedeno na původním, stávajícím i na navrhovaném stavu budovy. Všechna úsporná opatření budou technicky a ekonomicky zhodnoceny.

Projektová část se zaměří na analýzu průkazu energetické náročnosti budovy a vstupující parametry. Na řešené budově aplikuje dílčí části energetického auditu. Experimentálně se pokusím ověřit spotřebu energií pro stávající, tedy reálný stav budovy.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## A. TEORETICKÁ ČÁST

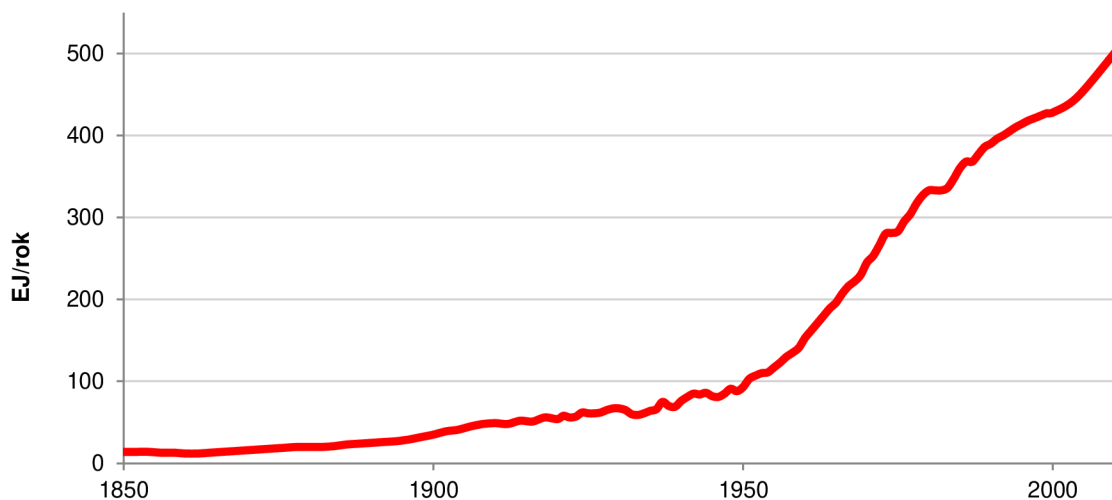
## A.1 Využití zdrojů energie

S rostoucí lidskou populací roste i životní úroveň společnosti, ke které bezpochyby patří nárůst spotřeby energie. Odvrácená strana, dosavadního způsobu přetváření energie za využití neobnovitelných zdrojů, vedla ke zvýšení skleníkových plynů, především vodní páry, oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného. Ty mají za příčinu vznik tzv. skleníkového jevu (efektu), který má negativní vliv na podmínky, rozvoj i kvalitu životní úrovně. Rovněž přispívá ke znehodnocení přírody, jak při těžbě tak při samotném zpracování. K udržení plynulého chodu se čím dál víc klade důraz na využívání obnovitelných zdrojů energie, které mají zajistit stabilizaci.

### A.1.1 Neobnovitelné zdroje energie (nOZE)

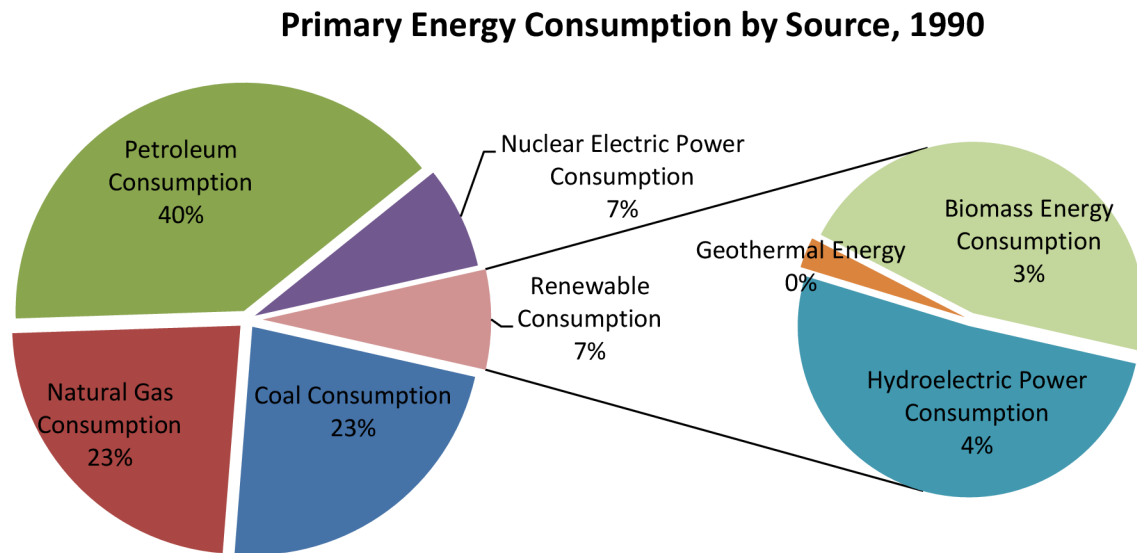
Používání nOZE začalo ve větším měřítku v druhé polovině 19. století, na počátku tzv. průmyslové revoluce. Charakteristickým znakem nOZE je takový, že se spotřebovávají rychleji, než se dokáží obnovit. Znamená to, že se v budoucnosti vyčerpají. Nelze přesně odhadnout, kdy tahle budoucnost nastane. Do jisté míry záleží na tom, jak efektivně budeme tyto zdroje využívat, a naopak v jaké míře budeme schopni využívat obnovitelných zdrojů. [1]

Energetika současné technické civilizace naší planety se opírá především o využívání ložisek uhlí, ropy a zemního plynu. Dominantní složku energetické spotřeby tedy dodnes tvoří fosilní paliva. V současné době se ve světě z uhlí vyrábí více než 44 % veškeré spotřebovávané elektrické energie, v Evropě přibližně jedna třetina. Přestože dnes všichni víme, že spalování uhlí v topeništích či ropy ve spalovacích motorech nepatří k nejekologičtějším způsobům „výroby“ energie. [2]



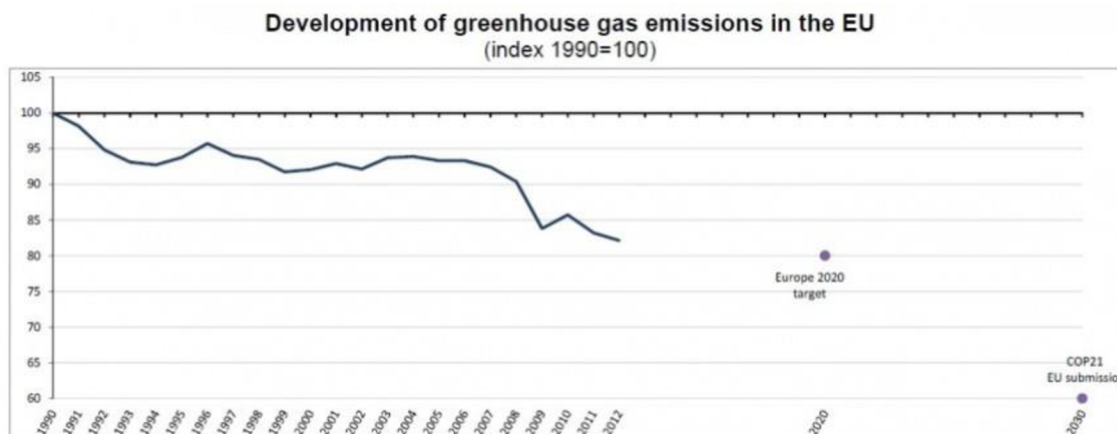
Graf 1 Vývoj světové spotřeby energie [26]

Dalším důležitým zdrojem energie je ropa a sní úzce spjatý zemní plyn. Ropa je světložlutá až takřka černá kapalina o hustotě 730 - 1000 kg/m<sup>3</sup>. Tvoří ji směs plynných, kapalných i pevných uhlovodíků. Ložiska ropy se vyskytují v hloubkách až několika stovek metrů, většinou mezi dvěma nepropustnými vrstvami okolních hornin a velmi často spolu se zmíněným zemním plynem. [2]



Graf 2 Světová spotřeba primární energie v roce 1990 [29]

Na Zemi dochází ke změně klimatu. V důsledku nárůstu emisí skleníkových plynů vyvolaného činností člověka, především však spalováním fosilního paliva a odlesňováním, se zvyšuje průměrná globální teplota. Emise těchto plynů propustí sluneční energii, ale brání úniku tepla. Světová průměrná teplota povrchu Země se od roku 1880 zvýšila o téměř 0,8 °C, teplota povrchu evropského kontinentu však vzrostla ještě více – přibližně o 1,4 °C. Evropská unie již dlouho tvrdí, že je třeba omezit globální oteplování na maximálně 2 °C. EU se již od roku 1990 podařilo snížit emise skleníkových plynů o 18 % a je na dobré cestě k překonání svého cíle do roku 2020 v podobě 20% snížení. A co víc, evropské hospodářství za stejné období vzrostlo o 45 %, což dokazuje, že hospodářské a environmentální cíle se vzájemně nevyklučují. [3]



Graf 3 Vývoj primární energetické spotřeby v EU v období 1990 - 2013 [Mtoe] [27]

## A.1.2 Obnovitelné zdroje energie (OZE)

V rámci snahy o snížení emisního znečištění životního prostředí a zkvalitnění životního prostředí nejen pro nás ale i pro budoucí generace je kladen stále větší apel na využívání tzv. obnovitelných zdrojů energie. Obnovitelné zdroje energie jsou takové, které jsou schopny částečné či úplné obnovy. Mezi takové patří sluneční energie, vodní, větrná. Využití obnovitelných zdrojů se odvíjí také od zeměpisné polohy a klimatických podmínek, za příznivé polohy lze jako zdroj energie využít také mořský příliv či geotermální energii (vycházející z nitra Země). [4]

V českých zemích se výroba OZE opírala vždy o vodní energie, ta zavedla vznik první vodní elektrárny v Písku v roce 1888 a Písek se tak stal prvním městem se stálým elektrickým městským osvětlením. [4]

### A.1.2.1 Druhy obnovitelných zdrojů energie:

#### *Sluneční energie*

Slunce předává Zemi svou energii ve formě záření. Sluneční záření je základním obnovitelným zdrojem energie a většina energie ostatních obnovitelných zdrojů má svůj původ v energii Slunce. Solární energii lze pomocí solárních, resp. **termických** a **fotovoltaických kolektorů** přeměňovat na teplo nebo elektřinu. Sluneční záření využíváme i pasivními metodami bez použití technických zařízení (tzv. solární architektura).

Efektivní využití sluneční energie ovlivňují dva hlavní faktory: intenzita slunečního záření (v tuzemsku je průměrná intenzita slunečního záření 950–1 340 kWh/m<sup>2</sup> za rok) a doba slunečního záření (v ČR je to v průměru 1 300–1 800 hodin ročně). V našich podmínkách je rozdíl mezi množstvím slunečního záření v jednotlivých ročních obdobích podstatný, a proto zasahuje výrazně do hodnocení ekonomické efektivity solárního systému.

### ***Větrná energie***

Větrná energie je formou **sluneční energie**. Vzniká při nerovnoměrném ohřívání Země, což způsobuje tlakové rozdíly v atmosféře, které se vyrovnávají prouděním vzduchu. Energie větru je v dnešní době využívána především k výrobě elektřiny. Existují dva základní druhy větrných elektráren: systémy dodávající elektřinu do rozvodné sítě (grid-on) a systémy nezávislé na rozvodné síti (grid-off).

Pro využívání větrné energie je nejdůležitější veličinou rychlost větru. Lokalita vhodná pro výstavbu větrné elektrárny by měla mít průměrnou rychlost větru minimálně cca 5 m/s. V České republice jsou pro výstavbu **větrných elektráren** vhodné horské lokality a podle propočtů by 3–4 % celkové roční spotřeby elektřiny mohly být pokryty elektřinou vyrobenou ve větrných elektrárnách. Provoz větrných elektráren se ale setkává s negativními názory, kdy jejich odpůrci argumentují především narušením krajinného rázu.

### ***Vodní energie***

Vodní energie vzniká při koloběhu vody na Zemi působením sluneční energie a gravitační síly Země. Vodní energie je využívána pro výrobu elektřiny ve vodních elektrárnách. Pro výrobu elektřiny se využívá proudění vody (kinetická energie – rychlost a spád toku) a tlaku (potenciální energie – gravitace a výškový rozdíl hladin), popř. spolupůsobení těchto veličin. Podle výkonu rozlišujeme tzv. **velké vodní elektrárny** a malé vodní elektrárny. V České republice se za malou vodní elektrárnu považuje zdroj s instalovaným výkonem do 10 MW, v Evropské unii do 5 MW). Potenciál velkých vodních elektráren je v ČR prakticky vyčerpán. Síť malých vodních elektráren je možné rozšiřovat zejména v místě bývalých mlýnů, jezů, popř. pil.

Vodní elektrárny jsou v tuzemsku v současnosti mezi **obnovitelnými zdroji** dominantním zdrojem elektřiny. Významný podíl na tom mají především velké zdroje na tzv. vltavské kaskádě (tři největší elektrárny – Orlík, Slapy a Lipno). Malých vodních elektráren je v současnosti na našem území více než 500, potenciál těchto zařízení není vyčerpán, ale zprovoznění nových malých elektráren je omezeno ekonomickou nevýhodností projektů a dlouhou návratností vložených financí. Situaci zlepšuje možnost využití dotačních programů.

### ***Energie biomasy***

Biomasa je hmota organického původu (rostlinná i živočišná). **Energie biomasy** má původ ve slunečním záření, proto bývá řazena mezi obnovitelné zdroje energie. Pro energetické účely se využívá **cíleně pěstovaná rostlinná biomasa** (tzv. energetické plodiny) a odpady zemědělské, lesní, popř. potravinářské produkce.

Biomasa může být využita pro výrobu elektřiny a může sloužit k pohonu vozidel. energii z biomasy lze získat chemickými, popř. bio-chemickými procesy. Základní technologií je spalování. Doplnují ho další technologie, jako jsou zplyňování, pyrolýza, zkapalňování, esterifikace, fermentace, lisování, kvašení aj.



### ***Geotermální energie a energie prostředí***

Geotermální energie je tepelnou energií jádra Země. Využívá se ve své základní formě pro vytápění nebo je v geotermálních elektrárnách transformována na energii elektrickou. Geotermální elektrárny fungují na principu suché páry (pára ze země pohání turbínu), mokré páry (voda je přeměněna na páru a ta pohání turbínu) a dále existuje horkovodní systém (zapojení výměníku – voda s nízkou teplotou předá teplo organické kapalině). Řada států využívá **geotermální energii** k různým účelům, v České republice se geotermální energie používá na vytápění a projekty geotermálních elektráren jsou ve fázi příprav.

Mezi **obnovitelné zdroje energie** je zvykem zařazovat i energii okolního prostředí (vzduch, voda, půda), kterou lze využívat pomocí tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla mohou být součástí ústředního vytápění, teplovzdušného vytápění a klimatizace. Běžně tepelné čerpadlo spotřebuje třetinu až čtvrtinu energie, kterou do systému dodá, což je rozhodující faktor pro úsporný provoz. [4]

## **A.2 Kjótský protokol**

V prosinci roku 1997, byl členskými státy přijat v platnosti Kjótský protokol. Jednalo se o odpověď na otázku, jak dál zabránit zvyšování nebezpečných látek v ovzduší. Ratifikací se státy zavazovali snížit produkci skleníkových plynů k prvnímu kontrolnímu období (2008-2012) o 5,2% oproti úrovni v roce 1990. Dosažení požadovaných cílů přispělo k pokračování Protokolu a vytýčení si nových redukčních závazků. V druhém kontrolním období (2020) by se jednalo o hodnotu 20% oproti roku 1990. Splněním cíle by 27 členských států, přispělo ke snížení emisních látek v ovzduší odhadem o 15% v celosvětovém měřítku. Redukce emisí se chápe a týká především oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>), oxidu dusného (N<sub>2</sub>O), hydrogenovaných fluorovodíku (HFCs), polyfluorovodíku (PFCs) a fluoridu sírového (SF<sub>6</sub>), vyjádřených ve formě ekvivalentu CO<sub>2</sub> (tzv. uhlíkový ekvivalent). Rovněž je v Protokolu zohledněn propad skleníkových plynů, tj. absorpce podněná vlivem změny využívání krajiny (především zalesňování). Flexibilní mechanismy, jež jsou součástí Protokolu, umožňují průmyslovým státům snižovat emise na území jiného státu, nebo odkupovat právo vypouštět skleníkové plyny. [5]

Jako z dalších cílů se mezinárodní společenství zaměřilo na nepřekročení nebezpečné změny klimatu vlivem zvyšování globální teploty. Ve snaze zabránit navýšení teploty o 2 °C oproti roku 1990, činí EU vše pro, aby:

- členské státy omezily emise (na základě Kjótského protokolu)
- motivovala jiné velké znečišťovatele k razantnímu opatření v této oblasti (zavedení integrovaného registru (IRZ) znečišťovatelů. Sledování a evidence škodlivých látek vypouštějících do ovzduší, vody nebo součástí jejich odpadu)
- řešit otázku, jak se vyrovnat s nevyhnutelnými změnami klimatu
- členské státy přijaly do roku 2017 národní plán k řešení neodvratitelných dopadů klimatických změn

Do vypracovaného plánu strategie k dosažení požadovaných cílů, patří:

- omezení spotřeby vody
- úpravy stavebních předpisů
- budování protipovodňových hrází
- kultivace plodin lépe adaptovatelných na období sucha [6]

Na zdůraznění vážnosti problematiky si EU na období do roku 2020 sama stanovila závazné environmentální a energetické cíle. Snahou EU je především:

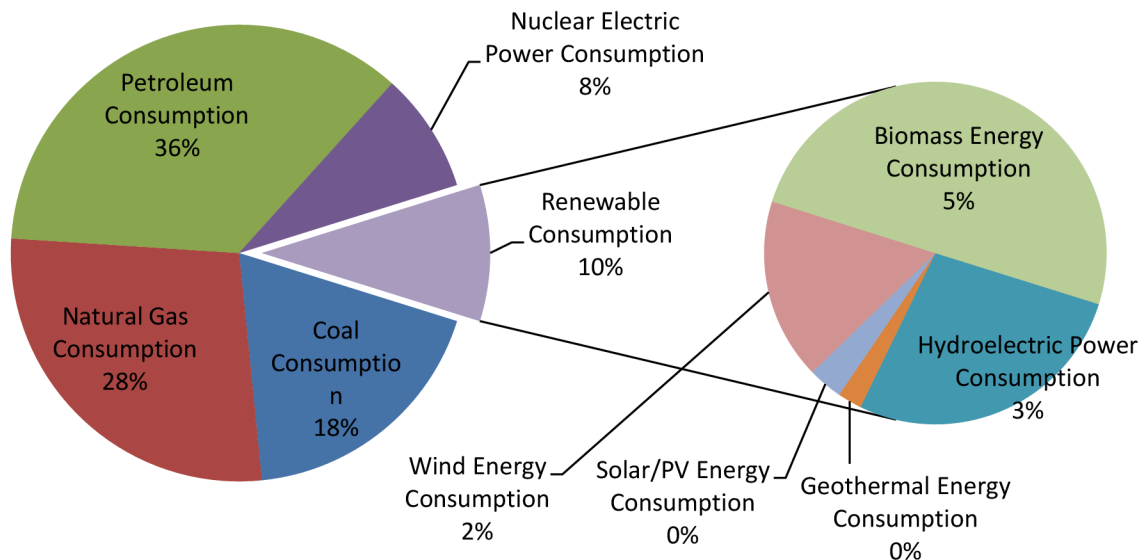
- snížit emise skleníkových plynů, které EU vypouští, nejméně o 20% oproti roku 1990
- zvýšit podíl energie, která se získává z obnovitelných zdrojů, a to na 20% veškeré spotřebované energie
- zlepšit energetickou účinnost tak, aby se spotřeba primární energie snížila o 20% ve srovnání s předpokládanými hodnotami

V říjnu 2014 se vedoucí představitelé zemí EU dohodli na vypracování dalších opatření v oblasti klimatu a energetiky. Jako plán do roku 2030 bylo stanoveno:

- 40% snížení emisí skleníkových plynů ve srovnání s úrovní v roce 1990
- 27% podíl energie z obnovitelných zdrojů
- 27% zlepšení energetické účinnosti

Jde také o důležitý krok pro naplnění dlouhodobého cíle Evropy snížit emise do roku 2050 o 80–95 %. Již dnes, lze pozorovat negativní dopady na klimatické podmínky. I kdyby došlo k výraznému snížení emisí skleníkových plynů, bude oteplování Země pokračovat po celá další desetiletí a bude se projevovat po staletí z důvodu opožděného účinku emisí z dřívějších. To je důvod, proč se přizpůsobování změně klimatu a zmírňování této změny vzájemně doplňují. Bylo prokázáno, že dobře naplánovaná a včasná opatření pro přizpůsobení šetří peníze a v důsledku zachraňují životy. [6]

## Primary Energy Consumption by Source, 2013



Graf 4 Světová spotřeba primární energie v roce 2013 [29]

### A.3 Vybrané právní předpisy EU a ČR

V této kapitole se budu blíže zabývat vybranými zákony a směrnicemi Evropského parlamentu a České republiky týkající se tématu energetické náročnosti budov.

#### A.3.1 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov

K dodržení závazku Kjótského protokolu k Rámcové úmluvě OSN, musela EU vypracovat resp. pozměnit stávající směrnici Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES ze dne 16. prosince 2002 o energetické náročnosti budov. Podíl současné spotřeby primární energie budov, do které bezesporu spadá využívání ropných produktů, zemního plynu a pevných paliv, činí 40%. S rozrůstajícím se sektorem budov, roste i spotřeba energií pro jejich chod. Účinným, uvážlivým a racionálním využitím energií a to včetně zvýšením produktivity z OZE, zajistí důležitá opatření pro energetickou nezávislost EU a emisí skleníkových plynů. [7]

##### *Oblast energetické náročnosti budov*

V novém znění směrnice si můžeme všimnout dvou nově zavedených pojmů. Pojem „**nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost**“ nám sděluje ekonomické porovnání variant při výpočtu energetických parametrů. Parametry jsou myšleny měrné energie dodané pro vytápění, chlazení, větrání, přípravu TV a osvětlení. Porovná se investiční náročnost opatření s náklady na provoz, náklady na energii, údržbu a životnost. Druhý pojem „**budova s téměř nulovou spotřebou energie**“ je rovněž definován přímo směrnicí. A spíše obecně se jedná o budovu, s velmi nízkou energetickou náročností.

Velmi nízká spotřeba energie by měla být ve značném rozsahu pokrytá energií z obnovitelných zdrojů. Přesné definování pojmu nechává směrnice na členských státech. [8]

#### **Požadavky původní směrnice 2002/91/ES se týkaly 4 oblastí:**

- Metoda výpočtu
- Požadavky na EN
- Požadavky na nové a stávající budovy
- Certifikace EN budov

V porovnání s upravenou směrnicí 2010/31/EU došlo k rozšíření požadavků v oblasti ENB:

- Metoda výpočtu
- Min. požadavky na EN
- Nákladově optimální úroveň EN
- Požadavky na nové a stávající budovy
- Budovy s téměř nulovou spotřebou energie
- Finanční pobídky pro nulové budovy
- Certifikáty EN budov a jejich obsah, vydávání a vystavení [8]

#### ***Oblast kontroly otopných soustav***

Výše zmíněné oblasti tedy nová směrnice zachovává a však některé požadavky a oblasti popisuje podrobněji. V původní směrnici bylo poněkud nevhodně zvolené pojmenování **kontroly účinností kotlů**, které nezahrnovalo kontrolu vnitřních rozvodů tepelné energie. Přejmenování na **kontrolu otopných soustav** je „technicky“ výstižnější. Rovněž uvádí požadavek pouze na pravidelnou kontrolu kotle, nikoliv na jednorázovou kontrolu kotle s výkonem nad 20 kW a stářím 15 let. Nově zahrnuje posouzení na dimenzování kotle ve vztahu k požadavkům na vytápění dané budovy. Požadavek není nutné opakovat, pokud nedojde v daném období ke změně systému.

#### **Požadavky v oblasti kontroly kotlů směrnicí 2002/91/ES:**

- Pravidelné inspekce
  - Kotle 20 – 100 kW
  - Nad 100 kW – 1 x 2 roky
  - Nad 100 kW plyn – 1 x 4 roky
- Jednorázové kontroly
  - Zařízení nad 20 kW, stáří 15 let – možnost různé četnosti kontroly (výkon/typ)
  - Posouzení dimenzování kotle

#### **Požadavky v oblasti kontroly kotlů směrnicí 2010/31/EU:**

- Pravidelné inspekce
  - Kotle 20 – 100 kW
  - Nad 100 kW – 1 x 2 roky
  - Nad 100 kW plyn – 1 x 4 roky
  - Posouzení dimenzování kotle (opakovat pouze při změně)
  - Možnost snížení četnosti kontrol (elektronický monitorovací a řídicí systém)

### ***Oblast kontroly klimatizačních systémů***

V oblasti kontroly klimatizačních systémů, uvádí současná směrnice požadavky téměř beze změn oproti směrnici z roku 2002. Stejně jako u kontroly otopných soustav, zavádí kontrolu dimenzování klimatizačního zařízení, které rovněž není nutné opakovaně kontrolovat, pokud nedojde ke změnám technologií.

#### **Požadavky v oblasti klimatizačních systémů směrnici 2002/91/ES:**

- Pravidelné inspekce
  - Nad 12 kW
  - Posouzení účinnosti a velikosti zařízení v porovnání s požadavky na chlazení budovy

#### **Požadavky v oblasti klimatizačních systémů směrnici 2002/91/ES:**

- Pravidelné inspekce
  - Nad 12 kW
  - Posouzení účinnosti a velikosti zařízení v porovnání s požadavky na chlazení budovy
  - Posouzení dimenzování klimatizačního systému (opakovat pouze při změně)
  - Možnost snížení četnosti kontroly (elektronický monitorovací a řídicí systém)

Výše uvedené změny se rovněž promítli do **oblasti nezávislých odborníků**, kteří jsou legislativně oprávněni provozovat kontrolní činnost. Požadavek je promítnutý v zákoně č. 406/2000 Sb. [8]

### **A.3.2 Zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií**

Jedná se o základní právní předpis na národní úrovni, specifikující oblasti v hospodaření energií. V souvislosti se zavedením evropské směrnice 2010/31/EU o energetické náročnosti budov bylo třeba revidovat některé legislativní předpisy a zákony. Od 1. 1. 2013 je účinná změna zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií ve smyslu změnového znění pod **č. 318/2012 Sb.**, která výrazně změnila a upřesnila stávající pohled na problematiku hospodaření s energií. Zaměřuje se především na níže vypsane oblasti: [9]

- Pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie
- Požadavky na ekodesign výrobků spojených se spotřebou energie
- Požadavky na uvádění spotřeby energie a jiných hlavních zdrojů na energetických štítcích výrobků spojených se spotřebou energie
- požadavky na informování a vzdělávání v oblasti úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů [7]

**Státní energetická koncepce** je strategickým dokumentem s výhledem na 30 let vyjadřujícím cíle státu v hospodaření energií v souladu s potřebou zabezpečit základní funkce státu a potřebami hospodářského a společenského rozvoje, včetně ochrany životního prostředí. Návrh provádí Ministerstvo průmyslu a obchodu. Předkládá jej vládě pro schválení. Vyhodnocování provádí ministerstvo minimálně jedenkrát za 5 let a o výsledcích informuje vládu.

**Územní energetická koncepce** vychází ze státní koncepce a obsahuje cíle a principy řešení energetického hospodářství na úrovni kraje, statutárního města a hlavního města Praha nebo obce. Rovněž je neopomenutelným podkladem pro politiku územního rozvoje a územní plánovací dokumentaci. Povinnost přijmout pro svůj správní obvod mají kraje, statutární města a hlavní město Praha.

K zákonu je vydán soubor prováděcích vyhlášek, které se zaměřují na jednotlivé oblasti zákona. V mé práci se především zaměřím na **vyhlášku č. 78/2013 Sb.**, o energetické náročnosti budov, která nahradila původní vyhlášku č. 148/2007. Větší pozornost jí budu věnovat v další kapitole.

### **A.3.2.1 Energetická náročnost budov**

V úvodu, stejně jako zákon, se budu věnovat základním pojmům. V rámci mé práce se zaměřím především na často tázané dotazy (FAQ). Současně se pokusím osvětlit méně jasné definice. Zákon vykládá pojmy spojené s energetickou náročností budovy následovně:

„Energetická náročnost budov“, dle Čl. I §2 odst. 1 písmeno f):

- *Energetickou náročností budovy vypočtené množství energie nutné pro pokrytí potřeby energie nutné pro pokrytí potřeby energie spojené s užíváním budovy, zejména na vytápění, chlazení, větrání, úpravou vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení.*

„Průkaz energetické náročnosti budov“ (PENB), dle Čl. I §2 odst. 1 písmeno m):

- *Průkazem energetické náročnosti dokument, který obsahuje stanovené informace o energetické náročnosti budovy nebo ucelené části budovy.*

„Energetický audit“ (EA), dle Čl. I §2 odst. 1 písmeno n):

- *Energetickým auditem písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci.*

„Energetický posudek“ (EP), dle Čl. I §2 odst. 1 písmeno o):

- *Energetickým posudkem písemná zpráva obsahující informace o posouzení plnění předem stanovených technických, ekologických a ekonomických parametrů určených zadavatelem energetického posudku včetně výsledků a vyhodnocení.*

Zde se dostáváme k nově definovanému pojmu. Zatímco PENB a EA jsou v celku zato ustálenými pojmy, i když širokou veřejností často zaměňován za energetický štítek obálky nebo za Zelenou úsporám, tak energetický posudek neměl doposud žádnou legislativní oporu. Zákon tedy jasně stanovil náležitosti, u kterých je EP nutné zpracovat. [10]

Při zpracování PENB se můžeme také dostat do sporné situace, kdy je třeba rozlišit, co lze považovat za budovu a co za více budov. Popřípadě zda prodávaná budova nemovitost podléhá povinnosti nechat si zpracovat PENB. S ohledem na současnou legislativu si osvětlíme související pojmy:

„Budova“, dle zákona č. 406/2000 Sb., §2 odst. 1 písmeno p):

- *budova nadzemní stavba a její podzemní části, prostorově soustředěná a navenek převážně uzavřená obvodovými stěnami a střešní konstrukcí, v níž se používá energie k úpravě vnitřního prostředí.*

„Stavba“, dle zákona č. 183/2006 Sb., §2 odst. (3):

- *Stavbou se rozumí veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technické provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. Z pohledu občanského zákoníku je to potom stavba nemovitostí spojenou se zemí pevným základem.*

„Budova“, dle zákona č. 256/2013 Sb., §2 písmeno l):

- *Budovou je nadzemní stavba spojená se zemí pevným základem, která je prostorově soustředěná a navenek uzavřena obvodovými stěnami a střešní konstrukcí.*

Ne všechny „stavby“ spojené se zemí pevným základem se zapisují do katastru nemovitostí. Do katastru se zapisují pouze „budovy“. Na základě katastrálního zákona, lze tedy považovat za uzavřenou budovu i budovu uvnitř bloku domů, neznamená to nutně být ohraničená vnějším vzduchem. Budovou se stavba stává až po přidělení čísla popisného. K žádosti o přidělení čísla se dokládá doklad stvrzující povolení k užívání stavby. Zde se tedy dostáváme k sporným případům.

### ***Bytový dům vlastněný SVJ s několika vchody***

Vhodné je aplikovat princip jedné budovy, jednoho čísla popisného, jednoho vlastníka a tedy jednoho PENB. V případě více vchodového domu, s několika orientačními čísly a však unikátními v rámci ulice, a bude mít jedno číslo popisné a jednoho vlastníka SVJ, pak se bude zpracovávat pouze jeden PENB na celý blok domu. Pokud bude mít dům více čísel popisných zapsaných pod jedním listem vlastnictvím, zpracujeme rovněž jeden PENB. V případě členění bloku do více čísel popisných a zároveň na listy vlastnictví, zpracovává se PENB zvlášť.

### ***Polyfunkční objekty***

V případě rozsáhlých polyfunkčních objektu zapsaných pod jedním číslem popisným, kde se nachází byty i komerční prostory, se zpracovává jeden PENB. Vhodná je domluva s majiteli, jak PENB členit tak, aby výstižně charakterizoval jednotlivé části, např. funkční, samostatně pronajímatelné apod.

### ***Zchátralý objekt k demolici***

Pokud stavba není dosud odstraněna a nebylo provedeno ohlášení změny údajů o stavbě (její zánik), z pohledu katastru se stále jedná o budovu, tedy při prodeji je nutný PENB. Stavbu lze tedy odstranit pouze po ohlášení a případném povolení stavebním úřadem. K zániku stavby v katastru je vyžadováno potvrzení obecního úřadu, že stavba na pozemku již neexistuje. Pokud stavba opravdu neexistuje, ale pouze nebyl ohlášen její zánik, PENB se samozřejmě nezpracovává.

Další změnou v zákoně, ovlivněnou implementací novely zákona se týká „energeticky vztažné plochy“.

„Celková energeticky vztažná plocha“, dle §2 odst. (1) písmene r):

- *celkovou energeticky vztažnou plochou vnější půdorysná plocha všech prostorů s upraveným vnitřním prostředím v celé budově, vymezená vnějšími povrchy konstrukcí obálky budovy.*

Zde proběhla zásadní změna. Dřív za takovou plochu byla brána celková podlahová plocha, která se brala z **vnitřních rozměrů**. Stav, kdy se po zateplení mění plocha, zešířením půdorysných rozměrů se nezohledňuje. Dále bych se věnoval pojmu „upravené vnitřní prostředí“. Po podrobnějším hledání v zákoně se již nedozvíme, jaké náležitosti je potřeba splnit, aby se jednalo o prostředí s vnitřní úpravou. Můžou tedy nastat sporné situace, kdy různí auditoři a energetičtí specialisti docílí různých výsledků i za předpokladu stejných vstupních údajů. [10]

### **A.3.2.2 Snižování energetické náročnosti budov**

V případě výstavby nové budovy je stavebník povinen plnit požadavky podle právního předpisu a při podání žádosti o stavební povolení nebo ohlášení stavby musí doložit kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu Státní energetické inspekce (SEI) podle §13 a to splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na **nákladově optimální úrovni** od 1. ledna 2013. Přesné znění „nákladově optimální úrovni“ se můžeme dočíst v §2 odst. (1) písmene v). Jedná se o pomyslnou „laťku“ požadavků na energeticky náročnost budov. Zde proběhla změna, kdy toto stanovisko bylo vyžadováno pouze u budov nad spotřebou 700GJ ročně, dnes je nutné u veškerých staveb kromě výjimek uvedených v odst. 5. SEI tedy tvoří odborného kontrolora a vyžaduje pouze kladné závazné stanovisko, bez kterého není možné povolit stavbu. [7]



„Požadavky na energetickou náročnost budovy podle odstavců 1 až 3 nemusí být splněny“, dle §7 odst. (5):

- u budov s celkovou energeticky vztažnou plochou menší než 50 m<sup>2</sup>
- u budov, které jsou kulturní památkou, anebo nejsou kulturní památkou, ale nacházejí se v památkové rezervaci nebo památkové zóně<sup>12</sup>, pokud by s ohledem na zájmy státní památkové péče splnění některých požadavků na energetickou náročnost těchto budov výrazně změnilo jejich charakter nebo vzhled; tuto skutečnost stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek doloží závazným stanoviskem orgánu státní památkové péče
- u budov navrhovaných a obvykle užívaných jako místa bohoslužeb a pro náboženské účely
- u staveb pro rodinnou rekreaci

Zatímco zákon 318/2012 Sb. budovám pro rodinnou rekreaci umožňoval neplnit požadavky na energetickou náročnost, tak novela energetického zákona 103/2015 Sb. již zavádí jisté limity, kdy tyto objektu musí splnit požadavky na energetickou náročnost. Je zcela logické, aby památkově cenné objekty nebyly znehodnocovány díky své vyšší energetické náročnosti, ale je možné u nich jejich energetickou náročnost vypočítat i dokladovat. Protože výjimka se týká pouze u požadavků na rekonstrukce, nikoliv při prodeji, pronájmu, vyvěšení. [10]

Kladné závazné stanovisko dotčeného orgánu pro budovy, jejichž vlastníkem je orgán veřejné moci nebo subjekt zřízený orgánem veřejné moci (dále jen „orgán veřejné moci“), jsou daleko přísnější než pro ostatní stavebníky. Podléhají přísnějším kritériím pro využívání obnovitelných zdrojů a rovněž jim byly zkrácené data o dva roky na splnění požadavků pro téměř nulovou spotřebu energie. A to u budov s energeticky vztažnou plochou:

- větší než 1500m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2016
- větší než 350m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2017
- menší než 350m<sup>2</sup>, a to od 1. ledna 2018

Stavebník je také povinen doložit s průkazem ENB, posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systému dodávek energie. V jaké formě má být vypracován posudek odkazuje §9 vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov. Rozeznáváme čtyři druhy alternativních systému, vyjádření k nim najdeme v PENB. Proveditelnost se posuzuje dle zákona z několika pohledů. [10]

- *Technickou proveditelností se rozumí technická možnost instalace nebo připojení alternativního systému dodávky energie.*
- *Ekonomickou proveditelností se rozumí dosažení prosté doby návratnosti investice do alternativního systému dodávek energie kratší než doba jeho životnosti (ČSN EN 15 459 – Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách). V případě alternativního systému dodávek energie podle odstavce 1 písm.c) se ekonomickou proveditelností uvedeného alternativního systému rozumí dosažení*

prosté doby návratnosti investice do nového jiného než alternativního systému dodávek energie, který je nebo má být v budově využíván, delší, než je doba životnosti tohoto nového jiného než alternativního systému dodávek energie.

- *Ekologickou proveditelností se rozumí instalace nebo připojení alternativního systému dodávky energie bez zvýšení množství neobnovitelné primární energie oproti stávajícímu nebo navrhovanému stavu.*

Analýzu proveditelnosti nalezneme v PENB pouze jako jednoduchou sumarizační tabulku, realizovanou podle vyhlášky, přílohy č. 4. Vlastní přesnější analýzu můžeme provést, jako nepovinnou přílohu PENB, do tabulky zahrneme již pouze výsledky analýzy. [10]

### A.3.2.3 Hodnocení energetické náročnosti budov – Referenční budova

Případy pro které je závazné zpracování průkazů energetické náročnosti budov definuje zákon č. 406/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Princip zpracování podle vyhlášky 78/2013 Sb. je odlišný než tomu bylo dle dosavadních právních předpisů. Postup pro stanovení referenční hodnoty minimálního požadavku udává ČSN EN 15 217 Energetická náročnost budov. Oproti staré zrušené vyhlášky 148/2007 Sb., která odkazovala na referenční hodnoty dané tabulkovou hodnotou v příloze 1 pro jednotlivé druhy budov, se setkáváme s novým metodickým postupem „referenční budovy“. Dle ČSN EN 15 217 odrážky 2 odst. b) článku 6.3.1:

- *Referenční hodnota energetické náročnosti je hodnota vypočtená pro budovu, která má stejné umístění, funkci, velikost apod., ale s vlastnostmi jako je izolační úroveň, účinnost topné soustavy, rozvrhy činností, vnitřní tepelné zisky apod. nahrazenými referenčními hodnotami. [11]*

Hodnocení pak prakticky probíhá paralelně na dvou budovách, výpočet se skládá ze dvou částí. První část představuje zadání, výpočet a výstupy pro hodnocenou budovu (budova, kterou právě řešíme), druhou část potom představuje zadání, výpočet a výstupy pro referenční budovu s požadovanými hodnotami referenčních parametrů. [9]



Obrázek 1 Princip hodnocení energetické náročnosti budov [9]

### A.3.3 Vyhláška č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Začátkem dubna roku 2013 vyšla v účinnost vyhláška č. 78/2013 Sb., která nahradila dosavadní vyhlášku č. 148/2007 Sb. Energetické hodnocení se potom odvíjí od splnění některých ukazatelů. Dle vyhlášky jsou ukazatelé ENB:

- Celková primární energie za rok
- Neobnovitelná primární energie za rok
- Celková dodaná energie za rok
- Dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody a osvětlení za rok
- Průměrný součinitel prostupu tepla
- Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici
- Účinnost technických systémů. [11]

Pro zatřídění **nové budovy** nebo přístavby do klasifikační třídy A-G, musí být splněny současně tři ukazatele EN. Jedná se o ukazatele:

- Celková primární energie za období jednoho roku
- Celková dodaná energie za období jednoho roku
- Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou

U **větších změn dokončené budovy** jsou kritéria splněna, pokud dosáhneme požadovaných hodnot alespoň u jedné z variant, a to následovně:

Tabulka 1 Ukazatelé ENB a požadavky pro klasifikaci [9]

Ukazatel energetické náročnosti	Požadavek na splnění ukazatele energetické náročnosti				
	Typ stavby 1	Typ stavby 2			
		možnost 1	možnost 2	možnost 3	možnost 4
Neobnovitelná primární energie	x	x			
Celková dodaná energie	x		x		
$U_{em}$	x	x	x		
Účinnosti měněných prvků TZB				x	
Dílčí $U$ měněných prvků					x
Poznámka: 1 - nová budova nebo přístavba, či nástavba zvětšující energeticky vztažnou plochu o více než 25 % 2 - větší změna dokončené budovy nebo jiná, než větší změna dokončené budovy					

- Neobnovitelná primární energie a průměrný součinitel prostupu tepla obálkou
- Celková dodaná energie a průměrný součinitel prostupu tepla obálkou
- Účinnosti měněných prvků TZB
- Dílčí součinitel prostupu tepla měněných konstrukcí

Současně jsou také klasifikační třídy stanoveny pouze pro dílčí dodané energie technických systému, tj. vytápění, příprava TV, chlazení, úprava vlhkosti, osvětlení. Jmenované dílčí energie **nemají požadavek** na splnění a jedná se tedy pouze o zatřídění.

### A.3.3.1 Ukazatelé energetické náročnosti budov

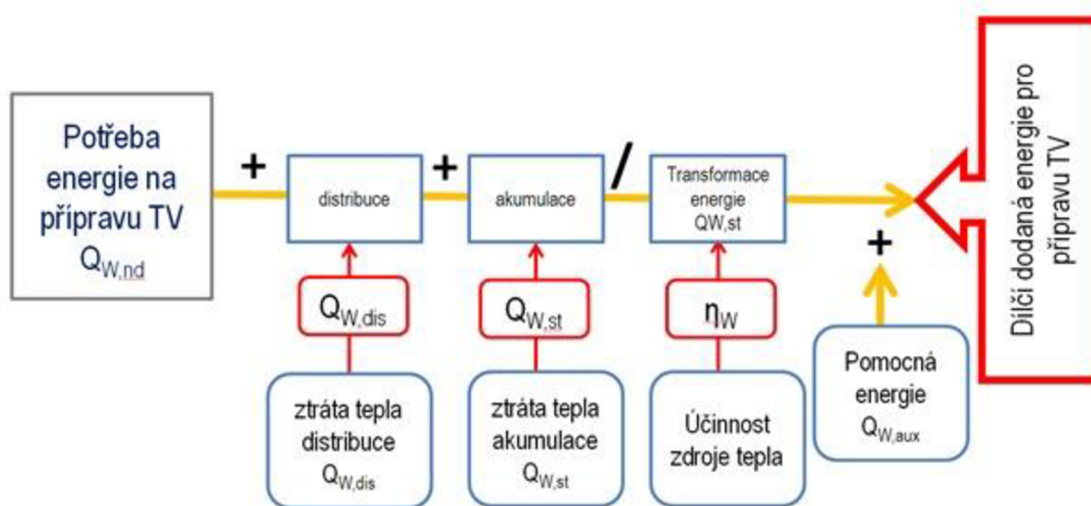
#### Celková dodaná energie

Dodaná energie slouží k provozu jednotlivých systémů budovy. Lze tedy říct, že za dodanou energii považujeme takovou, která je dodávána za systémovou hranici budovy. Celková dodaná energie do budovy se stanoví součtem dílčích dodaných energií a vyjádří se po jednotlivých energonositelích. Použije se metoda s výpočtovým intervalem nejvýš jednoho měsíce. Při výpočtu platí tato pravidla:

- do dodané energie se nezapočítává ta část, která slouží k výrobě elektřiny nebo tepla, které jsou dodávány mimo budovu
- součástí dodané energie je i vyrobená a využitá energie slunečního záření, energie větru a geotermální energie s výjimkou tepelných čerpadel
- součástí dodané energie při využití tepelného čerpadla je i energie okolního prostředí. Ta se vypočte jako rozdíl potřeby energie, kterou tepelné čerpadlo dodává, a vypočtené spotřeby energie tepelného čerpadla [11]

#### Dílčí dodaná energie

Dílčí dodaná energie slouží k provozu jednotlivých systémů budovy. Pro jednotlivé systémy se výpočet stanoví jako součet spotřeby energie systému a jeho pomocné energie na provoz, vždy dle příslušné normy, s využitím hodnot typického užívání. Jistá změna oproti již zrušené vyhlášce 148/2007 Sb., nastala ve výpočtu dílčí dodané energie pro přípravu teplé vody. Pro stanovení se použije ztráta tepla distribucí  $Q_{W,dis}$  a ztráta tepla akumulací  $Q_{W,st}$ , nikoliv dílčí účinnost jako tomu bylo doposud. Pouze u zdroje tepla se použije dílčí účinnost  $\eta_W$ . [9]



Obrázek 2 Princip stanovení dílčí dodané energie pro přípravu TV [9]

### ***Celková primární energie***

Primární energií nazýváme energii ve formě, jakou ji nalezneme v přírodě (uhlí, ropa, plyn, dřevo, sluneční záření atd..). Jedná se o součet obnovitelné a neobnovitelné primární energie. K zohlednění účinnosti přeměny energie jednotlivých energonositelů, slouží faktor primární energie. V případě dodávky mimo budovu, se zahrne energie potřebná pro výrobu energie dodávané mimo budovu.

### ***Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy***

Průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{em}$  [W/(m<sup>2</sup>.K)] budovy nebo vytápěné zóny, musí splňovat podmínku:

$$U_{em} \leq U_{em,N}$$

kde  $U_{em}$  Vypočítaný průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$U_{em,N}$  Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m<sup>2</sup>.K)]

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy nebo její ucelené části se stanoví ze vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}$$

kde  $H_T$  Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy nebo její části [W/K]

$A$  Celková plocha ochlazovaných konstrukcí nebo její části [m<sup>2</sup>]

Měrný tepelný tok prostupem tepla  $H_T$  lze stanovit v různé úrovni přesnosti např. dle ČSN EN 12 831, ČSN EN ISO 13 789, nebo podle ČSN 73 0540-4. Pro základní výpočty se používá zjednodušený vztah:

$$H_T = \sum A_i \cdot U_i \cdot b_i + A \cdot \Delta U_{tbn}$$

kde  $A_i$  Plocha i-té konstrukce [m<sup>2</sup>]

$U_i$  Součinitel prostupu tepla i-té konstrukce [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$b_i$  Redukční součinitel i-té konstrukce, nabývá hodnot <0;1> [ - ]

$\Delta U_{tbn}$  Vliv tepelných vazeb [W/(m<sup>2</sup>.K)]

Součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukci o ploše 1 m<sup>2</sup> při rozdílu teplot jejich povrchů 1 K. Je definován vztahem:

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

kde  $R_T$  Úhrnný tepelný odpor konstrukce při prostupu [m<sup>2</sup>.K/W]

Úhrnný tepelný odpor konstrukce vyjadřuje schopnost konstrukce bránit prostupu tepla mezi prostředními, oddělených konstrukcí. Vypočte se ze vztahu:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se}$$

kde  $R_{si}$       Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [ $m^2.K/W$ ]

$R$             Odpor konstrukce [ $m^2.K/W$ ]

$R_{se}$         Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [ $m^2.K/W$ ]

Odpor konstrukce je roven součtu tepelných odporů jednotlivých vrstev. Tepelný odpor  $i$ -té vrstvy je dán podílem tloušťky a součinitele tepelné vodivosti materiálu. Odpovídá vztahu:

$$R = \sum \frac{d_i}{\lambda_i}$$

kde  $d_i$         Tloušťka  $i$ -té konstrukce [m]

$\lambda_i$          Součinitel tepelné vodivosti materiálu  $i$ -té vrstvy [ $W/(m.K)$ ]

### A.3.4 Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB)

Jedná se o legislativně ukotvený dokument, který má objektivně kategorizovat budovu, tak aby budoucímu uživateli bylo okamžitě jasné, jak bude provoz při standardizovaném užívání energeticky a tedy i ekonomicky náročný. Ve své podstatě hodnotí energetickou náročnost jednotlivých systémů budovy. Mezi hodnocené ukazatele patří obálka budovy, vytápění, chlazení, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení. Hodnoty jsou porovnány s referenčními a poté zařazeny do jednotlivých kategorií. [12]

Při uvedení vyhlášky 78/2013 Sb. v platnost, se můžeme setkat s průkazy dvojího druhu. Průkazy mají všeobecně platnost 10 let. Není výjimkou, že tohle ustanovení platí i pro průkazy, které byly zpracovány v souladu s vyhláškou 148/2007 Sb. Novelou vyhlášky 78/2013 Sb. nebyla platnost zrušena. V práci se dále budu zabývat pouze průkazy zpracovaných dle současné vyhlášky. [12]

Náležitosti, u kterých je potřeba vypracovat PENB, uvádím v kapitolách výše. Často bývá širokou veřejností zaměňován průkaz za štítek obálky budovy, nebo za štítek na spotřebičích. Jedná se však o dva různé dokumenty. Zatímco průkaz hodnotí veškerou dodanou energii na provoz budovy, štítek (EŠOB) nám udává pouze kvalitu obálkové konstrukce budovy. Hlavní příčinou záměny bude grafické provedení obou dokumentů, které je velmi podobné. Ke grafické části PENB je dokládán i protokol, tedy druhá část průkazu. Dle vyhlášky protokol obsahuje:

- Účel zpracování
- Základní informace o hodnocené budově
- Informace o stavebních prvcích, konstrukcích a technických systémech
- Energetickou náročnost hodnocené budovy

- Posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie
- Doporučená opatření pro snížení ENB
- Identifikační údaje energetického specialisty a datum vypracování průkazu
- Zdroje, kde lze získat informace k PENB

Grafické znázornění je stejné pro novou budovu, pro budovu s téměř nulovou spotřebou energie, větší změnu dokončené budovy, jinou větší změnu než dokončené budovy a i pro případy prodeje nebo pronájmu budovy nebo její ucelené části. Obsahuje zatřídění budovy do klasifikační třídy ENB. Umisťuje se symetricky na dva bílé papíry formátu A4. Slovní vyjádření klasifikačních tříd A až G je uvedeno v příloze č. 2 vyhlášky č. 78/2013 Sb. Stanovují se pro celkovou dodanou energii, neobnovitelnou primární energii, dílčí dodané energie a průměrný součinitel prostupu tepla. [11]

Tabulka 2 Klasifikační třídy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. Přílohy 2 [11]

Klasifikační třída	Hodnota pro horní hranici klasifikační třídy		Slovní vyjádření klasifikační třídy
	Energie	$U_{em}$	
A	$0,5 \times E_R$	$0,65 \times E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \times E_R$	$0,8 \times E_R$	Velmi úsporná
C	$E_R$		Úsporná
D	$1,5 \times E_R$		Méně úsporná
E	$2 \times E_R$		Nehospodárná
F	$2,5 \times E_R$		Velmi nehospodárná
G			Mimořádně nehospodárná

Obrázek 3 Grafická ukázka PENB dle současné vyhlášky [11]

### A.3.5 Energetický audit a energetický posudek

Podobně jako průkaz energetické náročnosti budov tak i energetický audit (EA) zpracovává energetický specialista. Na rozdíl od průkazu, pracuje audit s reálnými hodnotami spotřeby energie za uplynulé tři roky. Rovněž tak audit zpracovává návrhová opatření, minimálně ve dvou variantách s doporučením k realizaci. Z hlediska komplexnosti hodnocení, se jedná o současné maximum a slouží k získání dotací. Zpracovávat jej může pouze energetický specialista oprávněný certifikací MPO. U jednotlivých variant se hodnotí ekonomická a ekologická proveditelnost. Podrobnosti pro vypracování a obsahu EA nalezneme v příslušné vyhlášce č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku. [13]

#### **Ekonomické vyhodnocení**

Způsoby výpočtu ekonomického vyhodnocení. Prostou dobu návratnosti  $T_s$  [roky], vypočteme ze vztahu:

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

kde	$T_s$	Prostá doba návratnosti [roky]
	$IN$	Investiční výdaje projektu [suma peněz]
	$CF$	Cash flow, roční přínosy projektu [suma peněz za rok]

Reálnou dobu návratnosti, doba splacení investice při zohlednění diskontní sazby  $T_{sd}$  [roky]. Vychází ze vztahu:

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

kde	$CF_t$	Roční přínos projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)
	$r$	Diskont [ % ]
	$(1+r)^{-t}$	Odúročitel

Čistá současná hodnota NPV [tis. Kč za rok]. Vychází ze vztahu:

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

kde	$T_z$	doba životnosti (hodnocení) projektu
-----	-------	--------------------------------------

Vnitřní výnosové procento IRR [ % ], vypočte se z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} - IN = 0$$



Tabulka 3 Ekonomické hodnocení dle přílohy č. 5 vyhlášky o energetickém auditu [13]

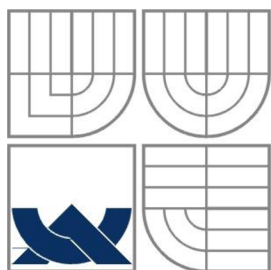
Parametr	Jednotka	Varianta I	Varianta II
Investiční výdaje projektu	Kč		
Změna nákladů na energie	Kč		
Změna ostatních provozních nákladů	Kč		
změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	Kč		
změna ostatních provozních nákladů	Kč		
změna nákladů na emise a odpady	Kč		
Změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	Kč		
Přínosy projektu celkem	Kč		
Doba hodnocení	roky	20	20
Roční růst cen energie	%	3	3
Diskont	%		
Ts - prostá doba návratnosti	roky		
Tsd - reálná doby návratnosti	roky		
NPV - čistá současná hodnota	tis. Kč		
IRR - vnitřní výnosové procento	%		

### **Ekologické vyhodnocení**

Způsob ekologického vyhodnocení se provádí metodou globálního hodnocení. Na žádost zadavatele lze provést i metodou lokálního hodnocení. Při změně dodávek energie, která je vyráběna v jiném místě jsou do výpočtu zahrnuty emisní faktory vycházející z konkrétních nebo průměrných údajů o produkovaných látkách.

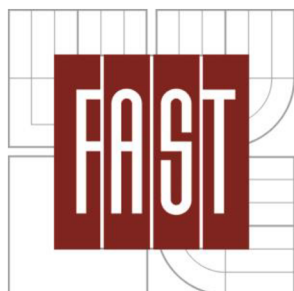
Tabulka 4 Ekologické vyhodnocení dle přílohy č. 6 vyhlášky o energetickém auditu [13]

Znečišťující látka	Výchozí stav	Varianta I	Rozdíl	Varianta II	Rozdíl
	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok	t/rok
Tuhé znečišťující látky					
SO <sub>2</sub>					
NO <sub>x</sub>					
CO					
CO <sub>2</sub>					



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

## B.1 Analýza energetických potřeb a toků budovy

V této kapitole se zaměřím na aplikaci současně, květen 2016, platných zákonů, vyhlášek a norem k výpočtu energetické bilance budovy. Metodika bilančního hodnocení je rozsáhlý soubor činností. Stanovující detailní postup výpočtu celkové roční dodané energie [GJ]. V rozsahu mé práce není možno se věnovat jednotlivým krokům výpočtu do detailu, přesto se pokusím o uvedení alespoň těch základních. Celková dodaná energie se stanoví jako součet dílčích dodaných energií pro potřebu systému vytápění, chlazení, mechanického větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu vody, osvětlení, včetně pomocných energií. K legislativním záležitostem se zmiňuji v předchozí kapitole. Pro připomenutí, budovy s požadavky na energetickou náročnost nalezneme v zákoně č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. [14]

Energetická bilance na úrovni **budovy** zahrnuje:

- Tepelný tok prostupem mezi budovou a okolním prostředím
- Tepelný tok větráním
- Vnitřní tepelné zisky od osob, vybavení a osvětlení zóny
- Vnější tepelné zisky od solární radiace průsvitných konstrukcí
- Využití tepelných zisků v konstrukcích budovy
- Potřebu tepla na vytápění
- Potřebu chladu na chlazení [14]

Energetická bilance na úrovni **energetických systémů** zahrnuje:

- Dodanou energii pro systémy vytápění, mechanického větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody, osvětlení, včetně pomocných energií
- Produkci energie systémů využívající obnovitelné energie
- Produkci energie systémů kombinované výroby elektřiny a tepla (kogenerace)
- Stanovení ztráty při výrobě (transformaci), distribuci a sdílení energie v rámci zón prostřednictvím příslušných energetických systémů [14]

**Celková roční dodaná energie** se stanoví z obecného vztahu [14]:

$$EP = Q_{fuel,tot} = EP_H + EP_C + EP_F + EP_W + EP_L - EP_{PV} - EP_{CHP}$$

kde  $Q_{fuel,tot}$  celková roční dodaná energie zásobující budovu [GJ]

$EP_H$  roční dodaná energie na vytápění včetně pomocné energie na provoz vytápěcího zařízení [GJ]

$EP_C$  je roční dodaná energie na chlazení včetně pomocné energie na provoz chladičího zařízení [GJ]

$EP_F$  roční dodaná energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu včetně pomocné energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu [GJ]

$EP_L$	roční dodaná energie na osvětlení [GJ]
$EP_W$	roční dodaná energie na přípravu teplé vody včetně pomocné energie na provoz zařízení na přípravu teplé vody [GJ]
$EP_{PV}$	roční produkce energie fotovoltaickým systémem [GJ]
$EP_{CHP}$	roční produkce energie systémem kombinované výroby elektřiny a tepla [GJ]

## B.2 Specifikace energetických systému budov

K zajištění náležitých potřeb a poskytnutí jistého komfortu v užívání budov nám pomáhají energetické systémy. Vstupují nám do výpočtu ENB a zastávají klíčovou složku v celkové roční dodané energii do budovy. Náročnost jednotlivých systému se liší dle typu budovy a jejího užívání. Stanoví se dle požadavků vycházejících z legislativních a hygienických předpisů, případně technických norem.

### B.2.1 Systémy vytápění a chlazení

Systémy vytápění a chlazení nám pomáhají zajistit optimální teplotu vzduchu vně budovy. Jednotlivé doporučené teploty v režimu vytápění pro budovy a místnosti můžeme nalézt v normě ČSN 06 0210. Obvyklá teplota obytných místností se pohybuje v rozmezí 20-22 °C. Pro režim chlazení obytných místností je to potom 26 °C, dle TNI 730331.

#### B.2.1.1 Potřebná energie pro vytápění

**Roční dodaná energie na vytápění** včetně roční dodané pomocné energie  $EP_H$  [GJ], se stanoví dle vztahu [14]:

$$EP_H = Q_{fuel,H} + Q_{aux,H}$$

kde  $Q_{fuel,H}$  roční dodaná energie na vytápění [GJ]

$Q_{aux,H}$  roční dodaná pomocná energie systému vytápění [GJ]

Příčemž roční dodaná energie na vytápění  $Q_{fuel,H}$  [GJ], se stanoví jako suma energie dodané do jednotlivých zón ve všech energetických systémech za časové období, dle vztahu [14]:

$$Q_{fuel,H} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n \left( \sum_{z=1}^n \frac{Q_{H,dis,z,j} \cdot f_{H,z,sys}}{\eta_{H,sys}} \right) \right)$$

kde

$Q_{H,dis,z,j}$  dodaná energie do distribučního systému vytápění v j-tém časovém úseku pro z-tou zónu [GJ]

$f_{H,z,sys}$  podíl dodané energie do z-té zóny připadající na příslušný zdroj tepla [-]

$\eta_{H,sys}$  celková účinnost výroby energie příslušným zdrojem tepla [-]

Roční dodaná pomocná energie na vytápění  $Q_{aux,H}$  [GJ] se stanoví jako součet dodané energie pro výrobu, distribuci a sdílení příslušným systémem, platí vztah [14]:

$$Q_{aux,H} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{z=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n Q_{aux,C,a,sys,z,j} + Q_{aux,C,em,sys,z,j} \right) \right)$$

kde

$Q_{aux,H,a,sys,z,j}$  roční dodaná pomocná energie na vytápění pro výrobu a distribuci energie příslušným energetickým systémem pro z-tou zónu za j-tý časový úsek [GJ]

$Q_{aux,H,em,sys,j}$  roční dodaná pomocná energie na vytápění pro sdílení energie příslušným energetickým systémem v z-té zóně za j-tý časový úsek [GJ]

### B.2.1.2 Potřebná energie pro chlazení

Analogicky můžeme dojít i k **roční dodané energii pro chlazení**  $EP_C$  [GJ], jako součet roční dodané energie na chlazení a roční pomocné energie systému chlazení, dle vztahu:

$$EP_C = Q_{fuel,C} + Q_{aux,C}$$

kde  $Q_{fuel,C}$  roční dodaná energie na chlazení [GJ]

$Q_{aux,C}$  roční dodaná energie systému chlazení [GJ]

Zde potom platí, že roční dodaná energie na chlazení  $Q_{fuel,C}$  [GJ], se stanoví jako suma dodané energie do jednotlivých zón, ze všech systému chlazení za časové období, ze vztahu [14]:

$$Q_{fuel,C} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n \left( \sum_{z=1}^n Q_{c,dis,z,j} \cdot f_{c,sys,z} \cdot \left[ \frac{1}{\eta_{c,gen,sys}} + \left( 1 + \frac{1}{EER_{c,sys}} \right) \cdot e_{r,sys} \cdot f_{r,sys} \right] \right) \right)$$

kde  $Q_{c,dis,z,j}$  dodaná energie do distribučního systému chlazení [GJ]

$f_{c,sys,z}$  podíl dodané energie do z-té zóny připadající na příslušný zdroj chladu [-]

$EER_{c,sys}$  poměr mezi průměrným chladícím výkonem a příkonem elektrické, nebo tepelné energie příslušného zdroje chladu [-]

$e_{r,sys}$  specifický součinitel odběru elektřiny ventilátoru závislý na typu zpětného chlazení [-]

$f_{r,sys}$  střední součinitel provozu zpětného chlazení [-]

$\eta_{c,gen,sys}$  celková účinnost výroby energie v příslušném zdroji chladu [-]

Roční pomocná energie na chlazení dodaná do systému  $Q_{aux,C}$  [GJ], se stanoví jako součet pomocné energie pro příslušný systém chlazení pro z-tou zónu za j-tý časový úsek, ze vztahu [14]:

$$Q_{aux,C} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{z=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n Q_{aux,C,a,sys,z,j} + Q_{aux,C,em,sys,z,j} \right) \right)$$

kde

$Q_{aux,C,sys,a,z,j}$  roční dodaná pomocná energie pro příslušný systém chlazení pro z-tou zónu za j-tý časový úsek [GJ],

$Q_{aux,C,em,sys,z,j}$  roční dodaná pomocná energie pro sdílení energie systémem chlazení v z-té zóně za j-tý časový úsek [GJ].

## B.2.2 Systémy řízeného větrání a úpravy vlhkosti vzduchu

Systémy mechanického větrání a úpravy vlhkosti nám zajišťují přísun čerstvého venkovního vzduchu o požadované teplotě a vlhkosti. Intenzita výměny vzduchu v obytných místnostech se doporučuje 0,5-2 násobná. Dávka venkovního vzduchu pro osobu nevykonávající fyzickou činnost by se měla pohybovat cca 25-50 m<sup>3</sup>/h. Doporučená relativní vnitřní vlhkost je dána ČSN 06 0210, pro obytné místnosti se uvažuje  $\varphi_{ai}$  60%. Větrání musí také zajistit nepřekročení nebezpečné koncentrace CO<sub>2</sub> o víc než 0,1% objemu vzduchu.

**Roční dodaná energie na provoz mechanického větrání a úpravu vlhkosti vzduchu**  $EP_F$ , se stanoví ze vztahu [14]:

$$EP_F = Q_{fuel,F} = Q_{fuel,RH+} + Q_{fuel,RH-} + Q_{aux,F}$$

kde  $Q_{fuel,RH+}$  roční dodaná energie na zvlhčování vnitřního vzduchu [GJ]

$Q_{fuel,RH-}$  roční dodaná energie na odvlhčování vnitřního vzduchu [GJ]

$Q_{aux,F}$  roční pomocná energie na provoz ventilátorů mechanického větrání [GJ]

### B.2.2.1 Potřebná energie pro vlhčení a odvlhčení vzduchu

Roční dodaná energie na zvlhčení  $Q_{fuel,RH+}$  a odvlhčení  $Q_{fuel,RH-}$  [GJ], se stanoví ze vztahů [14]:

$$Q_{fuel,RH+} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{z=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n \frac{Q_{RH+,dis,z,j} \cdot f_{RH+,sys,j}}{\eta_{RH+,gen,sys}} \right) \right)$$

$$Q_{fuel,RH-} = \sum_{j=1}^n \left( \sum_{z=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n \frac{Q_{RH-,dis,z,j} \cdot f_{RH-,sys,j}}{\eta_{RH-,gen,sys}} \right) \right)$$

kde

$Q_{RH+/-,dis,z,j}$  energie dodaná do distribučního systému úpravy vlhkosti pro zvlhčování/odvlhčování vnitřního vzduchu pro z-tou zónu v j-tém časovém úseku [GJ]

$f_{RH+/-,sys,j}$	podíl z dodané energie připadající na příslušný zdroj úpravy vlhkosti pro zvlhčování/odvlhčování vnitřního vzduchu v j-tém časovém úseku [-]
$\eta_{RH+/-,gen,sys}$	účinnost příslušného zdroje úpravy vlhkosti pro zvlhčování/odvlhčování vnitřního vzduchu [-]

### B.2.2.2 Potřebná pomocná energie pro systém mechanického větrání

Potřeba pomocné energie pro provoz systému, zahrnuje elektrický příkon ventilátorů, jeho dobu provozu, časové a regulační činitele. Stanoví se ze vztahu [14]:

$$Q_{aux,F} = 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot \sum_{j=1}^n \left( \sum_{sys=1}^n f_{ahu,sys,j} \cdot f_{F,ctl,sys,j} \cdot P_{F,p,sys} + \sum_{sys=1}^n f_{ahu,sys,j} \cdot P_{F,ar,sys} \right) \cdot t_j$$

kde

$f_{ahu,sys,j}$	časový podíl provozu příslušného systému mechanického větrání v j-tém časovém úseku [-]
$f_{F,ctl,sys,j}$	váhový činitel regulace ventilátorů příslušného systému mechanického větrání v j-tém časovém úseku [-], pro ventilátory s plynulou změnou otáček se uvažuje $f_{F,ctl,sys,j} = 0,4$ , tj. je délka j-tého časového úseku [h]
$P_{F,p,sys}$	instalovaný elektrický příkon ventilátorů [W]
$P_{F,ar,sys,z}$	instalovaný příkon ostatních částí systému mechanického větrání redukován v závislosti na provozu zařízení [W]

### B.2.3 Systémy přípravy teplé vody

Komfortní užívání budovy by se neobešlo bez teplé vody. K tomu nám slouží systémy zaměřené na přípravu teplé vody, dříve zvané teplé užitkové vody. Určená je k mytí, koupání, praní a úklidu. V případě výpadku dodávky studené vody je možné ji použít k vaření a pro hygienické účely. Doporučené rozmezí teplé vody je 50 °C až 55 °C.

Potřebu energie pro přípravu TV je možné stanovit podrobně podle ČSN EN 15 316-3 nebo zjednodušenou metodou podle TNI 73 0331. Zjednodušená forma podle TNI 73 0331, dělí budovu na jednotlivé části (zóny), které mají různé režimy užívání a různou skladbu technických systémů. Výpočet potřeby energie  $Q_{W,nd,z,d}$  [kWh.den<sup>-1</sup>] se dělí na dva možné způsoby. [15]

Na základě obsazenosti zóny:

$$Q_{W,nd,z,d} = 0,001 \cdot f_z \cdot V_{w,f,day} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{w,h} - \theta_{w,c})$$

Podle plochy zóny:

$$Q_{W,nd,z,d} = 0,001 \cdot A_z \cdot V_{w,f,day} \cdot \rho_w \cdot c_w \cdot (\theta_{w,h} - \theta_{w,c})$$

- kde  $V_{W,f,day}$  měrná denní potřeba teplé vody podle obsazenosti zóny [ $m^3 \cdot (mj.den)^{-1}$ ]
- $f_z$  počet měrných jednotek v zóně [ $m^3 \cdot (m^2.den)^{-1}$ ]
- $V_{W,A,day}$  měrná denní potřeba teplé vody podle plochy zóny [ $1 \cdot (m^2.den)^{-1}$ ]
- $A_f$  vztažná plocha zóny [ $m^2$ ]
- $P_W$  měrná hmotnost vody [ $kg \cdot m^{-3}$ ]
- $c_W$  měrná tepelná kapacita vody [ $kJ \cdot (kg.K)^{-1}$ ]
- $\theta_{W,h}$  průměrná roční teplota teplé vody v místě přípravy [ $^{\circ}C$ ]
- $\theta_{W,c}$  průměrná roční teplota přiváděné studené vody [ $^{\circ}C$ ]

Při zahrnutí ztrát tepla, se potřeba energie  $Q_{W,gen,out}$  [ $kWh.den^{-1}$ ] stanoví podle vztahu:

$$Q_{W,gen,out} = Q_{W,nd,z,d} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,st,ls}$$

$$Q_{W,dis,ls} = 0,001 \cdot \sum_{i=1}^m Q_{W,dis,ls,i} \cdot l_i$$

$$Q_{W,st,ls} = 0,001 \cdot Q_{W,st,ls,V} \cdot V$$

- kde  $Q_{W,nd,z,d}$  potřeba tepla pro přípravu teplé vody [ $kWh.den^{-1}$ ]
- $Q_{W,dis,ls}$  ztráta tepla v rozvodu teplé vody [ $kWh.den^{-1}$ ]
- $Q_{W,dis,ls,i}$  délková denní ztráta tepla v rozvodu teplé vody [ $Wh \cdot (m.den)^{-1}$ ]
- $l_i$  délka úseku potrubí o příslušné jmenovité světlosti s cirkulací nebo bez [m]
- $Q_{W,st,ls}$  ztráta tepla v zásobníku teplé vody [ $kWh.den^{-1}$ ]
- $Q_{W,st,ls,V}$  denní ztráta tepla zásobníku teplé vody vztažená na jeden litr objemu [ $Wh \cdot (m.den)^{-1}$ ]
- $V$  objem zásobníku teplé vody [l].



## B.2.4 Osvětlení

Osvětlování je činnost vytvářející světelné podmínky pro zrakovou pohodu. Zraková pohoda je psychofyzilogický stav organismu, kdy se cítí příjemně a odpovídá potřebám člověka při práci tak i odpočinku. Zrakovou pohodu ovlivňuje nejen kvalita a kvantita osvětlení, rovněž také nálada, věk, barevné řešení prostoru aj. Základním dělením je denní, umělé a sdružené osvětlení. Také se dělí dle prostoru, kde se nachází [16].

Výpočtovou metodu roční spotřeby elektrické energie pro osvětlení  $W_L$  [kWh.rok<sup>-1</sup>], uvádí TNI 73 0331.

$$W_L = W_{L,L} + W_{L,P}$$

kde  $W_{L,L}$  roční spotřeba elektrické energie příslušného systému osvětlení [kWh.rok<sup>-1</sup>]

$W_{L,P}$  roční ztráta elektrické energie příslušného systému osvětlení [kWh.rok<sup>-1</sup>]

Roční spotřebu elektrické energie systému osvětlení  $W_{L,L}$  [kWh.rok<sup>-1</sup>], stanovíme podle vztahu:

$$W_{L,L} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)]$$

kde  $t_D$  roční doba provozu systému osvětlení s denním světlem [h]

$t_N$  roční doba provozu systému osvětlení bez denního světla [h]

$P_n$  celkový instalovaný příkon svítidel [W]

$F_D$  činitel závislosti na denním světle [-]

$F_O$  činitel závislosti na obsazenosti [-]

$F_C$  činitel závislosti konstantní osvětlenosti [-], pokud je plán údržby, uvažuje se hodnota 1, v ostatních případech se uvažuje hodnota 0,9

Hodnota parametru  $W_{L,P}$  [kWh.rok<sup>-1</sup>], se uvažuje pouze v případech instalování nouzového osvětlení a řídicího systému. Zpravidla v RD a BD nabývá hodnoty  $W_{L,P} = 0$

$$W_{L,P} = W_{L,PC,A} \cdot A_f + W_{L,EM,A} \cdot A_f$$

kde  $W_{L,PC,A}$  roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládacích zařízení) příslušného systému osvětlení [kWh.(m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>)] pokud je relevantní, uvažuje se 5 [kWh.(m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>)]

$W_{L,EM,A}$  roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení příslušného systému osvětlení [kWh.(m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>)] pokud je relevantní, uvažuje se 1 [kWh.(m<sup>-2</sup>.rok<sup>-1</sup>)]

$A_f$  celková podlahová plocha zóny [m<sup>2</sup>]

## B.3 Stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí

Vhodným stavebním řešením budovy můžeme efektivně snížit energetickou náročnost budovy. Správná úvaha v počátku realizace dokáže zredukovat instalaci některých energetických systému, popřípadě omezit jejich dobu provozu. Důležitou roli v EHB hraje klimatická oblast, tedy místo kde se hodnocená budova nachází. Rovněž orientace ke světovým stranám nám při správném řešení může pomoci k lepším výsledkům, naopak nám při neuváženém jednání uškodí. Orientace prosklených ploch k jižní straně je více než žádaná. Vhodná je však instalace slunečního stínění, tak aby v letních měsících nedocházelo k přehřívání a nutnosti nadbytečného chlazení. V topném období, kdy se Slunce nachází nízko nad horizontem, využijeme jeho sluneční energie a dojde tak odtížení systému vytápění.

Obalové konstrukce budovy a jejich tepelně technické vlastnosti zastávají významný faktor, a značně ovlivňují výslednou energetickou náročnost. Z projektové části, které se budu věnovat níže, je patrné, že potřeba energie na vytápění zastává značný podíl na celkové dodané energii. Při dodržení požadavků tepelně technických vlastností obalových konstrukcí budovy, dané ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov, zamezíme vzniku tepelně technických vad a poruch. Zohledňující šíření tepla, vzduchu a vlhkosti konstrukcemi a vstupem tepla obálkou.

### B.3.1 Šíření tepla konstrukcí

Šíření tepla je tepelný jev, kdy se teplo šíří (sdílí) od místa s větší teplotou k místu s nižší teplotou. Ve stavební praxi se tedy jedná o přenos tepelné energie skrz obalové konstrukce z interiéru do exteriéru v zimním období, vice versa letním. Výpočetně se dá stanovit pomocí dvou veličin.

#### B.3.1.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce

Konstrukce a styky konstrukcí uvnitř budov s relativní vlhkostí vzduchu  $\varphi_i \leq 60\%$ , musí v zimním období splňovat podmínku, tak aby teplotní faktor vnitřního povrchu  $f_{Rsi}$  [-] nepřesáhl požadovaných hodnot. [17]

$$f_{Rsi} \leq f_{Rsi,N}$$

kde  $f_{Rsi,N}$  požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu

#### B.3.1.2 Součinitel prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla se hodnotí dvěma způsoby, pro jednotlivé konstrukce a pro budovu jako celek. Obecně platí, že se snižujícím se součinitelem prostupu tepla se zvyšuje tepelně izolační vlastnost. Tohle pravidlo lze pozorovat i ve změnách ČSN 73 0540-2 za posledních pár let, kdy je tendence zvyšovat požadavky na součinitel prostupu tepla. Materiály s malým součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/(m.K)], disponují lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. V kapitole **A.3.3.1** uvádím jednotlivé kroky pro stanovení hodnoty  $U$  [W/(m<sup>2</sup>K)].

### B.3.1.3 Šíření vlhkosti konstrukcí

U obvodových plášťů se posuzuje vznik, respektive množství zkondenzované a vypařené množství vodní páry uvnitř konstrukce, za období jednoho roku. Pohyb molekul vodní páry v konstrukcích se děje na základě vyrovnávání parciálních tlaků. V zimním období kdy v interiéru je vyšší teplota než v exteriéru je i vyšší parciální tlak a dochází k difúzi nenasycených vodních par. Jakmile vodní pára dojde k místu, které disponuje teplotou jejího nasycení, změní se vodní pára na vodu (zkondenzuje). [18]

Pokud kondenzát ohrozí funkci konstrukce, tak ke kondenzaci nesmí vůbec dojít!

$$M_c = 0 \text{ [kg. m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}\text{]}$$

V případech, kdy kondenzace vodní páry neohrozí funkci konstrukce, platí, že zkondenzované množství vodní páry je v celoroční bilanci menší než množství vypařené.

$$M_c < M_{ev} \text{ [kg. m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}\text{]}$$

kde  $M_{ev}$  množství vypařené vodní páry za rok [kg.m<sup>-2</sup>.a<sup>-1</sup>]

Zároveň je celkové množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce omezeno podmínkou:

$$M_c < M_{c,N} \text{ [kg. m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}\text{]}$$

kde  $M_{c,N}$  maximální množství zkondenzované vodní páry v celoroční bilanci [kg.m<sup>-2</sup>.a<sup>-1</sup>]

## B.4 Energetické hodnocení budovy

Ve své bakalářské práci se budu zabývat energetickým hodnocením budovy. Konkrétně se jedná o bytový dům v Modřicích na ulici Sadová 567. Dům prošel rekonstrukcí v roce 2010. Došlo ke kompletnímu zateplení obvodového pláště, výměny stávajících výplní otvorů a položení nové skladby střešního pláště. V následujících kapitolách se budu podrobněji zabývat jednotlivými energetickými systémy, stavebním řešením a tepelně technickými vlastnostmi původního stavu, stávajícího stavu a mnou navrhovaných opatření výše zmíněné budovy.

### B.4.1 Parametry pro hodnocení budov

Z neúplné projektové dokumentace a osobní prohlídky jak konkrétní řešené budovy tak i sousedící typově identické stavby byly stanoveny tepelně technické parametry stávajících obalových konstrukcí. Přesné souvrství některých skladeb nebylo možné získat z žádného dostupného zdroje. Byl proveden odborný posudek.

### B.4.2 Stavební řešení

Jak jsem již zmínil, jedná se o bytový dům postaven v letech 1962-64 v konstrukčním systému T-02B, vybudován zděnou technologií. Dům je obdélníkového půdorysu o rozměrech 39 x 11,25 metrů. Disponuje jedním podzemním podlažím (1.PP) a třemi nadzemními (1.NP-3.NP). Stávající bytový dům má zastavěnou plochu 438,75m<sup>2</sup>.

Obvodový plášť je tvořen cihlami metrického formátu CDm tloušťky 365 mm, parapetní zdivo tloušťky 290 mm. Vnitřní nosné stěny jsou z cihel CDm tl. 250 mm, středové nosné pilíře jsou z betonových bloků o půdorysných rozměrech 750 x 500 mm. Příčky jsou zděné o tloušťce 60 mm. Střecha je plochá, nepochází, jednoplášťová se spádováním k vnitřnímu střešnímu vtoku. Z ulice jsou situovány dva hlavní vstupy, orientace průčelí je k východu. Jižní a severní strana domu je krytá sousední budovou. Na západní straně domu se nachází zezeň.

Tabulka 5 Základní technické parametry bytového domu v Modřicích

Technické parametry objektu		
Nadmožská výška objektu	[mn.m.]	204
Počet nadzemních podlaží	[-]	3
Počet podzemních podlaží	[-]	1
Výška objektu	[m]	11,6
Světlá výška podlaží	[m]	2,675
Zastavěná plocha	[m <sup>2</sup> ]	438,75
Obestavěný prostor	[m <sup>3</sup> ]	5089,5
Rok výstavby	[-]	1962-1964
Rok rekonstrukce	[-]	2010

### B.4.3 Tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí

V této kapitole se zabýváme tepelně technickými vlastnostmi konstrukcí konkrétního bytového domu na ulici Sadová 567, Brno Modřice.

#### B.4.3.1 Neprůsvitné obvodové konstrukce

Obvodové nosné konstrukce jsou tvořeny cihlami metrického formátu tl. 365mm, parapety děrovanými cihlami tl. 290mm. Interiérová strana je opatřena vnitřními vápennými omítkami, úprava exteriérové části potom vápeno-cementovou omítkou.

Tabulka 6 Součinitel prostupu tepla obvodové stěny

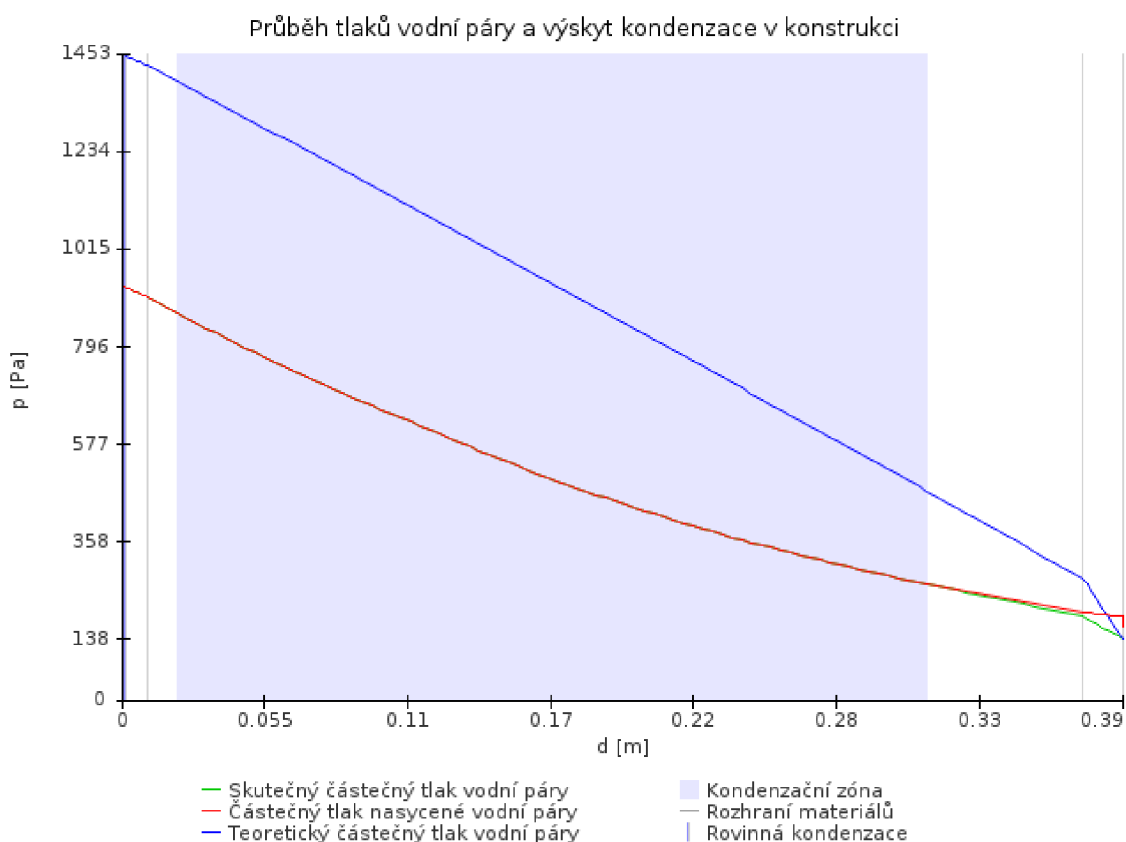
Název konstrukce: Obvodové zdivo tl. 375mm			F1	
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$ W/(m.K)	$\lambda_{ekv}$ W/(m.K)	$d$ mm
1	Omítka vápenná vnitřní + malba	0,880	-	10
2	Cihelné bloky CDm 365/240/113 mm	0,690	-	365
3	Venkovní škrábaná omítka	0,990	-	15
<b>Součinitel prostupu tepla</b>		<b>U</b>	<b>1,442</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>

Tabulka 7 Součinitel prostupu tepla stěny pod terémem

Název konstrukce: Obvodové zdivo pod terémem tl. 375mm			F2	
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$	$\lambda_{ekv}$	$d$
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Omítka vápenná vnitřní + malba	0,880	-	10
2	Cihelné bloky CDm 365/240/113 mm	0,690	-	365
3	Venkovní škrábaná omítka			0
<b>Součinitel prostupu tepla</b>		<b>U</b>	<b>1,558</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>

Tabulka 8 Součinitel prostupu tepla parapetní stěny

Název konstrukce: Parapetní zdivo tl. 300mm			F3	
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$	$\lambda_{ekv}$	$d$
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Omítka vápenná vnitřní + malba	0,880	-	10
2	Děrované cihly CD 290/290/140 mm	0,600	-	290
3	Venkovní škrábaná omítka	0,990	-	15
<b>Součinitel prostupu tepla</b>		<b>U</b>	<b>1,521</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>



Graf 5 Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v obvodové stěně

Z grafu č. 5, lze vidět kondenzační zónu vodní páry uvnitř původní obvodové stěny. Jedná se o výsledek výpočetního softwaru Tepelná technika 1D. Kondenzát ochlazuje konstrukci a může mít za příčinu vzniku nebezpečných plísní a bakterií.

Tabulka 7 Teplotní faktor a množství kondenzace v obvodové stěně

Souhrnná tabulka - Tepelná technika 1D						
Konstrukce	Teplotní faktor			Kondenzace vodní páry v kci		
	ČSN 73 0540					
Název	$f_{Rsi,N}$	$f_{Rsi}$	Hod.	$M_C$	$M_{C,N}$	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]
Obvodová stěna	0,754	0,689	!	16,163	0,500	!

#### B.4.3.2 Stropy a podlahy

Stropní konstrukce nad jednotlivými podlažími jsou tvořeny železobetonovými dutinovými prefabrikovanými stropními panely tl. 215 mm s atypickými monolitickými dobetonávkami. Skladba vlastní konstrukce podlah typického podlaží činí cca 100 mm. Na stropním panelu je betonová mazanina tl. 65 mm, povrchová úprava dle účelu místností – vlysy v pokojích, mazanina a PVC na chodbách a v kuchyních, keramická dlažba a PVC v příslušenství. Stav podlahy přilehlé k zemině nebylo možné odečíst z projektové dokumentace. Na základě odborného posudku byla stanovena následující skladba: Podkladní beton tl. 150mm, asfaltová lepenka tloušťky 4 mm, betonová mazanina tl. 53 mm a povrchová úprava keramickou dlažbou tl. 10 mm.

Tabulka 8 Součinitel prostupu tepla stropem nad suterénem

Název konstrukce: Podlaha nad suterénem				P1
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$	$\lambda_{ekv}$	$d$
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Dřevěné vlysy	0,180	-	25
2	Lepicí tmel	0,220	-	10
3	Betonová mazanina	1,230	-	65
4	Stropní žb panel	1,430	-	215
5	Omítka vápenná vnitřní	0,880	-	10
Součinitel prostupu tepla		<b>U</b>	<b>1,403</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>

Tabulka 9 Součinitel prostupu tepla podlahou na zemině

Název konstrukce: Podlaha na zemině				P2
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$	$\lambda_{ekv}$	$d$
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Keramická dlažba	1,010	-	10
2	Betonová mazanina	1,230	-	53
3	Asfaltová lepenka	0,210	-	4
4	Podkladní beton			
Součinitel prostupu tepla		<b>U</b>	<b>4,182</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>

Tabulka 10 Teplotní faktor a kondenzace vodní páry v podlaze na zemině

Souhrnná tabulka - Tepelná technika 1D						
Konstrukce	Teplotní faktor			Kondenzace vodní páry v kci		
	ČSN 73 0540					
Název	$f_{Rsi,N}$	$f_{Rsi}$	Hod.	$M_C$	$M_{C,N}$	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]
Podlaha na zemině	0,464	0,437	!	0,153	-	!

### B.4.3.3 Střecha

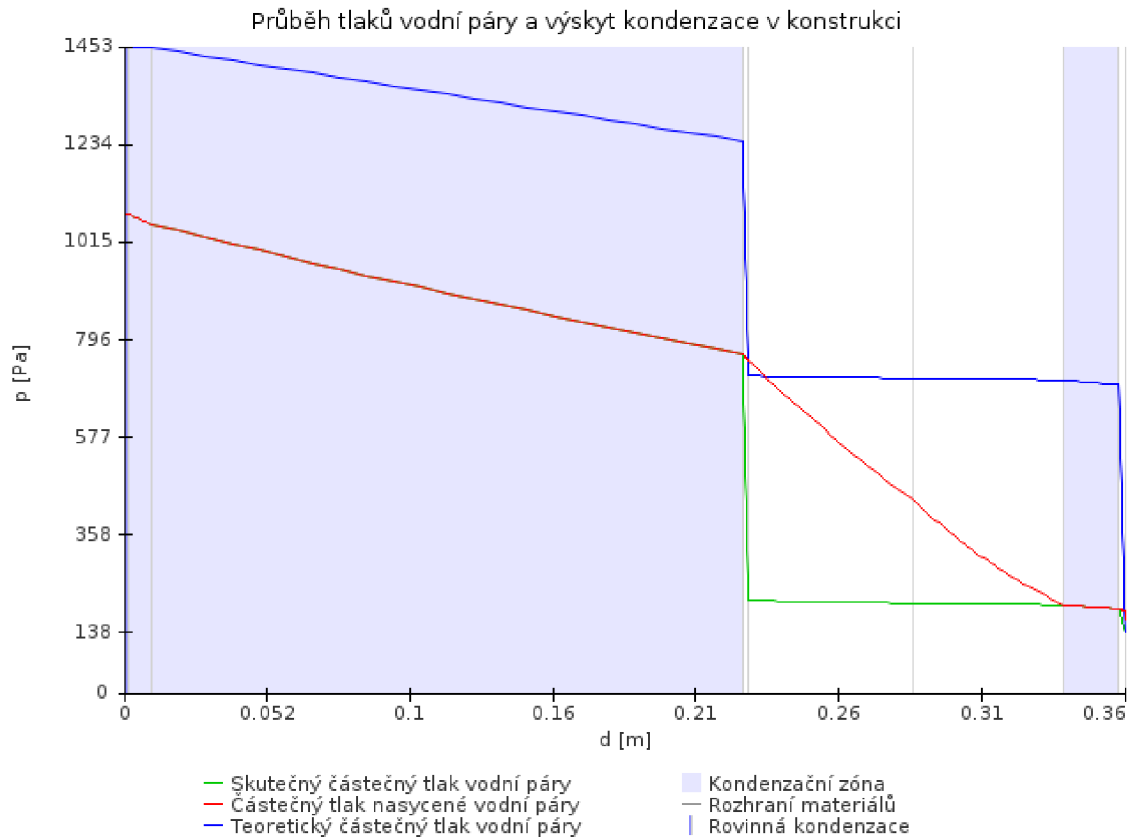
Nosnou konstrukci střechy tvoří rovněž betonové panely tl. 215 mm. Původní střecha je plochá jednoplášťová, nepochází se spádováním k vnitřnímu střešnímu vtoku. Původní střecha je ve skladbě: hydroizolační souvrství – asfaltové pásy v tl. cca 20-30 mm, cementový potěr 20 mm, pěnobeton 55 m, spádový škvárový násyp tl. cca 0-120mm, penetrační nátěr + parozábrana A500, stropní panel tl. 215 mm, omítka.

Tabulka 11 Součinitel prostupu tepla plochou střechou

Název konstrukce: Jednoplášťová plochá střecha				S1
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	$\lambda$	$\lambda_{ekv}$	$d$
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Omítka vápenná vnitřní + malba	0,880	-	10
2	Stropní panel	1,430	-	215
3	Asfaltová lepenka	0,210	-	2
4	Spádový škvárový násyp	0,270	-	60
5	Pěnobeton	0,190	-	55
6	Cementový potěr	1,230	-	20
7	Asfaltové pásy	0,210	-	3
Součinitel prostupu tepla		<b>U</b>	<b>1,222</b>	<b>W/(m<sup>2</sup>.K)</b>

Tabulka 12 Teplotní faktor a výskyt vodní páry ve střešní konstrukci

Souhrnná tabulka - Tepelná technika 1D						
Konstrukce	Teplotní faktor			Kondenzace vodní páry v kci		
	ČSN 73 0540					
Název	$f_{Rsi,N}$	$f_{Rsi}$	Hod.	$M_C$	$M_{C,N}$	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]	[kg/m <sup>2</sup> .a]
Jednoplášťová plochá střecha	0,754	0,737	!	3,600	0,100	!



Graf 6 Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci

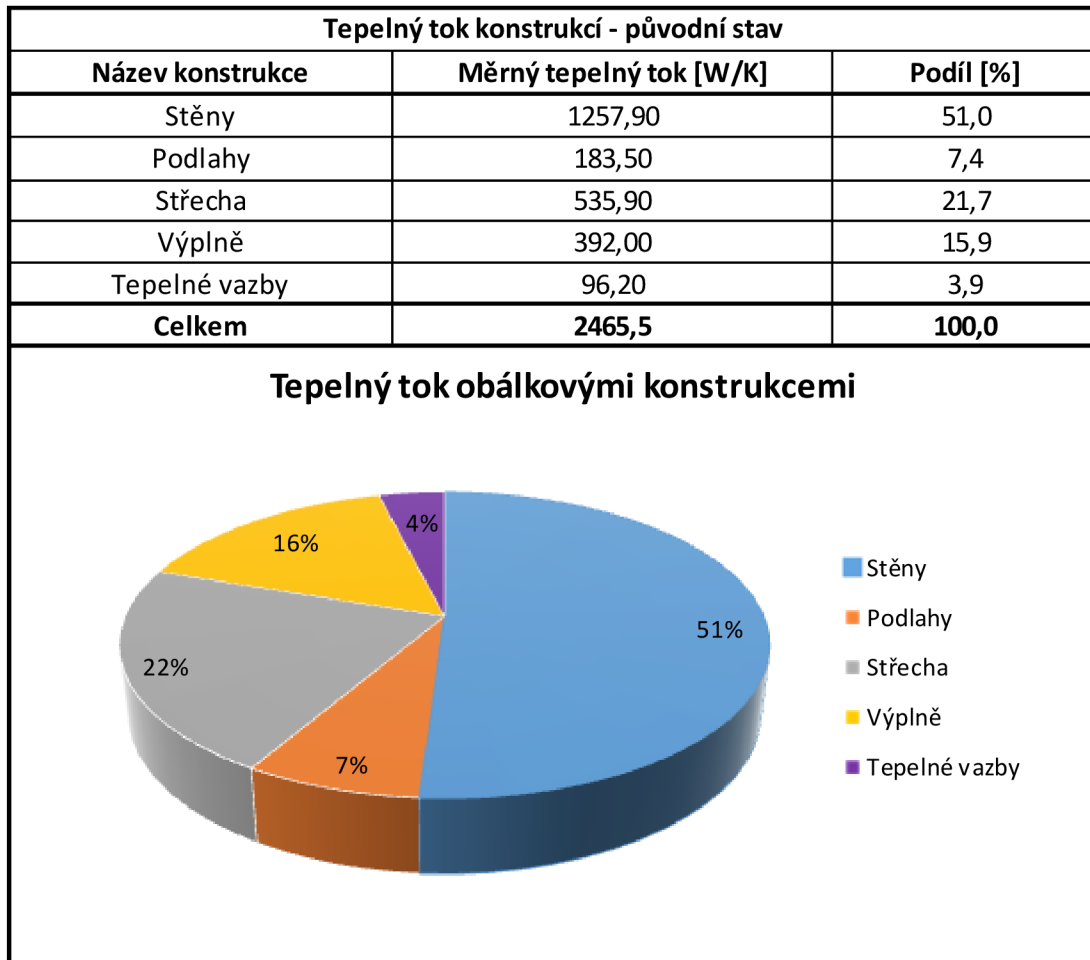
#### B.4.3.4 Výplně otvorů

Výplně otvorů jsou tvořeny dřevěnými okny zdvojenými, otvíranými. Asi polovina původních oken byla vyměněna za nová plastová s izolačním dvojsklem,  $U=1,2W/m^2.K$ . Vstupní dveře do objektu jsou nové plastové. Původní okénka v 1. PP byla ocelová s jednoduchým zasklením.



#### B.4.4 Tepelné ztráty prostupem tepla

Po zjištění tepelně technických vlastností, můžeme určit tepelné ztráty objektu prostřednictvím prostupem tepla obálkou budovy. Z grafu lze jasně vidět, že největší podíl tepelných ztrát mají obvodové stěny.



Graf 7 Tepelné ztráty BD prostupem tepla původního stavu

## B.4.5 Standardizované užívání budovy

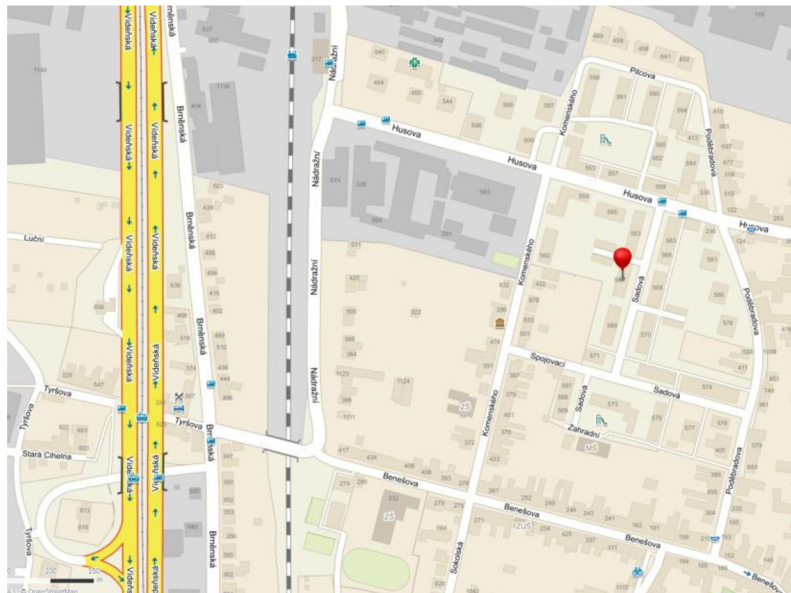
Po předchozím zhodnocení výchozích stavů obalových konstrukcí bytového domu se nyní budu zabývat situováním a zónováním objektu.

### B.4.5.1 Lokace objektu

Modřice se nacházejí asi 8 km jižně od Brna v okrese Brno-venkov. Bytový dům se nachází v poklidné lokalitě. Vzhledem typové podobnosti okolních budov, byl postaven v jedné budovatelské etapě spolu s ostatními jako zajištění bydlení zdejších pracovníků z nedaleké průmyslové zóny.

#### Okrajové podmínky pro hodnocení

- Nadmořská výška: 204 m n.m.
- Klimatická oblast: 2
- Vnitřní výpočtová teplota: 20 °C
- Venkovní výpočtová teplota: -15 °C



Obrázek 4 Situování BD Sadová 567

### B.4.5.2 Zónování objektu

Pro korektní energetické hodnocení jsem rozdělil dům na dvě energetické zóny. Každá ze zón představuje prostor, který má rozdílné požadavky na úpravu vnitřního mikroklimatu. Hlavní, první zónu tvoří bytová část. Zde se nachází 18 bytových jednotek. Přístupných ze společných prostor schodiště. Převažující návrhová vnitřní teplota v zóně  $\theta_{im} = 20 \text{ °C}$ .

Druhou zónu představují společné prostory a technické podlaží. V technickém podlaží (1. PP) je domovní příslušenství. Přístupné je právě z prostorů schodiště a také zadním domovním vchodem. Větší část zóny je uložena pod terénem. Na základě osobní prohlídky ji stanovuji jako temperovanou zónu. Návrhová vnitřní teplota  $\theta_{im} = 16 \text{ °C}$ .



Obrázek 5 Pohledy na bytový dům ze světových stran

#### B.4.6 Základní popis stávajícího stavu

Dům byl v roce 2010 nově rekonstruován, využitím dotačního programu Nová zelená úsporám. V kapitole B.3.3. jsme zjistili nevyhovující stav obalových konstrukcí. V rámci opravy byl dům kompletně zateplen kontaktním zateplovacím systémem, použitím EPS tl. 140mm na fasádu. Proběhla také výměna původních dřevěných oken za nová plastová se součinitel tepelné propustnosti  $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Původní skladba ploché jednoplášťové nepochůzí střechy se spádováním k vnitřnímu odtoku, byla odstraněna a nahrazena novou. Spád je nyní k okraji střechy, za pomoci klínových EPS. Odhadovaná tloušťka izolace je v nejslabším místě 300 mm.



Obrázek 6 Současný stav střechy a staré expanzní nádoby

Dům je připojen na veřejný vodovod, kanalizaci, plynovod a elektrickou distribuční síť. Teplu pro vytápění je připravováno v domovní plynové kotelně. Vytápění je teplovodní s nuceným oběhem. Na otopných tělesech jsou osazeny termostatické ventily. V objektu se spotřebovávají dva druhy energetických nositelů, a to zemní plyn a elektrickou energii. Zemní plyn je užíván k vytápění a ohřevu teplé vody, v bytech je to pak pro účely vaření. Systém ústředního vytápění (ÚT) a ohřev teplé vody (TV) je zásoben tepelnou energií. Elektrická energie je využívána především pro účely osvětlení, provoz domovních spotřebičů a pro ostatní spotřebiče jako jsou elektrická zařízení ve společných prostorech.

## B.4.7 Potřeba energie pro jednotlivé systémy TZB včetně osvětlení

Tato kapitola navazuje na oddíl B.1. Specifikace energetických systémů budovy, kde uvádím kroky pro výpočet potřeby energie systému TZB. Hodnocená budova disponuje systémem vytápění, přípravy teplé vody, osvětlení.

### B.4.7.1 Osvětlení

Z osobní prohlídky nebyla zjištěna roční spotřeba elektřiny pro světelné zdroje ani instalovaný příkon v budově. Použiji tedy referenční hodnoty. Výpočet je proveden pro každou zónu zvlášť. Ve společných prostorech domu je osvětlení zajištěno zářivkovými a žárovkovými zdroji.

#### Zóna 1: Obytné prostory

$P_n$	1760,55	[W]	celkový instalovaný příkon svítidel
$F_D$	0,77	[-]	činitel závislosti na denním světle (-), stanoví se podle tabulky 4.2,
$F_O$	1	[-]	činitel závislosti na obsazenosti (-), stanoví se podle tabulky 4.3,
$F_C$	1	[-]	činitel závislosti konstantní osvětlenosti (-), pokud je plán údržby, uvažuje se hodnota 1, v ostatních případech se uvažuje hodnota 0,9.
$t_D$	1600	[h]	roční doba provozu systému osvětlení s denním světlem (h), stanoví se podle tabulky 4.1
$t_N$	1200	[h]	roční doba provozu systému osvětlení bez denního světla (h), stanoví se podle tabulky 4.1
$W_{L,PC,A}$	0	[kWh/rok]	roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládacích zařízení), uvažuje se 5 kWh.m <sup>-2</sup> rok <sup>-1</sup>
$W_{L,EM,A}$	0	[kWh/rok]	roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení, uvažuje se 1 kWh.m <sup>-2</sup> rok <sup>-1</sup>

$$W_{L,L} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)] = 4281,66 \text{ kWh/rok}$$

$$W_{L,P} = W_{L,PC,A} \cdot A_f + W_{L,EM,A} \cdot A_f = 0 \text{ kWh/rok}$$

$W_L =$	$W_{L,L} + W_{L,P} =$	<b>4281,7 kWh/rok</b> ....Roční spotřeba elektrické energie
---------	-----------------------	---

#### Zóna 2: Společné prostory a technické podlaží

$P_n$	233,7	[W]	celkový instalovaný příkon svítidel
$F_D$	0,51	[-]	činitel závislosti na denním světle (-), stanoví se podle tabulky 4.2,
$F_O$	1	[-]	činitel závislosti na obsazenosti (-), stanoví se podle tabulky 4.3,
$F_C$	0,9	[-]	činitel závislosti konstantní osvětlenosti (-), pokud je plán údržby, uvažuje se hodnota 1, v ostatních případech se uvažuje hodnota 0,9.
$t_D$	1200	[h]	roční doba provozu systému osvětlení s denním světlem (h), stanoví se podle tabulky 4.1
$t_N$	800	[h]	roční doba provozu systému osvětlení bez denního světla (h), stanoví se podle tabulky 4.1
$W_{L,PC,A}$	0	[kWh/rok]	roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládacích zařízení), uvažuje se 5 kWh.m <sup>-2</sup> rok <sup>-1</sup>
$W_{L,EM,A}$	0	[kWh/rok]	roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení, uvažuje se 1 kWh.m <sup>-2</sup> rok <sup>-1</sup>

$$W_{L,L} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)] = 296,986 \text{ kWh/rok}$$

$$W_{L,P} = W_{L,PC,A} \cdot A_f + W_{L,EM,A} \cdot A_f = 0 \text{ kWh/rok}$$

$W_L =$	$W_{L,L} + W_{L,P} =$	<b>296,99 kWh/rok</b> ....Roční spotřeba elektrické energie
---------	-----------------------	---

### B.4.7.2 Příprava teplé vody

Výpočtem stanovená denní potřeba energie (tepla) pro přípravu TV. Na základě počtu bytových jednotek a průměrném obsazení, jsem odborně odhadl počet obyvatel domu. Tabulková hodnota z TNI 73 0331 je násobena počtem obyvatel pro zjištění denní potřeby vody.

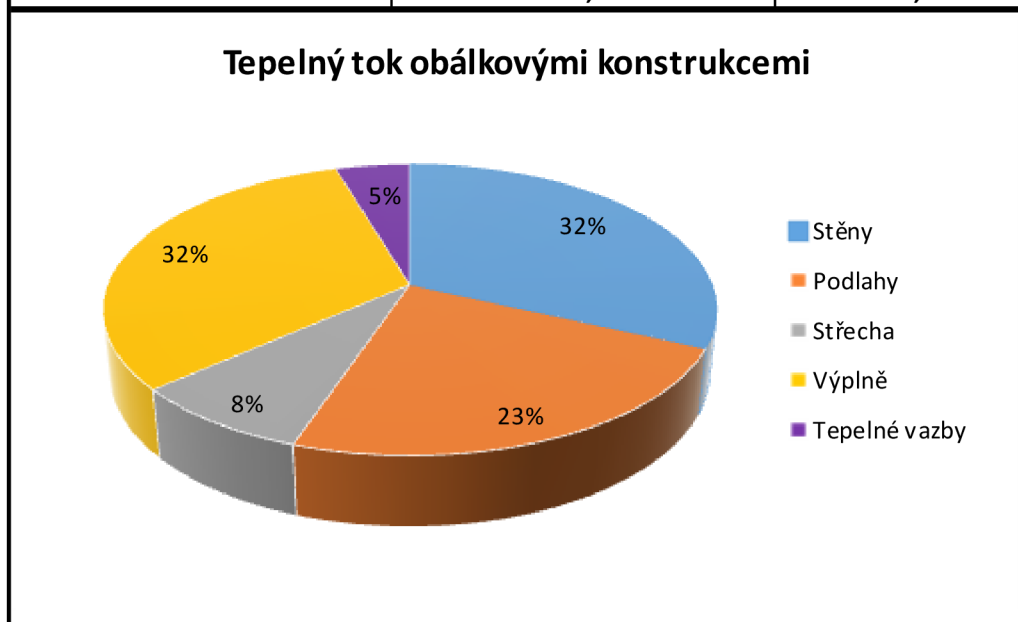
Počet obyvatel	45	os.	.....odhadem stanoveno
Potřeba vody:	45	l/os.den	.....tabulková hodnota TNI 73 0331
z	0,1		.....koeficient ztrát systému
$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>	.....hustota vody
c	4186	J/kg*K	.....měrná tepelná kapacita vody
$t_{TV}$	55	°C	.....teplota teplé vody
$t_{SV}$	10	°C	.....teplota studené vody
Potřeba vody $V_{TVden}$ :	2,025	m <sup>3</sup> /den	.....(počet obyvatel * potřeba vody) / 1000

$$Q_{p,TVden} = (1 + z) * \frac{V_{TVden} * \rho * c * (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 * 10^6} = 116,55 \text{ kWh.den}^{-1} \text{ .....denní potřeba tepla na přípravu TV}$$

### B.4.7.3 Vytápění

Potřebu energie (tepla) na vytápění  $Q_{nd}$  [kWh], vypočteme bilancováním tepelných ztrát a využitelnosti tepelných zisků s časovým krokem jednoho měsíce.

Tepelný tok konstrukcí - stávající stav		
Název konstrukce	Měrný tepelný tok [W/K]	Podíl [%]
Stěny	235,62	31,9
Podlaha	172,28	23,3
Střecha	61,42	8,3
Výplně	235,31	31,9
Tepelné vazby	34,02	4,6
<b>Celkem</b>	<b>738,65</b>	<b>100,0</b>



Graf 8 Tepelné ztráty BD prostupem tepla stávajícího stavu

Ve srovnání s původním stavem, jak ukazuje graf. 7 v kapitole B.3.4, vidíme jasně, že zateplením fasády došlo k rapidnímu snížení tepelné ztráty. Ke snížení tepelných ztrát došlo i u nové skladby střechy. Výměnou výplní otvorů došlo sice ke snížení tepelných ztrát, ale v celkovém poměru mají víc jak 30% podíl na celkové tepelné ztrátě.

### Tepelné ztráty prostupem $Q_T$ [kWh]

$H_T$	738,65	[W/K]	měrný tepelný tok prostupem obálkou
$\theta_{i,set}$	20	[°C]	požadovaná vnitřní teplota v otopném období
$\theta_e$	viz. tab	[°C]	teplota venkovního prostředí v daném časovém kroku
t	viz. tab	[h]	délka kroku výpočtu
$Q_T$	viz. tab	[kWh]	tepelné ztráty prostupem

$Q_T = H_T \cdot (\theta_{i,set} - \theta_{e,krok}) \cdot t$						
měsíc	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen
t	744	720	744	744	672	744
$\theta_e$	8,3	3,2	0,5	-1,3	-0,1	3,7
$Q_T$	<b>6429,8</b>	<b>8934,7</b>	<b>10716,3</b>	<b>11705,5</b>	<b>9977,1</b>	<b>8957,8</b>

### Měrný tepelný tok větráním $H_V$ [W/K] a tepelné ztráty větráním $Q_V$ [kWh]

$Q_V$	26877	[kWh]	celkové tepelné ztráty větráním v otopném období říjen - březen
$\theta_{i,set}$	20	[°C]	požadovaná vnitřní teplota v otopném období
$\theta_e$	viz. tab	[°C]	teplota venkovního prostředí v daném časovém kroku
$H_V$	350,00	[W/K]	měrný tepelný tok větráním
$V_a$	1050	[m <sup>3</sup> /h]	průměrný objemový tok větracího vzduchu
$V_{req}$	25	[m <sup>3</sup> /os.h]	potřeba čerstvého vzduchu na osobu za hodinu
occup	0,7	[-]	průměrná obsazenost, obytné budovy přibližně 0,7
$n_{os}$	60	[-]	počet obyvatel/uživatelů budovy
čas.podíl otevření	10	[min]	časový podíl k-tého prvku objemového toku vzduchu vypočtený jako část z počtu hodin za den (celý den - 1)
$f_{ve,t,k}$	0,00694	[-]	
$\zeta_a c_a$	1200	[J.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup> ]	objemová tepelná kapacita vzduchu
$b_{ve,k}$	1	[-]	teplotní korekční činitel pro k-tý objemový tok vzduchu

$$V_a = V_{a,d} = n_{os} \cdot v_{req} \cdot occup = 1050 \quad [\text{m}^3/\text{h}]$$

$$H_V = \zeta_a \cdot c_a \cdot V_a = 350,00 \quad [\text{W}/\text{K}]$$

$Q_V = H_V \cdot (\theta_{i,set} - \theta_e) \cdot t$						
měsíc	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen
t	744	720	744	744	672	744
$\theta_e$	8,3	3,2	0,5	-1,3	-0,1	3,7
$Q_V$ [kWh]	<b>3046,68</b>	<b>4233,60</b>	<b>5077,80</b>	<b>5546,52</b>	<b>4727,52</b>	<b>4244,52</b>

### Celková energetická bilance – stávající stav

Celková energetická bilance byla vypočtena při cenách za energii zemního plynu 1,50 Kč/kWh a 4,50 Kč/kWh za elektrickou energii. Dílčí dodané energie byly převzaty z výpočetního softwaru Energetika, ve kterém byly vypracovány i příložené průkazy ENB.

Tabulka 13 Potřebná energie pro provoz energetických systémů stávajícího stavu

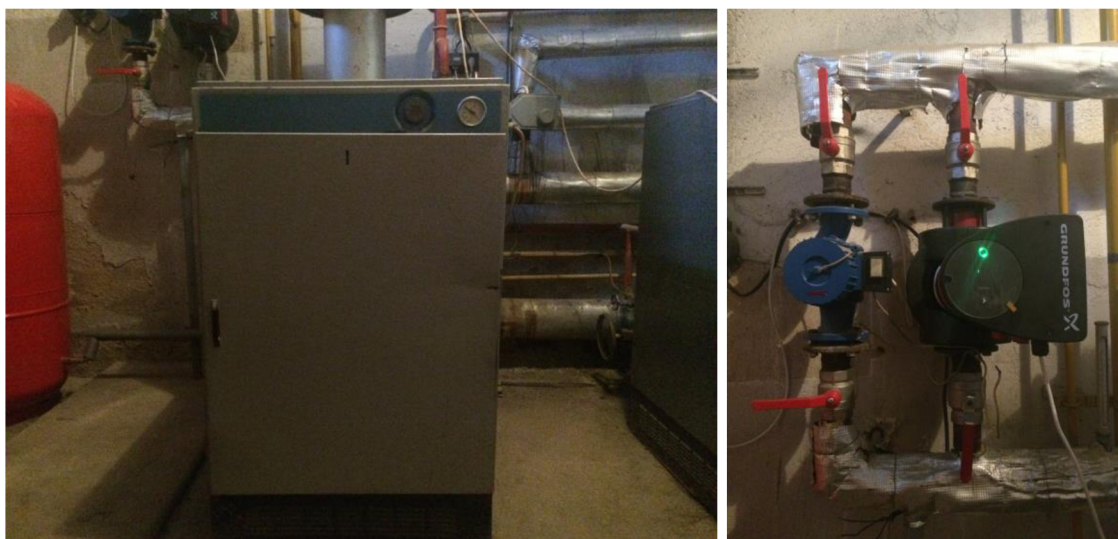
<b>Celková energetická bilance - stávající stav</b>		
<b>Ukazatel</b>	<b>Energie</b>	<b>Náklady</b>
	<b>[MWh/rok]</b>	<b>[tis. Kč]</b>
Dílčí dodaná energie za vytápění	128,09	192,135
Dílčí dodaná energie za chlazení	-	-
Dílčí dodaná energie za větrání	-	-
Dílčí dodaná energie za úpravu vlhkosti	-	-
Dílčí dodaná energie za přípravu TV	39,17	58,755
Dílčí dodaná energie za osvětlení	4,70	20,21
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>171,96</b>	<b>271,10</b>

#### **B.4.8 Technická zařízení budov stávajícího stavu (TZB)**

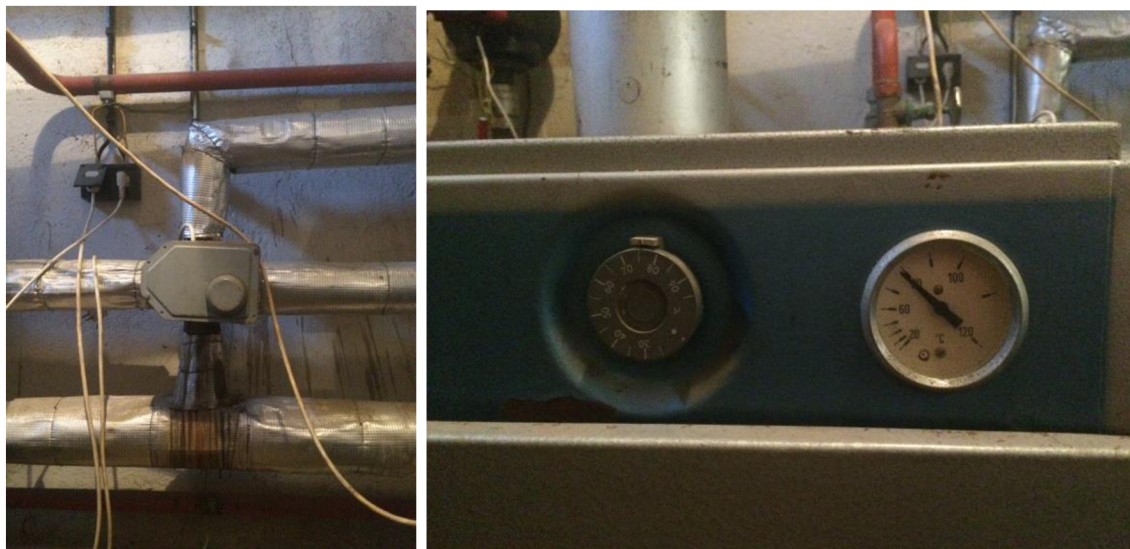
Na základě osobní prohlídky domovních prostorů a komunikaci se správcem domu, jsem byl schopen pořídit fotodokumentaci stávající kotelny a náležitých energetických systémů budovy. Za dobu fungování domu byly provedeny drobné změny oproti původnímu stavu. Asi před třemi roky bylo vyměněno oběhové čerpadlo Sigma za nové značky Grundfos s příkonem 252 W. Byla nainstalována nová expanzní nádoba, původní byla již ve špatném stavu.

##### **B.4.8.1 Zdroj tepelné energie**

Posuzovaný objekt je vytápěn pomocí domovní plynové kotelny. Kotelna je vybavena dvěma plynovými kotli typu ETI 60, každý o výkonu 60 kW. V provozu je pouze jeden, druhý slouží jako záložní. Kotle jsou z roku 1981. Směšování topné větve je pomocí čtyřcestného ventilu, řízeného regulátorem Komexterm. Teplotní spád topného media je 90/70 °C. Topné rozvody jsou umístěny pod stropem suterénu.



Obrázek 7 Zařízení kotelny; plynový kotel ETI a nové oběhové čerpadlo



Obrázek 8 Zařízení kotelny; čtyřcestný ventil, plynový kotel ETI

#### B.4.8.2 Otopný systém

Otopný systém je řešen jako dvoutrubkový s teplotním spádem 90/70 °C. Ležaté rozvody tepla, jako jsou vedeny pod stropem suterénu a přivedeny k jednotlivým stoupačkám. Použito je ocelové potrubí, nízkotlaké, svařované. Tepelná izolace je zajištěna čedičovou vlnou opatřenou ochranou Al folií na novějších rozvodech. Ostatní jsou opatřeny minerální vlnou nebo cementovým potěrem. Otopný systém byl vybudován společně s budovou, od té doby byly provedeny pouze drobné úpravy. Otopná tělesa v jednotlivých místnostech jsou většinou článková litinová 500/160, 500/110. V roce 2010 proběhla instalace TRH na všech konvektorech.



Obrázek 9 Konvektor v prádelně, ležaté rozvody v technickém podlaží

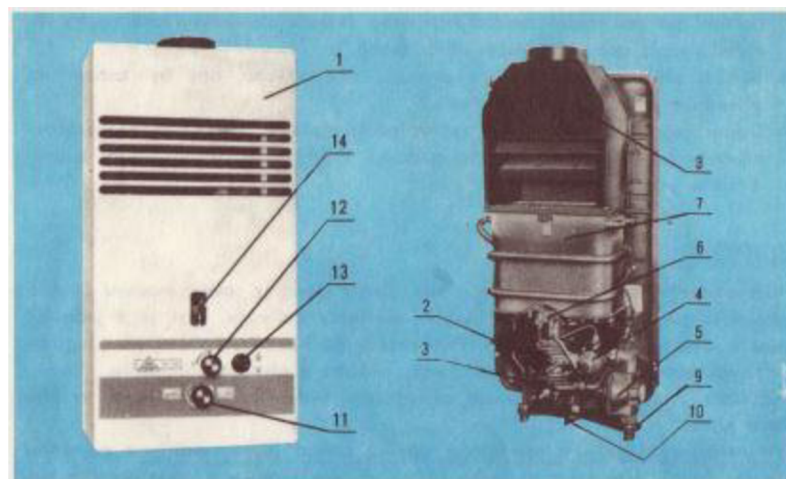




Obrázek 10 Detail ležatých rozvodů, izolace se nachází ve špatném stavu

### B.4.8.3 Příprava TV

Příprava teplé vody probíhá v plynových průtokových ohřivačích. Každý byt má svůj vlastní. Většinou se jedná o typ PO 370, nebo PO 35 o výkonu 15kW. Vyústění ohřivače je do komínového tělesa, vyvedeného nad střechu domu.



Obrázek 11 Průtokový ohřivač vody značky Mora [19]

### B.4.8.4 Větrání

Vzhledem ke stáří objektu je zde pouze přirozené větrání, zajištěné infiltrací otvorovými výplněmi. V kuchyni a koupelně se nachází ventilátor vyústěn nad střechu domu. Objekt nedisponuje vzduchotechnickou jednotkou. Není instalován systém zpětného získávání tepla.

### B.4.8.5 Elektroinstalace a osvětlení

Distribuce elektrické energie je dodávána do objektu dodavatelem E.ON, Energie a.s., České Budějovice. Rozvody elektrické energie pro společné prostory jsou převážně AYKY, AYKYL, nové rozvody jsou potom CYKY. Spotřeba elektrické energie pro společné prostory je měřena na fakturačních elektroměrech v rozvaděči. Pro měření spotřeby elektrické energie v jednotlivých bytech jsou osazeny samostatné jistící prvky společně s fakturačními elektroměry. Soustava se skládá z TN C 3x230/400 V + PEN, 50 Hz.



Obrázek 12 Elektroinstalace bytového domu a bytových jednotek

Osvětlení vnitřních prostorů je provedeno svítidly se žárovkovými a zářivkovými zdroji. Nouzové osvětlení není instalováno. Osvětlení je převážně původní. Oprava a výměna nefunkčních světelných zdrojů je prováděna individuálně. Ovládání světelných okruhů je řešeno použitím domovních spínačů. Nejsou instalovány pohybová ani soumraková čidla.

## B.5 Návrhová opatření

K dosažení energetických úspor je nutné zpracovat úsporné varianty. Varianty se skládají z jednotlivých opatření. Jak jsem již zmínil, v roce 2010 proběhly změny na objektu ve snaze snížit energetickou náročnost budovy. Byla vybrána varianta, která se skládala z vysoko nákladových opatření, a to **zateplením obálky budovy a výměnou původních výplní otvorů**. Byla provedena instalace TRV s TRH na zbylá otopná tělesa, toto opatření řadíme do nízkonákladového. Pro využití energetického potenciálu je třeba provést analýzu těchto opatření:

### **Beznákladová – organizační**

- Pravidelné odečty spotřeb tepla pro ÚT a TV a jejich evidenci
- Nepřetápění jednotlivých místností objektu
- Organizované a krátkodobé větrání prostorů
- U dlouhodobě nevyužívaných místností nastavit tlumené vytápění
- Úsporné využívání osvětlení, především v technickém podlaží a ve společných prostorech

### **Nízkonákladová**

- Instalace TRV s TRH na otopná tělesa
- Vyregulování otopného systému

## Vysoko nákladová

- Zateplení obvodového pláště
- Zateplení střechy
- Výměna výplní otvorů
- Zateplení podlahy na zemině
- Modernizace kotelny a rozvodů ÚT

Využiji zrealizovaných (stávajících) opatření k porovnání mnou navrhovaných. Jednotlivá opatření rozdělím na stavební a TZB. S cílem dozvědět se více o efektivnosti některých opatření, nebudou vždy vhodná a dobře realizovatelná. Záměrem byla především snaha o dosažení nízké energetické náročnosti budovy. Návrhové opatření nebudou mít žádný vliv na změnu užívání stavby a nezmění se ani referenční budova.

### B.5.1 Stavební opatření

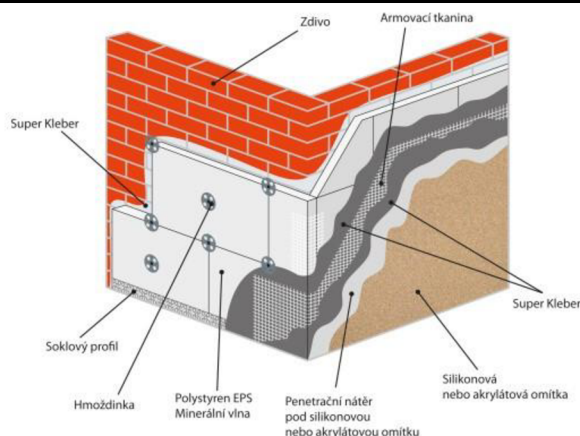
Podkapitola zabývající se opatřeními stavebního charakteru. Především neprůsvitnými obvodovými konstrukcemi, střechou a výplněmi otvorů.

#### B.5.1.1 Neprůsvitné obvodové konstrukce – opatření 1a, b, c

Stávající obvodové zdivo tvořeno cihlami metrického formátu tl. 365 mm a parapetní zdivo z děrovaných cihel tl. 290 mm bylo zatepleno systémem ETICS (z angl. External Thermal Insulation Composite System). Použit byl bílý polystyrén EPS tl. 140 mm se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,039$  [W/(m.K)]. Pro srovnání použijeme polystyrén s příměsí nanočástic grafitu, tzv. šedý polystyrén. Pro zajímavost také použijeme desky z fenolické pěny, kaširované šedým polystyrénem.

Tabulka 14 Srovnání tepelně technických vlastností izolačních materiálů

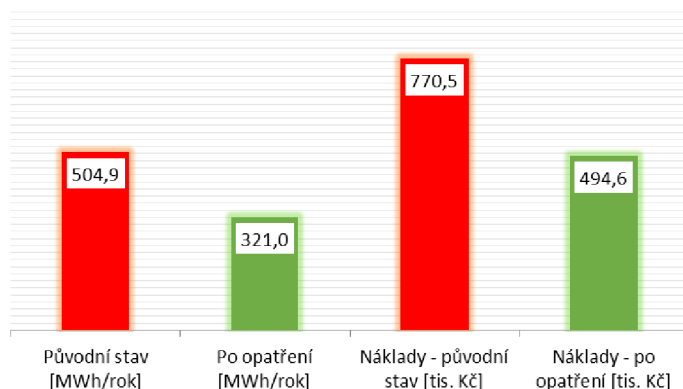
Srovnávací tabulka tepelně technických vlastností izolačních materiálů						
Materiál	d [m]	$\lambda$ [W/m.K]	c [J/kg.K]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\mu$ [-]	U [W/m <sup>2</sup> .K]
Pěnový polystyrén EPS	0,140	0,039	1270	30	50	0,28
Šedý pěnový polystyrén EPS	0,140	0,032	1270	25	50	0,23
Desky z fenolické pěny, kaširované šedým polystyrénem	0,140	0,022	1500	35	35	0,16



Obrázek 13 Schéma skladby ETICS

### **Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 1a**

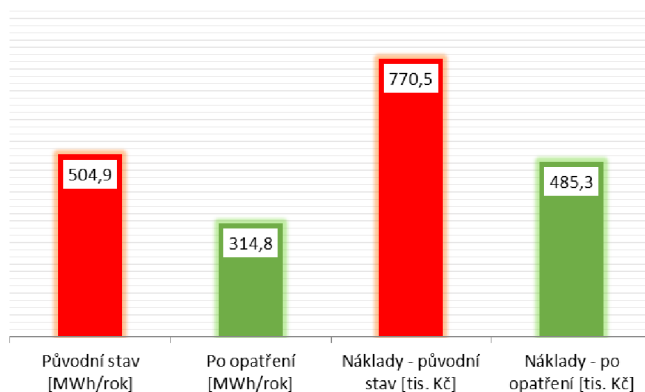
Zateplení fasády pěnovým polystyrénem EPS tl. 140mm, stávající stav.



Graf 9 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### **Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 1b**

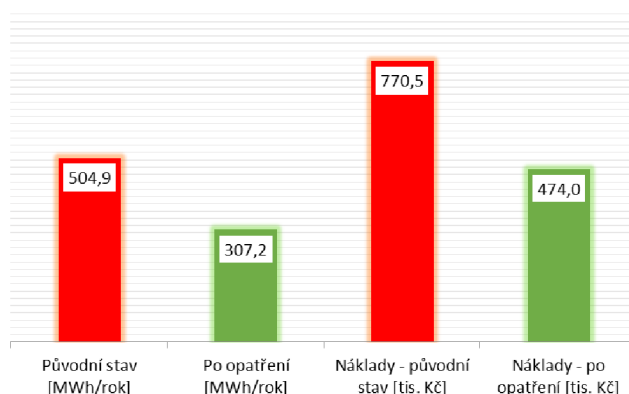
Zateplení fasády pomocí pěnového polystyrénu s příměsí nanočástic grafitu (šedý polystyrén) tl. 140 mm.



Graf 10 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### **Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 1c**

Zateplení fasády pomocí izolačních desek z fenolické pěny kaširované šedým polystyrénem tloušťky 140mm.



Graf 11 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### B.5.1.2 Stropy a podlahy

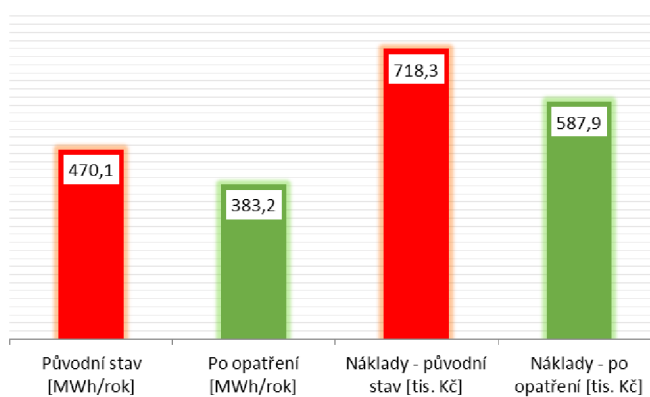
K zajištění podchodných výšek ve sklepních prostorech není technicky možné provést zateplení podlahy. Při osobní prohlídce nebyla zjištěna zvýšená vlhkost ani výskyt nebezpečných plísní. Drobné trhliny a praskliny v nášlapné vrstvě nemají vliv na tepelně izolační vlastnost podlahy. Zateplení ani výměna skladby podlahy se nedoporučují a nebudou se provádět.

### B.5.1.3 Střecha – opatření 2a, b

Stávající střešní skladbu nebylo možné přesně zjistit. Na základě výpovědi domovního správce byla odstraněna původní skladba až na stropní panel. Na ten byla uložena izolace, také z EPS se součinitelem teplotní vodivosti  $\lambda = 0,039$  [W/(m.K)]. Spádování bylo provedeno pomocí spádových klínů. Navrhovanou skladbu provedu ze šedého pěnového polystyrénu.

#### ***Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 2a***

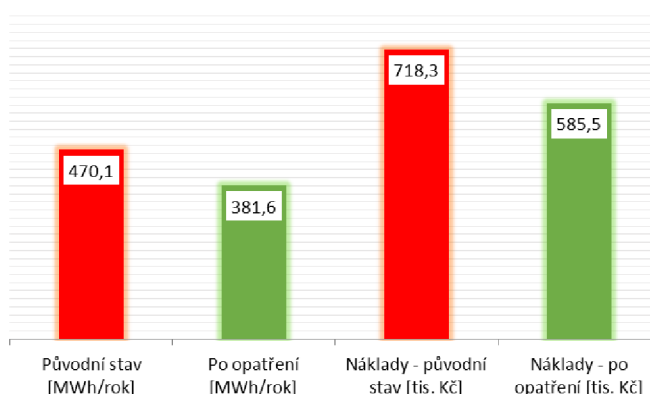
Zateplení střechy pomocí pěnového polystyrénu EPS min. tl. 300 mm. Stav stávající.



Graf 12 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

#### ***Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 2b***

Zateplení střechy pomocí pěnového polystyrénu s příměsí nanočástic grafitu min. tl. 300 mm.

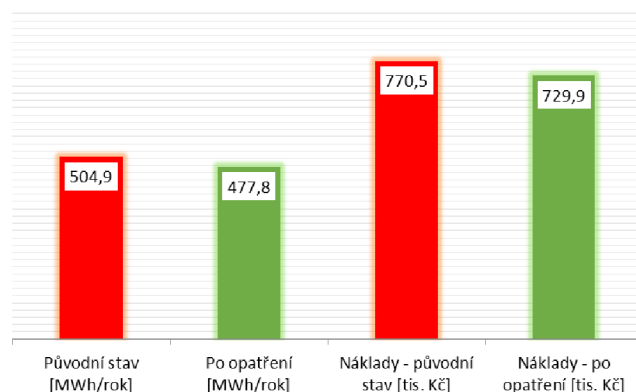


Graf 13 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### B.5.1.4 Výplně otvorů – opatření 3

Budova současně disponuje plastovými okny s izolačními dvojskly. V navrhovaném stavu okna ponechám beze změn. Pro zajímavost zhodnotím úsporu výměny zhruba poloviny oken z původního stavu na stávající. Toto opatření proběhlo při celkové rekonstrukci budovy.

#### Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 3



Graf 14 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

#### Komentář v oblasti stavebních opatření

Výměnou všech výplní se zlepší tepelné poměry v objektu. Zateplením dojde ke snížení spotřeby energie potřebné k vytápění objektu. Sníží se také zatížení otopného systému. Otopný systém je možné provozovat při menším teplotním spádu.

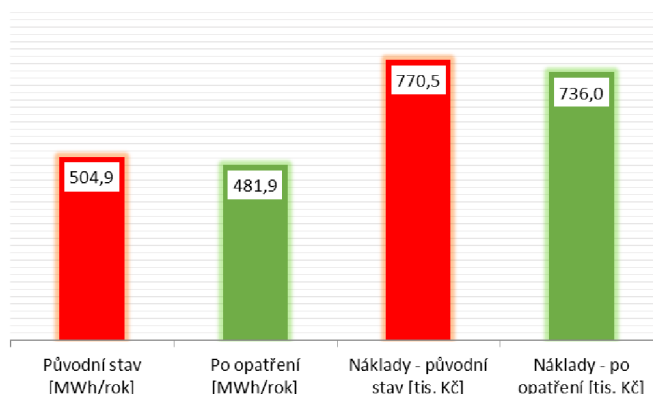
### B.5.2 TZB opatření

Podkapitola zabývající se opatřeními na úrovni technických systémů budovy. Jedná se o měření a regulace, zdroj tepla a osvětlení.

#### B.5.2.1 Měření a regulace – opatření 4

Ve stávajícím stavu jsou TRH nainstalovány již na všech otopných tělesech. Úspora energie na vytápění instalaci TRH na otopná tělesa je cca 5%.

#### Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 4

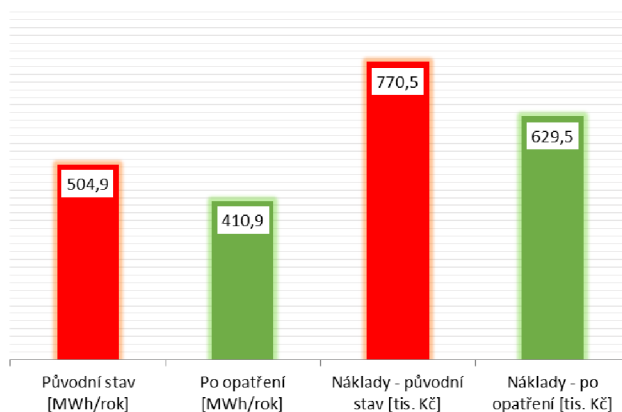


Graf 15 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### B.5.2.2 Výměna zdroje tepla – opatření 5

Zdroj tepla pro vytápění je původní z let 62-64. Podle správce domu je kotel v pořádku a funguje bez problémů. Přesto v navrhovaném opatření zvážíme jeho výměnu za moderní kondenzační.

#### *Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 5*

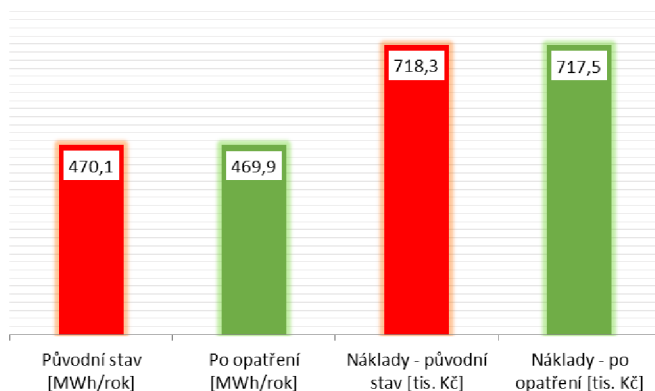


Graf 16 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

### B.5.2.3 Osvětlení – opatření 6

Modernizace osvětlení proběhne ve společných prostorech domu a v technickém podlaží. Stávající zářivkové a žárovkové zdroje se vymění za úsporné LED zdroje. Rovněž proběhne instalace čidel pro obsluhu osvětlení.

#### *Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Opatření 6*



Graf 17 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření

#### ***Komentář v oblasti TZB opatření***

Výměnou zdroje tepla dojde k zvýšení jeho provozní účinnosti. Otopný systém je možné provozovat s menším teplotním spádem. Efektivní přeměna vstupních paliv na tepelnou energii má příznivý účinek na životní prostředí. Možnost regulace otopných těles přispěje ke snížení spotřeby energie. Výměnou nevhodných žárovek a zářivek za úsporné LED sníží spotřebu elektrické energie. Instalace automatického ovládaní světel zamezí neuváženému užívání osvětlení.

### B.5.3 Ekonomické vyhodnocení variant z navrhovaných opatření

Souhrnná tabulka všech navrhovaných opatření. Uvažované ceny materiálu a technologií jsou orientační. Cena je součtem za provedenou práci a cenu materiálu vztažené k měrné jednotce [m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, ks, atd.]. Skutečné ceny jsou závislé na jednotlivých dodavatelích stavebních prací a materiálů. Prostá doba návratnosti investice T<sub>s</sub> je vypočítána jako podíl investice k celkové úspoře.

Tabulka 15 Souhrn úsporných opatření a investičních nákladů

Ekonomická bilance jednotlivých opatření						
Název opatření	m.j.	Kč/m.j.	Investice [tis. Kč]	Úspora [MWh]	Úspora [tis. Kč]	T <sub>s</sub> [roky]
Zateplení fasády B-EPS	867,4	1343	1164,9	183,94	275,91	4,2
Zateplení fasády Š-EPS	867,4	1375	1192,7	190,14	285,21	4,2
Zateplení fasády D-FP	867,4	2550	2211,9	197,71	296,57	7,5
Zateplení střechy B-EPS	438,7	3243	1422,7	121,75	182,63	7,8
Zateplení střechy Š-EPS	438,7	3275	1436,7	123,36	185,04	7,8
Výměna oken dvojsklo	108,5	4500	488,3	27,11	40,67	12,0
Výměna zdroje tepla	1	140000	140,0	94,01	141,02	1,0
TRH	82	500	41,0	23,02	34,54	1,2
Osvětlení	1	6700	6,7	0,17	0,82	8,2

Pozn. B-EPS (bílý EPS), Š-EPS (šedý EPS), D-FP (desky z fenolické pěny), TRH (termoregulační hlavice), T<sub>s</sub> (prostá doba návratnosti)

### B.5.4 Návrh úsporných variant

Jednotlivá úsporná opatření se týkají úspor energií v objektu – Bytový dům Sadová 567, Modřice 664 42 a jsou v oblastech stavebních a TZB. Úspory jsou počítány z vypočtených hodnot pomocí výpočetního softwaru Energetika. Varianty jsou navrženy tak aby po realizaci bytový dům splňoval energetickou náročnost budovy EP [MWh/rok]. Třída energetické náročnosti odpovídá požadované hodnotě C – vyhovující.

#### B.5.4.1 Varianta I

První úsporná varianta bude kombinovat jednotlivá opatření, tak aby odpovídala stávajícímu stavu. Kombinované opatření jsou:

- Opatření 1a – zateplení fasády EPS tl. 140 mm
- Opatření 2a – zateplení střechy EPS min. tl. 300 mm
- Opatření 3 – výměna zbývajících původních výplní otvorů
- Opatření 4 – regulace otopného systému a instalace TRH

Tabulka 16 Celková energetická bilance - Varianta I

Celková energetická bilance	Původní stav		Stávající stav - Varianta I	
	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis. Kč/rok]	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis. Kč/rok]
Dílčí dodaná energie za vytápění	461,04	691,56	128,09	192,135
Dílčí dodaná energie za chlazení	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za větrání	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za úpravu vlhkosti	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za přípravu TV	39,17	58,76	39,17	58,755
Dílčí dodaná energie za osvětlení	4,70	20,21	4,70	20,21
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>504,91</b>	<b>770,53</b>	<b>171,96</b>	<b>271,10</b>



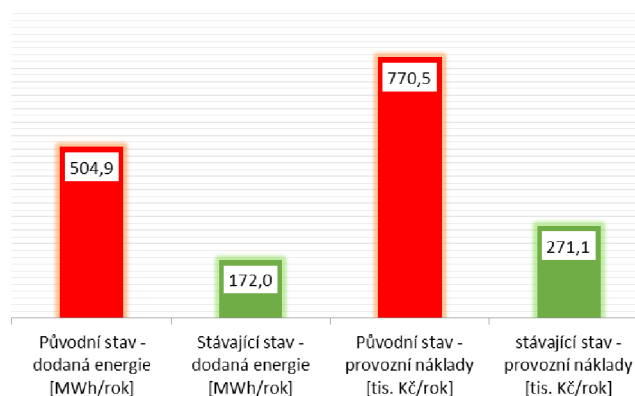
## Vyhodnocení Varianty I

Stávající stav, který byl realizován roku 2010, ušetří 332 MWh/rok celkové dodané energie a tím se sníží náklady na provoz budovy o 499 tis. Kč za rok při cenách 1,50 Kč/kWh za plyn a 4,30 Kč/kWh za elektrickou energii. Na fotografii níže dokládám skutečné provozní náklady na dům. Jedná se vyúčtování služeb od 01. 2015 do 12. 2015 poskytnuté nájemníkem domu. Investice projektu činila cca 3 150 000 Kč.

Tabulka 17 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty I

Energetická náročnost budovy EP [MWh/rok]	172,0
Třída energetické náročnosti	C
Slovní vyjádření třídy energetické náročnosti budovy	Úsporná
Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu [kWh/(m <sup>2</sup> .rok)]	98,0

## Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Varianta I



Graf 18 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty

## Fakturace služeb – skutečné provozní náklady

DRUŽBA, stavební bytové družstvo, Kapucinské nám. 6, 656 57 Brno

Kód bytu: 811, byt 003, Sadová 567/567, 664 42, Modřice V Brně: 07.04.2016  
Společenství vlastníků jednotek Sadová 567

Dr. Vlastimil Kročil 1/1 Pan, paní  
Dr. Kročil Vlastimil  
Podhájek 3  
391 81 Veselí nad Lužnicí

Věc: Vyúčtování služeb od 01.2015 do 12.2015,  
provedeno dle vyhl. 372/2001 Sb., Zákon 67/2013 a OS 1/2014 správy družstva, vč. započtení pohledávek.

Vyúčtování na dům – celkové náklady:

Služba	Vyúčtováno dle	Náklady na dům v Kč celkem	Celkem MJ dům	Cena / MJ
Teplá - dodavatelský	D	184339,77	0,00	0,00
Teplá - vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%	D	0,00	0,00	0,00
Dodavatelský SS 70%	D	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%	D	0,00	0,00	0,00
Vlastní SS 70%	D	0,00	0,00	0,00
Vodné pro TUV	D	0,00	0,00	0,00
Vodné	D	102982,01	1383,06	74,46
Úklid - dodavatelský	D	0,00	0,00	0,00
Úklid - vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Společ. elektr.	D	6463,04	421,00	15,35
Výťah	D	0,00	0,00	0,00
Komin.	D	0,00	0,00	0,00
Plyn	D	0,00	0,00	0,00
Ostatní služby	D	0,00	0,00	0,00

Odečtená spotřeba měřičů za dům za SV: 1210,00 m<sup>3</sup>, za TV: 0,00 m<sup>3</sup>  
Vyúčtování na byt / garáž / nebyt:

Obrazek 14 Vyúčtování služeb bytového domu Sadová 567

### B.5.4.2 Varianta II

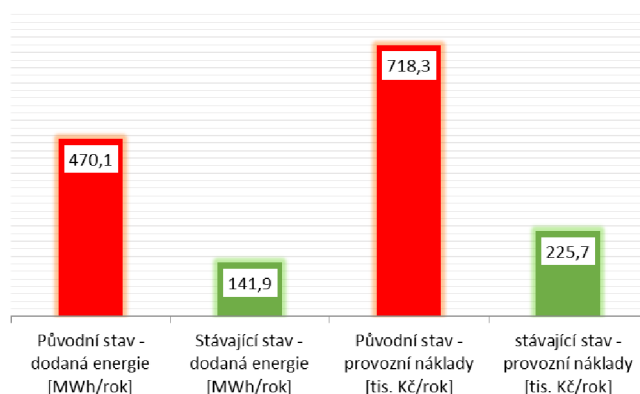
Druhá úsporná varianta obsahuje kombinaci opatření, které nelze realizovat. Dům je již po rekonstrukci. Následná varianta poslouží jenom demonstrativně ke srovnání mých navrhovaných opatření. Jedná se především o tyto opatření:

- Opatření 1b – zateplení fasády šedým EPS tl. 140 mm
- Opatření 2a – zateplení střechy EPS min. tl. 300 mm
- Opatření 3 – výměna zbývajících původních výplní otvorů
- Opatření 4 – regulace otopného systému a instalace TRH
- Opatření 5 – výměna zdroje tepla
- Opatření 6 – modernizace osvětlení

Tabulka 18 Celková energetická bilance - Varianta II

Celková energetická bilance	Původní stav		Stávající stav - Varianta II	
	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis. Kč/rok]	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis. Kč/rok]
Dílčí dodaná energie za vytápění	461,04	691,56	98,20	147,3
Dílčí dodaná energie za chlazení	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za větrání	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za úpravu vlhkosti	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za přípravu TV	39,17	58,76	39,17	58,755
Dílčí dodaná energie za osvětlení	4,70	20,21	4,56	19,61
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>504,91</b>	<b>770,53</b>	<b>141,93</b>	<b>225,66</b>

### Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Varianta II



Graf 19 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty

### Vyhodnocení Varianty II

Modernizací kotelny, použitím izolačních materiálů pro zateplení fasády a střechy s nižším součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,032$  [W/(m.K)] a instalováním úsporného osvětlení, snížíme teoreticky dodanou energii o 14% oproti stávajícímu stavu.

Tabulka 19 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty

Energetická náročnost budovy EP [MWh/rok]	141,9
Třída energetické náročnosti	B
Slovní vyjádření třídy energetické náročnosti budovy	Velmi úsporná
Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu [kWh/(m <sup>2</sup> .rok)]	80,9

### B.5.4.3 Varianta III

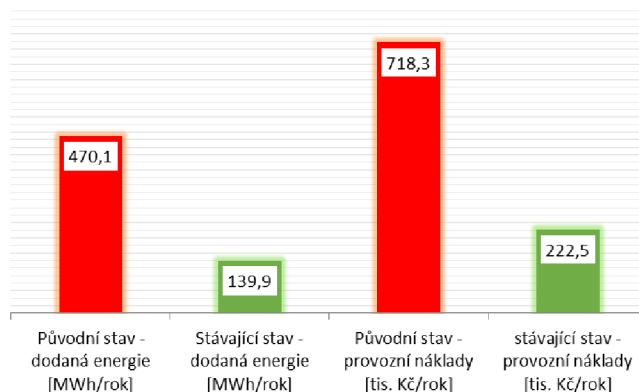
Třetí varianta, stejně jako druhá slouží pouze k porovnání možných energetických úspor. K zateplení fasády se použijí izolační desky z fenolické pěny. Disponují velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,022$  [W/(m.K)].

- Opatření 1c – zateplení fasády izolačními deskami z fenolické pěny tl. 140 mm
- Opatření 2b – zateplení střechy šedým EPS min. tl. 300 mm
- Opatření 3 – výměna zbývajících původních výplní otvorů
- Opatření 4 – regulace otopného systému a instalace TRH
- Opatření 5 – výměna zdroje tepla
- Opatření 6 – modernizace osvětlení

Tabulka 20 Celková energetická bilance po realizaci úsporné

Celková energetická bilance	Původní stav		Stávající stav - Varianta III	
	Ukazatel	Energie [MWh/rok]	Náklady [tis. Kč/rok]	Energie [MWh/rok]
Dílčí dodaná energie za vytápění	461,04	691,56	96,12	144,18
Dílčí dodaná energie za chlazení	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za větrání	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za úpravu vlhkosti	-	-	-	-
Dílčí dodaná energie za přípravu TV	39,17	58,76	39,17	58,755
Dílčí dodaná energie za osvětlení	4,70	20,21	4,56	19,61
<b>Celková dodaná energie</b>	<b>504,91</b>	<b>770,53</b>	<b>139,85</b>	<b>222,54</b>

### Graf vlivu opatření na úsporu před a po realizaci – Varianta III



Graf 20 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty

### Vyhodnocení Varianty III

Oproti variantě II je k zateplení fasády použitý materiál s lepšími izolačními vlastnostmi až o 24%. Snížila se potřebná energie pro vytápění v důsledku zlepšení kvality obálky budovy.

Tabulka 21 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty

Energetická náročnost budovy EP [MWh/rok]	139,9
Třída energetické náročnosti	B
Slovní vyjádření třídy energetické náročnosti budovy	Velmi úsporná
Měrná spotřeba energie na celkovou podlahovou plochu [kWh/(m <sup>2</sup> .rok)]	79,7

#### B.5.4.4 Varianta IV

Varianta IV se zabývá beznákladovým opatřením, viz. B.4 Návrhová opatření. Úsporu nákladů nelze stanovit výpočtem. Jedná se o opatření závislé na lidském faktoru. Při důsledném uplatňování úsporného chování a včasném odstraňování závad a poruch zejména na otopné soustavě, lze odhadovat úspory do výše 3% z celkových ročních nákladů. Ekonomické přínosy nebyly tedy vyčísleny. Jedná se o stav, který lze provozovat bez investičních nákladů.

#### B.5.5 Optimální výběr navržených variant

K optimálnímu výběru varianty pro snížení energetické náročnosti budovy je také nutné porovnat jejich ekonomickou efektivnost. Důležitým kritériem je doba návratnosti. Čím kratší je doba návratu investice, tím lepší je efektivnost investování. Musí však být kratší než je doba životnosti navrhovaného opatření.

##### *Ekonomické hodnocení*

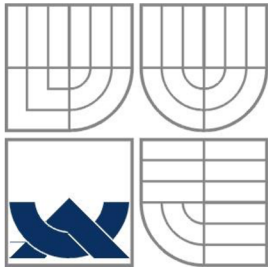
Pro ekonomické hodnocení zjistíme průměrnou hodnotu inflace. Tento údaj můžeme vyhledat na webových stránkách českého statistického úřadu. Hodnota odpovídá 1,7% v roce 2010. Nominální úroková míra je závislá na dané situaci v ekonomickém dění země. Ta ovlivňuje reálnou úrokovou míru, kterou nám může poskytnout bankovní sféra. Pokud se čistá současná hodnota nachází v kladných hodnotách, tedy  $NPV > 0$ , jedná se o ziskovou investici. V navrhovaných variantách je tedy zřejmé, že se jedná o ziskovou investici. Pro stanovení nejvýhodnější záměr nám pomůže koeficient čisté současné hodnoty NPVQ. Je dán jako poměr mezi NPV a investicí. Vyšší hodnota udává vyšší ziskovost.

Tabulka 22 Ekonomické hodnocení navržených úsporných variant

Ekonomická návratnost jednotlivých variant								
Vstupní údaje	Původní stav		Stávající stav		Varianta II		Varianta III	
Spotřeba energie stávající(plyn):	500,21	MWh/rok	167,26	MWh/rok	137,37	MWh/rok	135,29	MWh/rok
Spotřeba energie stávající(elektřina):	4,70	MWh/rok	4,70	MWh/rok	4,56	MWh/rok	4,56	MWh/rok
Cena energie(plyn):	1,50	Kč/kWh	1,50	Kč/kWh	1,50	Kč/kWh	1,50	Kč/kWh
Cena energie(elektřina):	4,30	Kč/kWh	4,30	Kč/kWh	4,30	Kč/kWh	4,30	Kč/kWh
Inflace:	1,7	%	1,7	%	1,7	%	1,7	%
Nominální úroková míra:	3,0	%	3,0	%	3,0	%	3,0	%
Realná úroková míra:	1,3	%	1,3	%	1,3	%	1,3	%

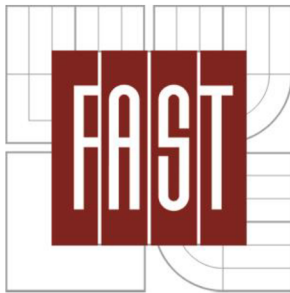
  

Ekonomická návratnost jednotlivých variant				
Parametr	Jednotka	Stávající stav	Varianta II	Varianta III
<b>Investiční výdaje projektu</b>	[Kč]	<b>3 122 300</b>	<b>3 305 368</b>	<b>4 324 563</b>
Změna nákladu na energie	[Kč]	499425	544866	547986
<b>Přínosy projektu celkem</b>	[Kč]	<b>499425</b>	<b>544866</b>	<b>547986</b>
Doba hodnocení	[rok]	20	20	20
Roční růst cen energie	[%]	3,00	3,00	3,00
Diskont	[%]	4,00	4,00	4,00
<b>Ts - prostá doba návratnosti</b>	[roky]	<b>6,3</b>	<b>6,1</b>	<b>7,9</b>
NPV - čistá současná hodnota	tis.Kč	5 642 533	6 256 953	5 292 514
<b>NPVQ - koeficient čisté současné hodnoty:</b>	[-]	<b>1,81</b>	<b>1,89</b>	<b>1,22</b>



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**

**ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## **C. PROJEKTOVÁ ČÁST**

## **C.1 Analýza průkazu energetické náročnosti budovy**

Předmětem analýzy průkazu energetické náročnosti budovy je bytový dům v Modřicích. Objekt se nachází se na ulici Sadová 567. Dům je ve vlastnictví SVJ sadová 567.

V následující kapitole se pokusím nastínit varianty řešení některých vstupních parametrů výpočtu, tedy jak se výpočet chová při různých vstupních hodnotách. K jednotlivým variantám řešení uvedu pouze grafickou část PENB a stručně okomentuji důvod jejich rozdílných výsledků. Samotné protokoly PENB příkládám v přílohách.

Průkaz bude zpracován pro stav domu před rekonstrukcí, jako ověření původních energetických toků budovy. Budou navrženy opatření odpovídající skutečnému (současnému) stavu budovy, pro účely experimentálního ověření stavu.

### **C.1.1 Účel zpracování PENB**

Průkaz energetické náročnosti budovy je zpracován v souladu se zákonem č. 406/2000 Sb. v pozdějších zněních, o hospodaření energií, vyhláškou MPO č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov.

Průkaz bude zpracován pro účely státní závěrečné zkoušky.

### **C.1.2 Podklady pro zpracování PENB**

Jako výchozí podklady pro zpracování PENB byly využity následující dokumenty:

- Projektová dokumentace – „Regenerace bytového domu Sadová 567“ na parcele 801/6 k. ú. Modřice; zpracoval Ing. Miroslav Hrabovský, stavebně projekční kancelář, Rybnická 94, 634 00 Brno, IČ 44 07 57 07, Autorizační osvědčení č. 4349, obor pozemní stavby č. 1001360; duben 2010
- Ověření skutečného stavu budovy, která je předmětem PENB, formou osobní prohlídky
- Tepelně technické údaje v PENB byly vypočteny na základě osobní prohlídky objektu a využitím platných zákonů, předpisů, vyhlášek, vládních nařízení a technických norem týkající se spotřeba energie

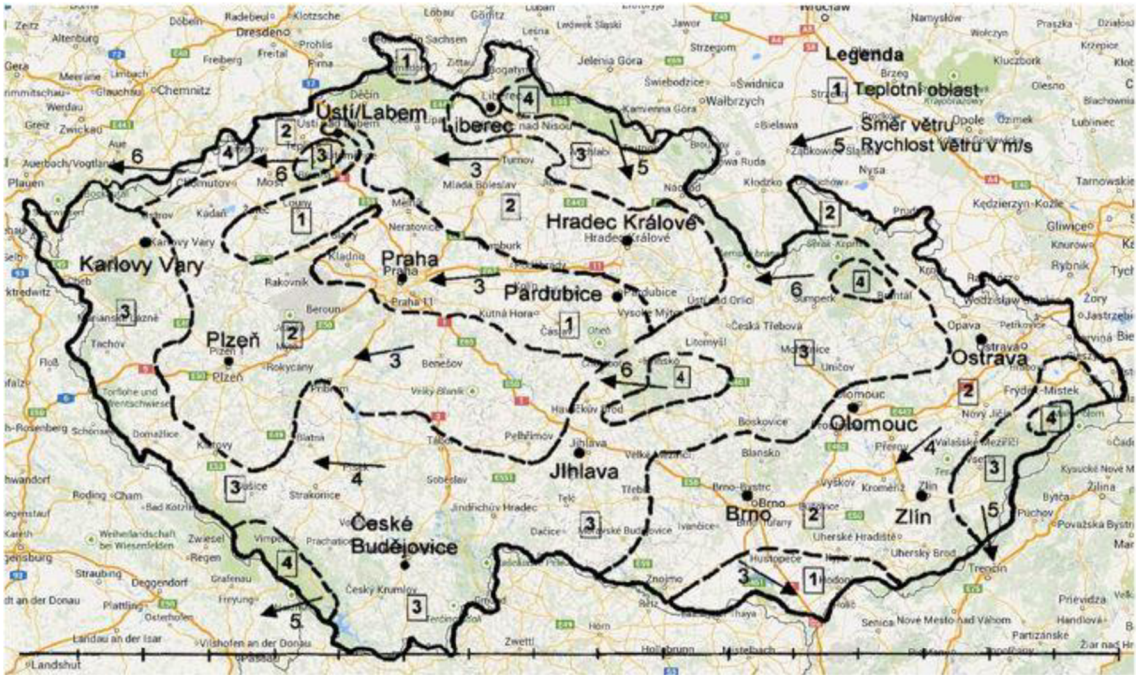
### **C.1.3 Parametry ovlivňující hodnocení budov**

Tepelně technické parametry stávajících konstrukcí jsou stanoveny na základě odhadu jejich konstrukčního řešení, které byly získány z neúplné projektové dokumentace původního stavu a z osobní prohlídky stavby.

#### **C.1.3.1 Klimatická oblast a lokalita**

Klimatická oblast a lokalita vstupuje do výpočtu ENB. Jedná se o základní údaj, který určuje jakým klimatickým podmínkám je objekt vystaven. Ke světovým měřítkům je území České republiky malé a proto pro zatřídění objektu do klimatické oblasti není určující jeho zeměpisná šířka a délka tak jako jeho nadmořská výška. ČSN 73 0540 roztřídila ČR do schématické mapy na 4 klimatické oblasti na základě jejich nadmořské výšky. Podle toho jsou odvozeny jejich extrémní venkovní teploty.

## Klimatické oblasti v místě budovy dle ČSN 73 0540 – 3 přílohy H

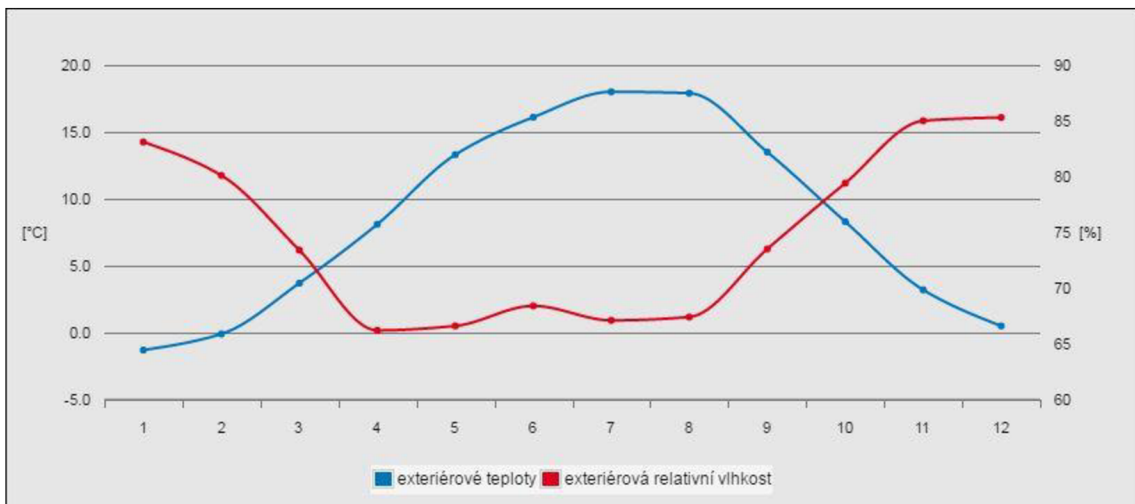


Obrázek 15 Schématická mapa klimatických oblastí ČR podle přílohy H [20]

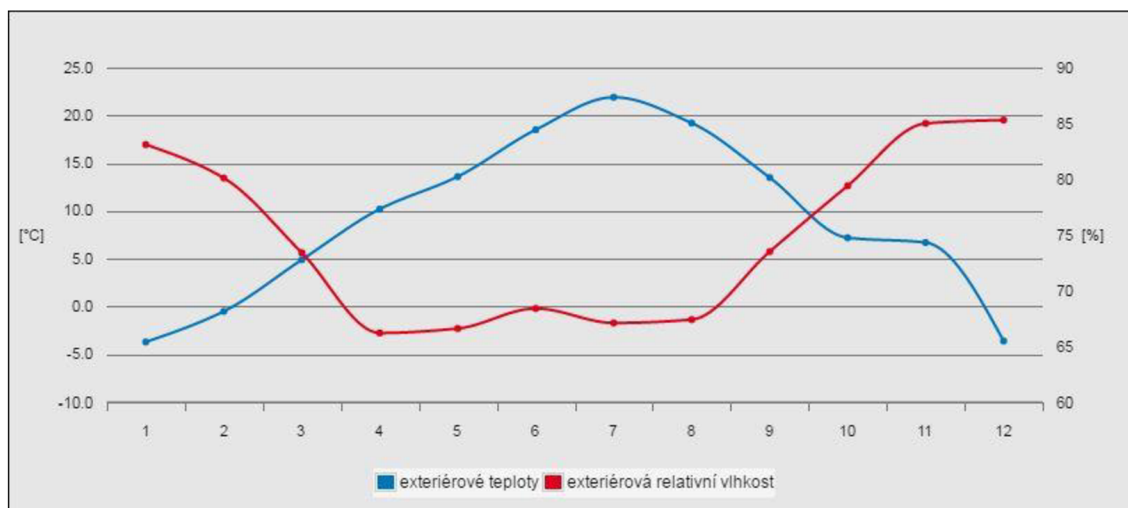
Pokud zařídíme posuzovaný objekt dle ČSN 73 0540 – 3 přílohy H, bude se nacházet v klimatické oblasti 2. Vnější zimní extrémní návrhová teplota bude  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Tato volba ovlivní výpočet **průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy**.

### Okrajové podmínky klimatické lokality

Okrajové podmínky klimatické oblasti ovlivňují výpočet **potřeby energie na vytápění**. Stanovení množství tepla potřebného na vytápění je vázáno k průměrným teplotám. Zde nám vstupuje možnost výběru. První možnost je technická normalizační informace 73 0331, která vymezuje průměrné měsíční teploty pro celou ČR. Druhou možností jsou staniční data Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Na grafech zjistíme rozdíly v hodnotách.



Graf 21 Průměrné měsíční teploty podle TNI 73 0331 [21]



Graf 22 Průměrné měsíční teploty podle ČHMÚ [22]

### Vliv na potřebu energie pro vytápění

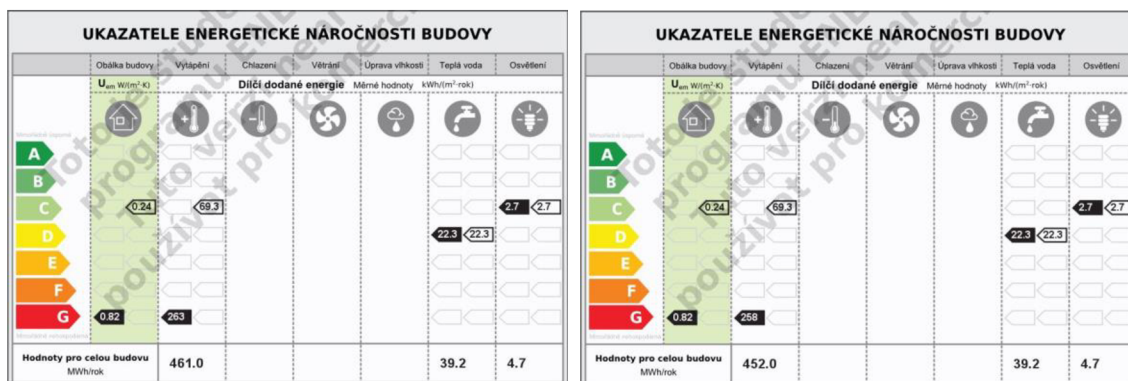
V první metodě použijeme pro výpočet ENB okrajové podmínky stanovené TNI 73 0331. Po druhé použijeme staniční data stanovené ČHMÚ pro Brno Tuřany. Městská část leží na jih od Brna, stejně jako Modřice, kde se nachází náš objekt. Můžeme tedy předpokládat, že průměrné teploty v jednotlivých měsících se neliší. Energie potřebná pro ohřev TV a osvětlení se nemění. Množství potřebné vody na provoz nemá vliv na klimatickou oblast.

Tabulka 23 Vliv vstupních klimatických dat na potřebu energie na vytápění

Analýza změny potřeby energie na vytápění		
Výběr klimadat	TNI 73 0331	ČHMÚ
Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]	461,04	452,17
Náklady na vytápění [tis. Kč/rok]	691,56	678,26
<b>Rozdíl nákladů na vytápění</b>	<b>13 305 Kč/rok</b>	

### Komentář k vyhodnocení

Rozdílné průměrné měsíční venkovní teploty obou variant, měly za příčinu změnu dodané energie na vytápění. Tím i dopad na změnu nákladů pro provoz toho systému. V našem případě to dělá rozdíl 13 tisíc Kč za rok. Zatímco TNI počítá s průměrnými hodnotami pro ČR, ČHMÚ udává adekvátní teploty pro danou lokalitu. Problém s použitím dat z ČHMÚ může nastat při neuvedením hodnot teplot daného roku, kdy je objekt předmětem hodnocení.

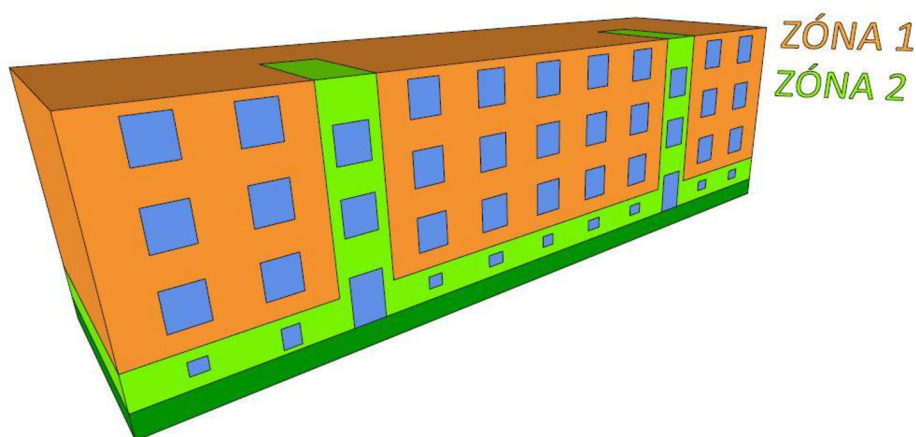


Obrázek 16 Porovnání ukazatelů ENB; použity měsíční teploty podle TNI 73 0331 (vlevo), staniční teploty podle ČHMÚ (vpravo)



### C.1.3.2 Zónování objektu

Správné zónování objektu na jednotlivé ucelené části hraje důležitou roli ke korektním výsledkům ENB. Význam pro tvorbu zón je oddělit části objektu tak, aby vyhovovali jednotlivým provozům. V téhle kapitole provedu analýzu, jaký dopad má právě zónování na výsledné hodnoty. Objekt bude řešen dvou zónově, varianta A, zájmem je oddělit bytovou část od společných prostorů. Důvodem je odlišnost vnitřních mikroklimatických podmínek jednotlivých provozů. Uvažujeme vnitřní požadovanou teplotu  $\theta_{\text{int,H,set}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro obytné prostory a  $\theta_{\text{int,H,set}} = 16\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro společné prostory. Ve variantě B bude objekt řešen pouze jedno zónově a požadovaná teplota v režimu vytápění  $\theta_{\text{int,H,set}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro celý dům.



Obrázek 17 Grafická ukázka zónování objektu

Tabulka 24 Vliv zónování na potřebu energie pro systémy budovy

Dopad zónování objektu na potřeby energie pro provoz systému		
Varianta	A - 2 zóny	B - 1 zóna
Potřeba energie na vytápění [MWh/rok]	461,04	465,02
Potřeba energie na přípravu TV [MWh/rok]	39,17	39,17
Potřeba energie na osvětlení [MWh/rok]	4,70	7,07
Celkem [MWh/rok]	504,91	511,26
<b>Rozdíl celkové dodané energie</b>	<b>6,35 MWh/rok</b>	

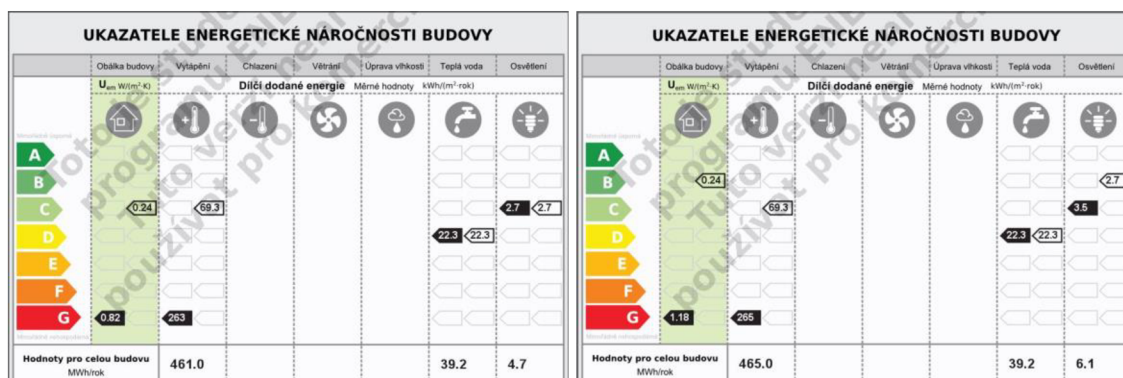
#### **Komentář k vyhodnocení**

Při uvážlivém a odůvodněném zónování objektu, můžeme docílit úspornějších hodnot. V našem případě jsme opět dospěli ke snížení potřeby energie na vytápění. Rozdíl hodnot není nijak markantní, důvodem jsou malé rozměry společných prostorů. Vezmeme-li však v úvahu objekty s obrovskými společnými prostory, které se v režimu vytápění temperují, můžeme se dobrat k zajímavým hodnotám.

Potřeba energie pro přípravu TV zůstává stejná. Stanovení množství vody pro přípravu je definováno na základě počtu bytů a jejich podlahové plochy. Potřeba TV na měrnou jednotku je zohledněna v typu provozu.

Viditelná změna se odehrála v potřebě energie na osvětlení. Chová se tak, z důvodu změny intenzity přístupu denního světla do zóny. Do výpočtu také vstupuje instalovaný příkon svítidel.

Ve dvou zónovém objektu jsme mohli počítat s odlišnými hodnotami pro každou ze zón, v jednom zónovém objektu tomu tak již není. Podobně jako u vytápění při úvaze větší prostorů by se hodnoty mohli velmi lišit.



Obrázek 18 Porovnání ukazatelů ENB; dvou zónové řešení (vlevo), jedno zónové řešení (vpravo)

### C.1.3.3 Vstupní a výstupní teplota vody

Při stanovování potřeby energie pro ohřev teplé vody vycházíme množství vody potřebného pro režim provozu, počtu provozních dní a teploty vstupní a výstupní vody. Definováním typu provozu objektu (RD, BD, škola, hotel, atd.) můžeme stanovit potřebu TV dle ČSN EN 15 316-3-1. Norma nám poskytne potřebu TV na měrnou jednotku. Pokud přímo známe potřebnou hodnotu, použijeme vlastní. Počet provozních dní je u bytového domu stejně jako u rodinného domu uvažován 365 dní v roce, úvaha je v pořádku. Průměrná roční teplota studené vody  $\theta_{W,sup}$  [°C] je závislá na jejím zdroji. Voda čerpána ze studny, vodovodního řádu apod. Obvyklé hodnoty se pohybují v mezích 5 – 10 [°C]. Skutečná teplota se v obvyklých případech zjišťuje obtížně. Výstupní teplota se v praxi rozlišuje u výstupu ze zásobníku nebo průtokového ohříváče a teplota vystupující z výtokové armatury. Delší rozvody mohou disponovat tepelnými ztrátami, proto teploty nemusí být shodné. Z hlediska návrhu teplot na výstupu se zabývájí například ČSN EN 806 1 – 5 Vnitřní vodovod pro rozvod vody určené k lidské potřebě, vyhláška MPO ČR č. 194/2007 Sb. Dle této vyhlášky je teplota na výtoku z armatury vyhovující v rozsahu 45 – 60 [°C]. Pro demonstraci posoudíme, jaký vliv bude mít teplota na potřebu energie pro ohřev TV, při vstupní teplotě vody 5 °C a výstupní 60 °C. A kolik potřebujeme energie při teplotách vstupní 10 °C a výstupní 55 °C.

Tabulka 25 Změna potřeby energie pro přípravu teplé vody vlivem teploty vstupní a výstupní vody

Analýza změny vstupní a výstupní vody na přípravu TV		
Teplota vstupní a výstupní vody [°C]	10 - 55	5 - 60
Dodaná energie na přípravu TV [MWh/rok]	39,17	47,16
Náklady na ohřev TV [tis. Kč/rok]	58,76	70,74
<b>Rozdíl nákladů na ohřev TV</b>	<b>11 990 Kč/rok</b>	

### Komentář k vyhodnocení

Navýšením rozdílu teplot mezi vstupní a výstupní vodou vedlo k zvýšení potřeby energie. Teplotu vstupní vody ovlivňuje mnoho aspektu, a ne vždy je lze snadno ovlivnit. Za zvážení stojí teplota vody při výstupu z výtokové armatury. Pro komfortní užívání a splnění hygienických potřeb postačí i teplota 55 °C.

#### C.1.3.4 Požadovaná teplota vnitřního prostředí v režimu vytápění

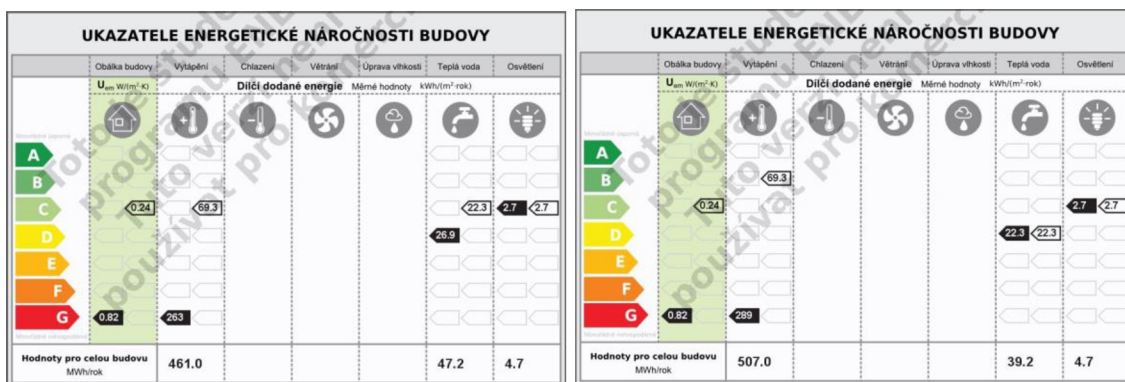
V kapitole C.1.3.1 jsme zjistili, jaký vliv mají okrajové podmínky vnějšího prostředí na energetickou náročnost budovy. Vnější podmínky nejsou jediným činitelem, který se podílí na celkové náročnosti. Další významnou složkou je požadovaná teplota vnitřního prostředí v režimu vytápění  $\theta_{\text{int,H,set}}$  [°C]. Standardně se pro obytné budovy je tento teplotní parametr roven 20 °C. Jedná se o požadovanou hodnotu tedy o minimální, která musí být dodržena v otopném období. Ve skutečném stavu může často teplota být mnohem víc vzhledem k absenci regulace na otopných tělesech. Simulujme tedy stav, kdy otopný systém bude produkovat více tepla, a převažující vnitřní teplota bude v topném režimu 21 °C.

Tabulka 26 Potřeba dodané energie na vytápění při vyšší požadované teplotě vnitřního prostředí

Analýza změny potřeby energie na vytápění při navýšení teploty v režimu vytápění o 1°C		
Převažující vnitřní teplota v režimu vytáp.	20°C	21°C
Dodaná energie na vytápění [MWh/rok]	461,04	507,5
Náklady na vytápění [tis. Kč/rok]	691,56	761,25
<b>Rozdíl nákladů na vytápění</b>	<b>69 690 Kč/rok</b>	

### Komentář k vyhodnocení

Pro ověření skutečné převažující teploty v objektu a tím zjištění objektivní energetické náročnosti je vhodné provést řadu měření. Realita je taková, že se zvyšující se frekvencí osobních prohlídek energetického specialisty roste i cena za výsledný produkt. Organizačním opatřením můžeme předejít nadbytečnému vytápění a tím snížit i celkové náklady na provoz.



Obrazek 19 Porovnání ukazatelů ENB; teplota vnitřního prostředí 20 °C (vlevo), teplota vnitřního prostředí 21 °C (vpravo)

## C.2 Zpracování dílčích částí energetického auditu

Ke zpracování dílčí části EA jsem si vybral ekonomické hodnocení realizovaného opatření. V předešlých kapitolách byly jednotlivé varianty hodnoceny z hlediska energetického.

### Základní parametry používané vyhláškou

- Prostá doba návratnosti
- Reálna doba návratnosti
- Čistá současná hodnota NPV (z angl. Net Present Value)
- Vnitřní výnosové procento IRR (z angl. Internal Rate of Return)

K jednotlivým vztahům výpočtu se věnuji v kapitole A.3.5. Energetický audit a energetický posudek.

Pro možné doporučení úsporného opatření, je nutné, aby splňovalo následující podmínky (skutečnost je taková, že možností je více):

- ✓ Reálna doba návratnosti musí být kratší, než je technická a ekonomická doba životnosti použitých technických prostředků
- ✓ Čistá současná hodnota musí být kladná, přičemž její absolutní hodnota nesmí být vzhledem k výši investic nesrovnatelná
- ✓ Vnitřní výnosové procento musí být dostatečně vysoké, vyšší než je inflace

Ekonomické vyhodnocení vychází z následujících předpokladů:

- Hodnocené období bylo stanoveno na 20 let
- Výnos z investic představuje:
  - Úspory nákladů na nákup primární energie na ÚT a TV, vzniklé opatřením
- Odpis investic je uvažován jako rovnoměrný
- Eskalační koeficient vývoje cen energií byl stanoven spekulativně, podle předpokládaného vývoje světových cen energií, podle předpokládaného trendu vývoje hrubého domácího produktu a inflace
- Diskontní sazba je uvažována 4%

### C.2.1 Investiční náklady Varianty II (stávající stav)

Tabulka 27 Položkový rozpočet úsporné varianty II (stávající stav)

Položka	m.j. [m <sup>2</sup> ]	Jednotková cena [Kč/m <sup>2</sup> ]
Zateplení obvodových stěn	868	1 343,00
Zateplení střechy	439	3 243,00
Výměna vchodových dveří (suterén)	2,5	10 490,00
Výměna zbyvajících dřevěných oken	108,5	4 500,00

Tabulka 28 Investiční náklad úsporné varianty II

Položka	Cena úsporných opatření [Kč vč. DPH]
Zateplení obvodových stěn	1 165 724,00
Zateplení střechy	1 423 677,00
Výměna vchodových dveří (suterén)	26 225,00
Výměna zbyvajících dřevěných oken	488 250,00
<b>CELKEM</b>	<b>3 103 876,00</b>

Uvažované ceny materiálu a technologií jsou orientační. Jednotková cena je součtem za provedenou práci a cenu materiálu. Skutečnou cenu jednotlivých prací a materiálu nebylo možno získat. Podle výpovědi nájemníka celková cena na realizaci opatření stála cca 3 100 000 Kč. Z toho mělo být vráceno dotačním titulem cca 1 mil. Kč.

### C.2.2 Předpokládané výnosy úsporného opatření

Tabulka 29 Výnos investice

Varianta II - výnosy	[GJ/rok]	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]
Úspora energie na vytápění	1096,2	304,5	456,8
<b>Celkové výnosy</b>	<b>1096,2</b>	<b>304,5</b>	<b>456,8</b>

### C.2.3 Výsledky ekonomického hodnocení Varianty II

Tabulka 30 Ekonomické hodnocení investičního záměru

Hodnotící kritéria		Energeticky úsporná opatření
Náklady na opatření IN	tis. Kč	3 103,88
Čistá současná hodnota NPV	tis. Kč	4 912,02
Vnitřní výnosové procento IRR	%	16,00
Prostá doba návratnosti $T_s$	roky	7
Reálna doba návratnosti $T_{sd}$	roky	8
Koeficient čisté souč. hod. NPVQ	-	1,58
Diskont	%	4,00

#### **Ekonomické vyhodnocení Varianty II**

Porovnáním předpokládaných nákladů a výnosů byla stanovena reálná doba návratnosti 8 let. Hodnota vnitřního výnosového procenta IRR činí 16% což je více než předpokládaná diskontní sazba 4%, použitá jako alternativní náklad kapitálu pro výpočet čisté současné hodnoty. Ukazatel lze hodnotit jako uspokojivý. Čistá současná hodnota byla vypočtena ve výši 4 912,02 tis. Kč za celé sledované období. Kladný výsledek tohoto ukazatele indikuje efektivní investování.

### C.3 Vybrané experimentální ověření reálného stavu budovy

Jako experimentální ověření reálného stavu budovy jsem si vybral porovnání hodnot dodaných energií na provoz systému budovy ze zpracovaných PENB a skutečných spotřeb z fakturační listiny za rok 2014 a 2015.

#### Okrajové podmínky pro hodnocení

- Okrajové podmínky venkovního prostředí – Staniční hodnoty ČHMÚ pro rok 2014 a 2015
- Vnitřní výpočtová teplota – 20 °C
- Venkovní výpočtová teplota – (-15 °C)
- Počet zón – 2

#### C.3.1 Energetické vyhodnocení stávajícího stavu

Výpočet tepelných ztrát byl proveden obálkovou metodou, konstrukce byly hodnoceny programem Energetika, DEKSOFT společnosti DEKPROJEKT s.r.o., verze studentská. Pro stanovení nákladů na provoz systému jsou ceny jednotlivých energonositelů odborně odhadnuty. Cena plynu 1,50 Kč/kWh a 4,30 Kč/kWh za elektrickou energii.

##### C.3.1.1 Náklady provozu vytápění na základě skutečné spotřeby

Fakturace za rok 2014 a 2015 byly poskytnuty nájemníkem domu. Je zde uvedený náklad [Kč] na provoz vytápění za celý dům i za danou bytovou jednotku nájemníka. Celkový náklad na dům za teplo je rozpočítán na měrnou jednotku [m<sup>2</sup>] a následně vypočítaná cena tepla [Kč/m<sup>2</sup>]. Po té zpětně vykalkulovaný náklad za teplo vztažený k **podlahové ploše** bytu. Je v zájmu celku dodržovat úsporného chování, to indikuje zavedení organizačního opatření a obeznámení nájemníku o úsporném chování.

#### Vyúčtování služeb bytového domu za rok 2014

DRUŽBA, stavební bytové družstvo, Kapucínské nám. 6, 656 57 Brno

Kód bytu: 811, byt 003, Sadová 567/567, 664 42, Modřice  
Společenství vlastníků jednotek Sadová 567

V Brně: 29.04.2015

Pan. paní  
Kročil Vlastimil Dr.  
Podháječek 3  
391 81 Veselí nad Lužnicí

Věc: Vyúčtování služeb od 01.2014 do 12.2014,  
provedeno dle vyhl. 372/2001 Sb., Zákon 67/2013 a OS 1/2014 správy družstva, vč. započtení pohledávek.

Vyúčtování na dům – celkové náklady:

Služba	Vyúčtováno dle	Náklady na dům v Kč celkem	Celkem MJ dům	Cena / MJ
Teplo - dodavatelství	D	187843,74	0,00	0,00
Teplo - vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV	ZS 30%	0,00	0,00	0,00
Dodavatelství	SS 70%	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV	ZS 30%	0,00	0,00	0,00
Vlastní	SS 70%	0,00	0,00	0,00
Vodné pro TUV	D	0,00	0,00	0,00
Voda	D	106328,02	0,00	0,00
Úklid - dodavatelství	D	0,00	0,00	0,00
Úklid - vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Společ. elektr.	D	3345,96	464,00	7,21
Větrání	D	0,00	0,00	0,00
Komin	D	0,00	0,00	0,00
Plyn	D	0,00	0,00	0,00
Ostatní služby	D	0,00	0,00	0,00

Odečtená spotřeba měřičů za dům za SV: 1372,00 m<sup>3</sup>, za TV: 0,00 m<sup>3</sup>

Obrázek 20 Vyúčtování služeb bytového domu za období 01.2014 – 12.2014

## Vyúčtování služeb bytového domu včetně bytové jednotky za rok 2015

DRUŽBA, stavební bytové družstvo, Kapucinské nám. 6, 656 57 Brno

Kód bytu: 811, byt 003, Sadová 567/567, 664 42, Modřice V Brně: 07.04.2016  
Společenství vlastníků jednotek Sadová 567

Dr. Vlastimil Kročil 1/1 Pan, paní  
Dr. Kročil Vlastimil  
Podhájek 3  
391 81 Veselí nad Lužnicí

Vše: Vyúčtování služeb od 01.2015 do 12.2015,  
provedeno dle vyhl. 372/2001 Sb., Zákon 67/2013 a OS 1/2014 správy družstva, vč. započtení pohledávek.

**Vyúčtování na dům – celkové náklady:**

Služba	Vyúčtováno dle	Náklady na dům v Kč celkem	Celkem MJ dům	Cena / MJ
Tepllo – dodavatelsky	D	184339,77	0,00	0,00
Tepllo – vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%	D	0,00	0,00	0,00
Dodavatelsky SS 70%	D	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%	D	0,00	0,00	0,00
Vlastní SS 70%	D	0,00	0,00	0,00
Vodné pro TUV	D	0,00	0,00	0,00
Voda	D	102982,01	1383,06	74,46
Uklid – dodavatelsky	D	0,00	0,00	0,00
Uklid – vlastní	D	0,00	0,00	0,00
Společ. elektr.	D	6463,04	421,00	15,35
Výtah	D	0,00	0,00	0,00
Komin	D	0,00	0,00	0,00
Plyn	D	0,00	0,00	0,00
Ostatní služby	D	0,00	0,00	0,00

Odečtená spotřeba měřičů za dům za SV: 1210,00 m<sup>3</sup>, za TV: 0,00 m<sup>3</sup>

**Vyúčtování na byt / garáž / nebyt:**

Služba	MJ	Celkem MJ za byt	Cena / MJ	Celkem Kč	Zálohy stanovené	Přeplatek (+) / Nedoplatek (-)
Tepllo – dodavatelsky	m <sup>2</sup>	62,59	193,69	12123,13	24156,00	12032,87
Tepllo – vlastní		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dodavatelsky SS 70%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ohřev TUV ZS 30%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vlastní SS 70%		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vodné pro TUV		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Voda	m <sup>3</sup>	5,00	85,11	425,55	2196,00	1770,45
Uklid – dodavatelsky		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Uklid – vlastní		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Společ. elektr.	os	12,00	15,35	184,22	108,00	-76,22
Výtah		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Komin		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plyn		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ostatní služby		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Celkem za byt / garáž / nebyt</b>				<b>12733,00</b>	<b>26460,00</b>	<b>13727,00</b>
<b>Vyúčtování dle skutečně zaplacených záloh</b>				Stanovené zálohy: 26460,00 Uhrazené zálohy: 26460,00 Dlužné zálohy: 0,00		Výsledek vyúčtování přeplatek(+), nedoplatek(-) <b>+13727,00 Kč</b>
Pohledávky NN, VT, DP (minus=důh)			nájem			0,00 Kč
Zápočet proveden dle NOZ §1982			vyúčtování			0,00 Kč
			z ostatních pohledávek			0,00 Kč
<b>K vyplacení / k úhradě (přeplatek(+)/nedoplatek(-))</b>						<b>+13727,00 Kč</b>

Obrázek 21 Vyúčtování služeb bytového domu za období 01.2015 – 12.2015

Z jednotlivých fotografií lze pozorovat, že za období 01.2015 – 12.2015 byly náklady na vytápění nižší než za předešlého období. Z výpovědi nájemníka byla příčinou teplejší zima a absence nutnosti nadbytečného vytápění. Za předpokladu této premise je vhodné ověření skutečností.

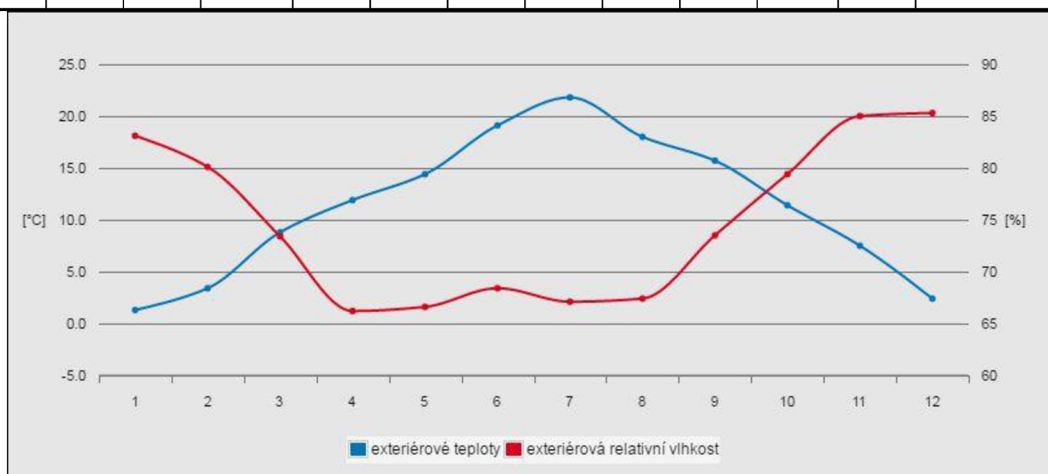
### C.3.1.2 Ověření hodnot z výpočtu PENB a reálných spotřeb

Z předešlých kapitol jsme zjistili, jak ovlivňují vstupní klimatické data dodanou energii do objektu. Využijeme této znalosti a použijeme pro výpočet potřebných energií klimatické data poskytnuté ČHMÚ pro brněnskou část Tuřany. Pro ověření pravosti tvrzení nájemníka použijeme naměřené data pro rok 2014 a 2015. Budeme uvažovat shodné průměrné teploty daných měsíců pro oblast nacházející se necelých 10 km od měřicí stanice.

## Klimatická data stanice ČHMÚ

Tabulka 31 Klimatické data pro Brno, Tuřany, 2014 podle ČHMÚ [22]

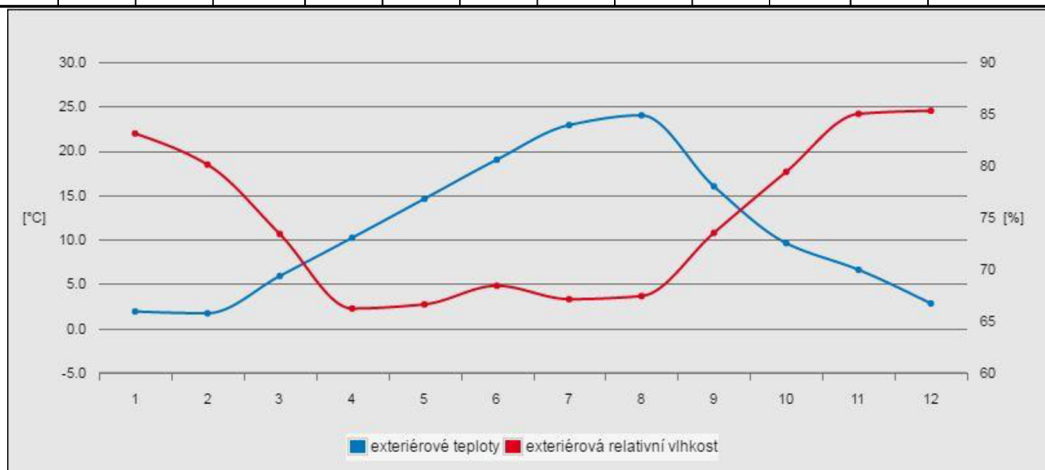
Klimatická oblast dle ČSN 73 0540 - 3 přílohy H												2	Brno, Tuřany 2014
Extérierové průměrné měsíční teploty $\theta_e$ [°C]													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	
1,3	3,4	8,8	11,9	14,4	19,1	21,8	18,0	15,7	11,4	7,5	2,4	<b>11,3</b>	
Extérierové průměrné měsíční relativní vlhkost $\varphi_e$ [%]													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	
83,1	80,1	73,4	66,2	66,6	68,4	67,1	67,4	73,5	79,4	85,0	85,3	<b>74,6</b>	
Průměrná měsíční solární energie H [kWh/m <sup>2</sup> .měs] dopadající na horizontální rovinu													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Suma	
27,7	33,1	105,8	101,7	111	145,8	123,2	87,8	62,6	31,5	11,8	25,4	<b>867,4</b>	



Graf 23 Průběh průměrných měsíčních teplot; Brno, Tuřany 2014 [22]

Tabulka 32 Klimatické data pro Brno, Tuřany, 2014 podle ČHMÚ [22]

Klimatická oblast dle ČSN 73 0540 - 3 přílohy H												2	Brno, Tuřany 2015
Extérierové průměrné měsíční teploty $\theta_e$ [°C]													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	
1,9	1,7	5,9	10,2	14,6	19,0	22,9	24,0	16,0	9,6	6,6	2,8	<b>11,3</b>	
Extérierové průměrné měsíční relativní vlhkost $\varphi_e$ [%]													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Průměr	
83,1	80,1	73,4	66,2	66,6	68,4	67,1	67,4	73,5	79,4	85,0	85,3	<b>74,6</b>	
Průměrná měsíční solární energie H [kWh/m <sup>2</sup> .měs] dopadající na horizontální rovinu													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Suma	
16,5	43,7	81,6	155,1	108	166,5	182,9	168,8	80,4	28,5	46,6	13,8	<b>1092,4</b>	



Graf 24 Průběh průměrných měsíčních teplot; Brno, Tuřany 2014 [22]



Zhodnocený stav bytového domu Sadová 567 – 2014

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: **Sadová 567**

PSČ, místo: **60210, Brno-Modřice**

Typ budovy: **Bytový dům**

Plocha obálky budovy: **2041.85** m<sup>2</sup>

Objemový faktor tvaru AV: **0.40** m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

Celková energeticky vztažná plocha: **1755** m<sup>2</sup>

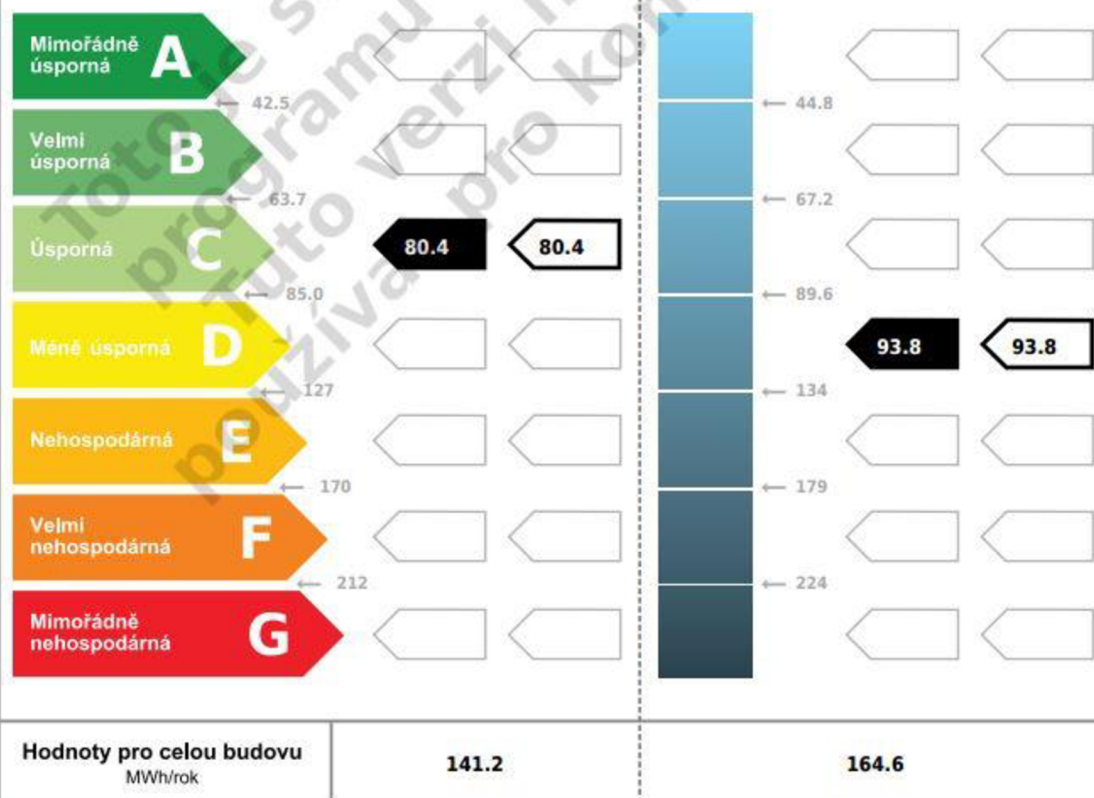


## ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

**Celková dodaná energie**  
(Energie na vstupu do budovy)

**Neobnovitelná primární energie**  
(Vliv provozu budovy na životní prostředí)

Měrné hodnoty kWh/(m<sup>2</sup>·rok)

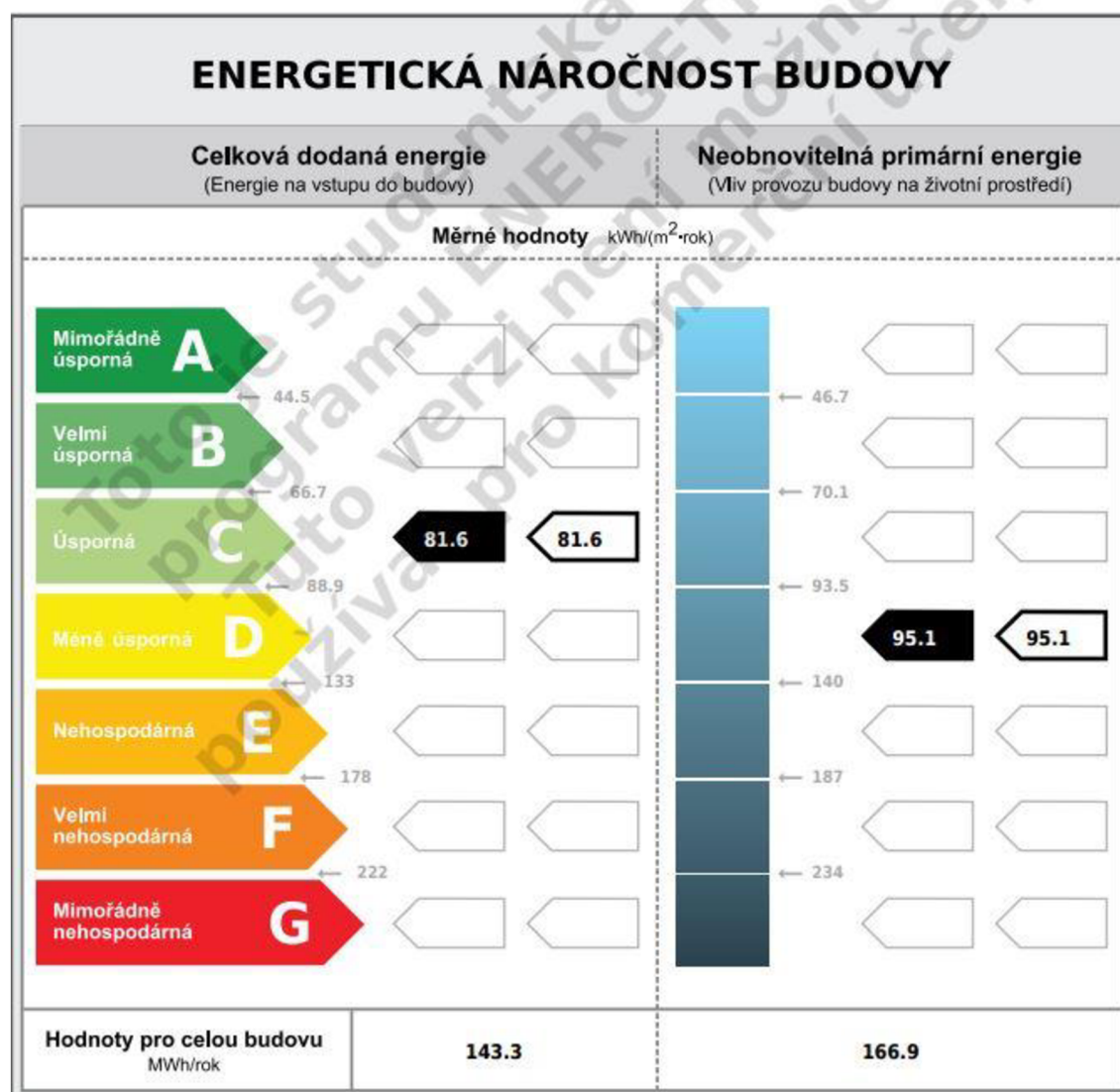


Obrázek 22 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatické data použity dle ČHMÚ pro Brno, Tuřany, 2014

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: <b>Sadová 567</b> ..... PSČ, místo: <b>60210, Brno-Modřice</b> ..... Typ budovy: <b>Bytový dům</b> ..... Plocha obálky budovy: <b>2041.85</b> m <sup>2</sup> ..... Objemový faktor tvaru A/V: <b>0.40</b> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ..... Celková energeticky vztažná plocha: <b>1755</b> m <sup>2</sup>	
---	--



Obrázek 23 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatické data použity dle ČHMÚ pro Brno, Tuřany, 2015

## Stanovené hodnoty dle výpočetního programu

Tabulka 33 Dílčí dodaná energie do energetických systémů a náklady na jejich provoz

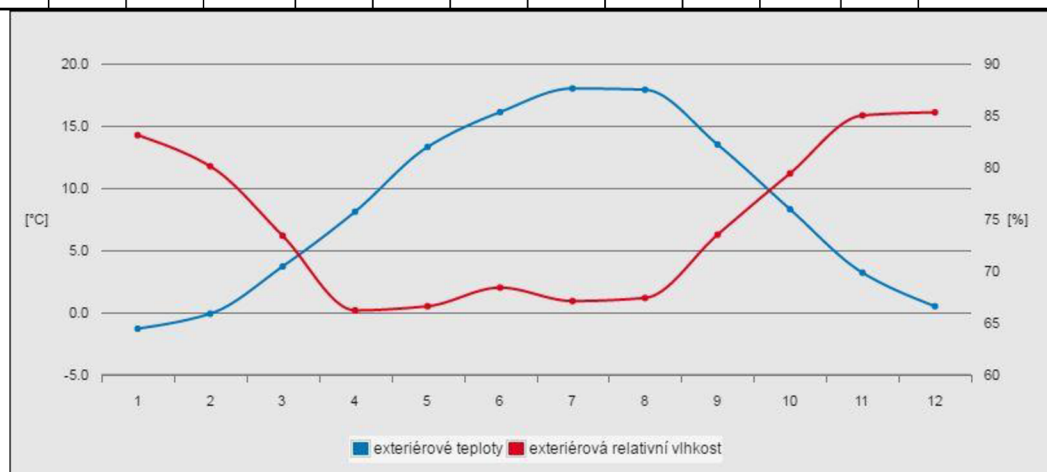
Experimentální ověření				
Okrajové podmínky		TNI 73 0331	Staniční hodnoty 2014	Staniční hodnoty 2015
Dílčí dodaná energie				
Vytápění	[MWh/rok]	128,1	97,3	99,4
Chlazení	[MWh/rok]	-	-	-
Větrání	[MWh/rok]	-	-	-
Úprava vlhkosti vzduchu	[MWh/rok]	-	-	-
Příprava teplé vody	[MWh/rok]	39,2	39,2	39,2
Osvětlení	[MWh/rok]	4,7	4,7	4,7

Experimentální ověření				
Okrajové podmínky		TNI 73 0331	Staniční hodnoty 2014	Staniční hodnoty 2015
Náklady na provoz systému				
Vytápění	[tis.Kč/rok]	192,2	146,0	149,1
Chlazení	[tis.Kč/rok]	-	-	-
Větrání	[tis.Kč/rok]	-	-	-
Úprava vlhkosti vzduchu	[tis.Kč/rok]	-	-	-
Příprava teplé vody	[tis.Kč/rok]	58,8	58,8	58,8
Osvětlení	[tis.Kč/rok]	21,2	21,2	21,2

## Klimatické data TNI 73 0331

Tabulka 34 Klimatická data podle TNI 73 0331 [21]

Klimatická oblast dle ČSN 73 0540 - 3 přílohy H												2	TNI 73 0331
Extériérové průměrné měsíční teploty $\theta_e$ [°C]													Průměr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		8,4
-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18,0	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5		
Extériérové průměrné měsíční relativní vlhkost $\varphi_e$ [%]													Průměr
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		74,6
83,1	80,1	73,4	66,2	66,6	68,4	67,1	67,4	73,5	79,4	85,0	85,3		
Průměrná měsíční solární energie H [kWh/m <sup>2</sup> .měs] dopadající na horizontální rovinu													Suma
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		1003,0
20,8	37,0	72,2	113,8	148,8	146,2	144,3	136,2	87,1	56,5	25,2	14,9		

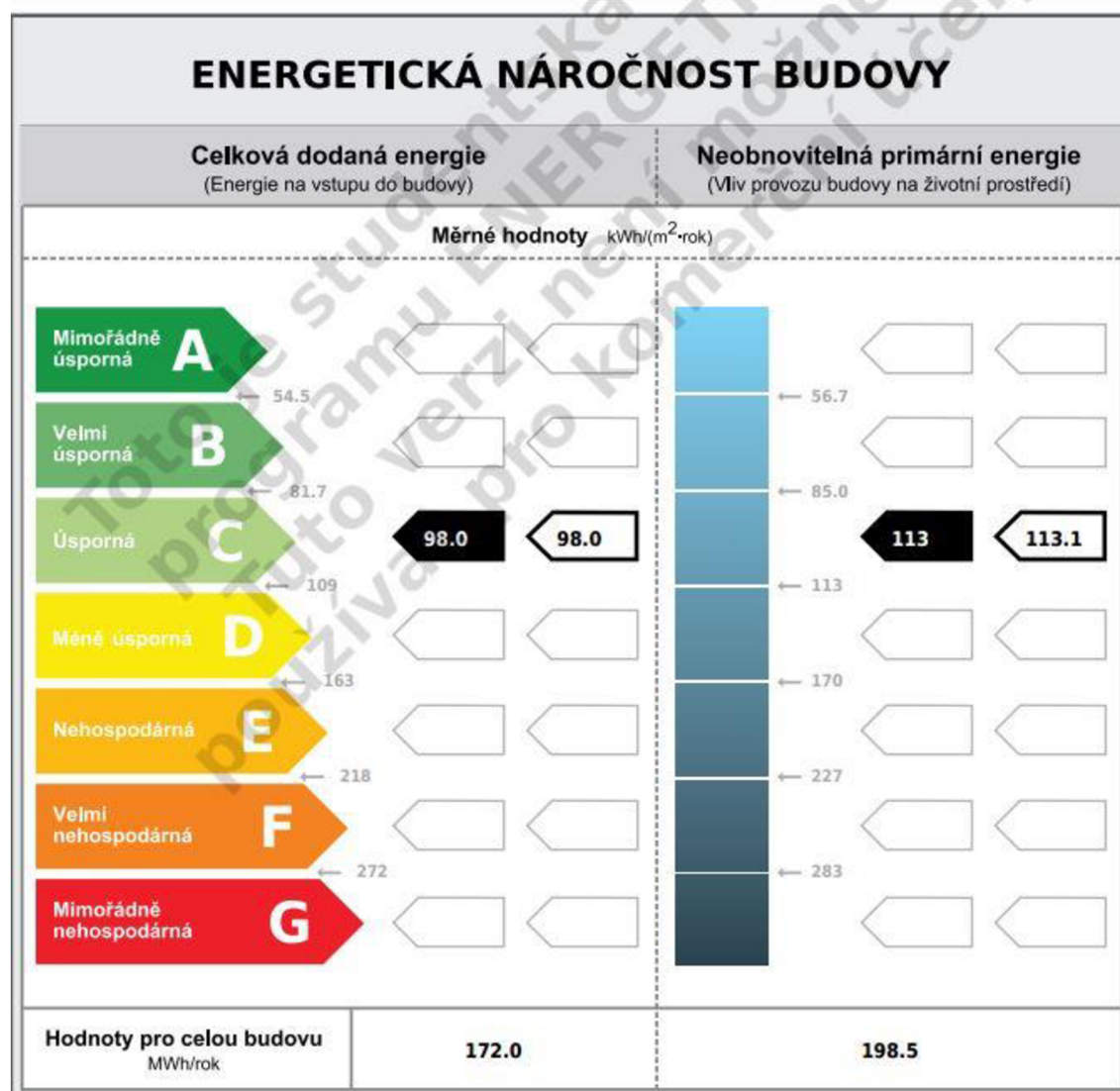


Graf 25 Průběh průměrných měsíčních teplot podle TNI 73 0331 [21]

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: <b>Sadová 567</b>	
PSČ, místo: <b>60210, Brno-Modřice</b>	
Typ budovy: <b>Bytový dům</b>	
Plocha obálky budovy: <b>2041.85</b> m <sup>2</sup>	
Objemový faktor tvaru A/V: <b>0.40</b> m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	
Celková energeticky vztažná plocha: <b>1755</b> m <sup>2</sup>	



Obrázek 24 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatická data podle TNI 73 0331

## ZÁVĚR

Teoretická část této bakalářské práce byla věnována seznámením s energetickými zdroji, jejich využitelností a dopadu na životní prostředí. V návaznosti rozebírá legislativní požadavky na energetickou náročnost budov a jejich energetické hodnocení dle platných zákonů, vyhlášek a norem.

Výpočtová část je věnována jednotlivým krokům energetického hodnocení konkrétního bytového domu v Modřicích. Zabývá se problematikou stavebního řešení budovy. Obsahuje výpočty ke stanovení potřeby energií systému budovy. Zjišťuje tepelné toky domu před rekonstrukcí a analyzuje navržená opatření, která proběhla v rámci dotačního programu Nová zelená úsporám. Hodnotí tepelně technické vlastnosti konstrukcí jak původního, tak i stávajícího stavu. Navrhuje alternativní řešení ve snaze dosáhnout nejefektivnějších úspor v rámci možnosti budovy. Všechny provedené a navrhované opatření jsou ekonomicky vyhodnoceny.

Projektová část analyzuje vstupující parametry průkazů energetické náročnosti budov (PENB), které jsou zároveň zpracovány, právě na řešeném objektu. Realizované úsporné opatření, které proběhlo v roce 2010, je ekonomicky vyhodnoceno jako dílčí část energetického auditu. Experimentální ověření stávajícího stavu vyšlo s neuspokojivými výsledky. Snahou byla přiblížit se skutečným provozním nákladům, ty jsou však ovlivněny mnoha aspekty a byla by nutná podrobnější analýza. Tepelně izolační vlastnosti obalových konstrukcí byly vzhledem k absenci řádné dokumentace pouze odborně odhadnuty a mohlo dojít k drobným imperfkcím. Rovněž skutečný provozní stav BD v průběhu roku byl stanoven na základě výpovědi správce domu a jednoho nájemníka bytu.

Závěrem bych chtěl poznamenat, že zpracování této bakalářské práce mi umožnilo nahlédnout do problematiky energetického hodnocení, odnést si cenné zkušenosti a poznatky. V budoucím studiu bych se rád k dané tématice vrátil a komplexněji prohluboval své znalosti.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Snizujeme.cz. *Neobnovitelné zdroje energie*. [Online] [Citace: 21. 1 2016.] <http://www.snizujeme.cz/slovník/neobnovitelne-zdroje-energie/>.
2. **Zárybnický, Miloš**. Černé poklady. [autor knihy] Kolektiv autorů. *Encyklopedie energetiky, Energie z fosilních paliv*. Praha : ČEZ, a. s., 2011.
3. ec.europa.eu. *Životní úroveň pro Evropany*. [Online] 14. 4 2014. [Citace: 25. 1 2016.] [http://ec.europa.eu/environment/news/efe/articles/2014/04/article\\_20140414\\_01\\_cs.htm](http://ec.europa.eu/environment/news/efe/articles/2014/04/article_20140414_01_cs.htm).
4. nazeleno.cz. *Obnovitelné zdroje energie*. [Online] 2015. [Citace: 5. 3 2016.] <http://www.nazeleno.cz/obnovitelne-zdroje-energie.dic.1803-4160>.
5. MZP.cz. *Ministerstvo životního prostředí*. [Online] [Citace: 14. 2 2016.] [http://www.mzp.cz/cz/kjotsky\\_protokol](http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol).
6. *Politika Evropské Unie*. Lucemburk : Úřad pro publikaci Evropské unie, 2014, Oblast klimatu. ISBN 978-92-79-41338-4.
7. **Bernardinová, Anna a Mareš, Miroslav**. *Zpracování průkazu energetické náročnosti budovy - Praktická příručka pro všechny majitele rodinných a bytových domů, bytů a pro realitní kanceláře*. Praha : Linde, 2013. 978-80-7201-914-4.
8. **Jirásek, Jiří**. tzb-info.cz. *Energetická náročnost budov*. [Online] 20. 8 2012. [Citace: 7. 3 2016.] <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/8952-implementace-smernice-c-2010-31-eu-o-energeticke-narocnosti-budov-a-novela-zakona-c-406-2000-sb-o-hospodareni-energii-i-dil>.
9. **Urban, Miroslav a Kabele, Karel**. www.tzb-info.cz. [Online] 8. 4 2013. [Citace: 5. 3 2016.] <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>.
10. **Horák, Petr**. Úvod do problematiky, zákony a další právní předpisy. [autor knihy] Pavel Uher, a další, a další. *Energetické hodnocení budov*. místo neznámé : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015.
11. VYHLÁŠKA 78/2013 Sb. *O energetické náročnosti budov*. 2013.
12. **Kuběnková, Kateřina**. www.tzb-info.cz. *Průkaz energetické náročnosti bytového domu: minulost a současnost*. [Online] 5. 8 2013. [Citace: 16. 3 2016.] <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/10198-prukaz-energeticke-narocnosti-bytoveho-domu-minulost-a-soucasnost>.
13. VYHLÁŠKA 480/2012 Sb. *O energetickém auditu a energetickém posudku*. 2012.
14. **Urban, Miroslav a kol.** *METODIKA BILANČNÍHO VÝPOČTU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV*. Praha 6 : ČVUT v Praze, 2008.

15. **Vrána, Jakub.** Energetická náročnost přípravy teplé vody. [autor knihy] Petr Horák a kol. *ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015.
16. **Formánek, Marian.** Chlazení a osvětlení. [autor knihy] Ph.D.,Ing. Pavel Uher, Ph.D.,Ing. Marian Formánek, Ph.D.,Doc. Ing. Aleš Rubina, Ph.D.,Ing. Olga Rubinová, Ph.D.,Ing. Jakub Vrána, Ph.D.,Doc. Ing. Miloš Kalousek, Ph.D.,Ing. Hana Kuklínková Ing. Petr Horák. *ENERGETICKÉ HODNOCENÍ BUDOV*. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2015.
17. ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov. Část 2: Požadavky*. 2011.
18. **Jan Mareček, Kateřina Kubenková, Miloslav Šindel, Filip Čmiel.** *Pozemní stavitelství III*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2006. 978-80-248-1470-4.
19. **MORAVIA, národní podnik.** *Plynový průtokový ohřívač MORA 370*. Opava : Moravské tiskařské závody.
20. ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. 2005.
21. TNI 73 0331. *Energetická náročnost budov - Typické hodnoty pro výpočet*. 2013.
22. Český hydrometeorologický ústav. *Staniční měsíční data*. [Online] 2010. [Citace: 15. 4 2016.] <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>.
23. **TU, Juian, YEOH, Guan Heng a LIU, Chaoqun.** *Computational Fluid Dynamics: A Practical Approach*. Burlington : Elsevier Inc., 2008. str. 470. ISBN 978-0-7506-8563-4.
24. **Forman, Matěj.** Počítačové modelování proudění. [přednášky]. Brno : autor neznámý, 2007.
25. **Janíček, Přemysl a Ondráček, Emanuel.** *Řešení problémů modelováním*. Brno : PC-DIR Real, s.r.o., 1998. str. 335. ISBN: 80-214-1233-X.
26. *Our Energy*. [Online] 20. 5 2014. [Citace: 17. 1 2016.] [www.our-energy.com/EIA](http://www.our-energy.com/EIA).
27. **Eurostat.** Energy, transport and environment. *ec.europa*. [Online] 4. Listopad 2015. [Citace: 15. 2 2016.] <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-press-releases/-/8-04112015-BP>.
28. **Gebauer, Günter, Rubinová, Olga a Horhá, Helena.** *Vzduchotechnika*. Brno : ERA group, spol. s r.o., 2005. str. 262. ISBN: 80-7366-027-X.
29. EIA.gov. *Energy Information Administration*. [Online] 2016. [Citace: 5. 2 2016.] <http://www.eia.gov/beta/MER/?tbl=T01.03#/?f=A>.
30. **Skistad, Hákon a kol.** *Displacement ventilation in non-industrial premises*. Washington : Amer Society of Heating, 2002. str. 70. 8259423693.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

## *Zkratky*

BD	Bytový dům
CDm	Cihla děrovaná metrická
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSN	Česká státní norma
EA	Energetický audit
EHB	Energetické hodnocení budov
EN	Energetická náročnost
ENB	Energetická náročnost budov
EP	Energetický posudek
EPS	Pěnový polystyrén
EŠOB	Energetický štítek obálky budov
ETICS	External Thermal Insulation composite systém (Vnější kompozitní zateplovací systém)
EU	Evropská unie
IRR	Internal rate of return (Vnitřní výnosové procento)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
Mtoe	Megatuns of equivalent (ekvivalent v megatunách)
nOZE	Neobnovitelné zdroje energie
NPV	Net present value (Čistá současná hodnota)
OZE	Obnovitelné zdroje energie
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
RD	Rodinný dům
SEI	Státní energetická inspekce
SVJ	Společenství vlastníku jednotek
TNI	Technická normalizační informace
TRH	Termoregulační hlavice



TRV	Termoregulační ventil
TV	Teplá voda
TZB	Technická zařízení budov
ÚT	Ústřední topení
XPS	Extrudovaný polystyrén

***Symboly a matematickofyzikální veličiny***

EP	celková roční dodaná energie [MWh/rok]
$A_C$	celková podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]
$Q_{fuel,tot}$	celková roční dodaná energie obsažená v energonositelích zásobujících budovu [GJ]
$EP_H$	roční dodaná energie na vytápění včetně pomocné energie na provoz vytápěcího zařízení [GJ]
$EP_C$	roční dodaná energie na chlazení včetně pomocné energie na provoz chladicího zařízení [GJ]
$EP_F$	roční dodaná energie na větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu, včetně pomocné energie na mechanické větrání a úpravu vlhkosti větracího vzduchu [GJ]
$EP_L$	roční dodaná energie na osvětlení [GJ]
$EP_W$	roční dodaná energie na přípravu teplé vody včetně pomocné energie na provoz zařízení na přípravu teplé vody [GJ]
$R_{si}$	tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
$R_{se}$	tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
$R$	tepelný odpor konstrukce, který je dán vztahem [m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]
$U$	součinitel prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> .K]
$U_{em}$	průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy [W/m <sup>2</sup> .K]
$U_{N,20}$	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> .K]
$U_{rec,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla [W/m <sup>2</sup> .K]
$\lambda$	součinitel tepelné vodivosti [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]

$d$	tloušťka [mm]
$Q_{H,nd}$	potřeba energie budovy na nepřerušované vytápění [MJ]
$Q_{H,ht}$	celkové množství přeneseného tepla v režimu vytápění [MJ]
$Q_{H,gn}$	celkové tepelné zisky v režimu vytápění [MJ]
$\eta_{H,gn}$	bezrozměrný faktor využitelnosti tepelných zisků [-]
$Q_{C,nd}$	potřeba energie budovy na nepřerušované chlazení [MJ]
$Q_{C,ht}$	celkové množství přeneseného tepla v režimu chlazení [MJ]
$Q_{C,gn}$	celkové tepelné zisky v režimu chlazení [MJ]
$Q_{tr}$	celkové množství přeneseného tepla prostupem [MJ]
$Q_{ve}$	celkové množství přeneseného tepla větráním [MJ]
$P_{F,p}$	instalovaný elektrický příkon ventilátorů [W]
$Q_{RH+}$	potřebná energie na zvlhčování vnitřního vzduchu [MJ]
$Q_{RH-}$	potřebná energie na odvlhčování vnitřního vzduchu [MJ]
$\rho_a$	hustota vzduchu [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
$V_{RH+,z}$	objemový tok vzduchu v režimu zvlhčování přiváděný do z-té zóny [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$V_{RH-,z}$	objemový tok vzduchu v režimu odvlhčování přiváděný do z-té zóny [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]
$X_{i,z,j}$	průměrná požadovaná měrná vlhkost vnitřního vzduchu v z-té zóně v j-tém časovém úseku [kg/kg]
$X_{e,j}$	průměrná měrná vlhkost venkovního vzduchu v j-tém časovém úseku na vstupu do zvlhčovače [kg/kg]
$\Delta X_{im,z,j}$	průměrný přírůstek měrné vlhkosti vzduchu v z-té zóně vlivem vnitřních zdrojů vlhkosti v j-tém časovém úseku [kg/kg]
$Q_{W,gen,out}$	potřebnou energii pro ohřev teplé vody za den [MJ/den]
$Q_W$	potřeba tepla pro přípravu teplé vody (ČSN EN 15316-3-1) [MJ/den]
$Q_{W,dis,ls}$	ztráta tepla v rozvodu teplé vody (ČSN EN 15316-3-2) [MJ/den]
$Q_{W,st,ls}$	ztráta tepla v zásobníku teplé vody (ČSN EN 15316-3-3) [MJ/den]
$Q_{W,p,ls}$	ztráta tepla v přívodním a zpětném potrubí otopné vody k ohřivači vody (v potrubním okruhu zdroje tepla) (ČSN EN 15316-3-3) [MJ/den]

$V_{W,day}$	denní potřeba (objem) teplé vody [ $m^3$ /den]
$W_L$	celková roční spotřeba elektrické energie systému osvětlení [kWh]
$W_{L,L}$	roční spotřeba elektrické energie příslušného systému osvětlení
$W_{L,P}$	roční ztrátová elektrická energie příslušného systému osvětlení
$P_n$	celkový instalovaný příkon svítidel [W]
$F_c$	činitel konstantní osvětlenosti
$T_D$	roční doba provozu systému osvětlení s denním světlem [h]
$T_N$	roční doba provozu systému osvětlení bez denního světla [h]
$F_o$	součinitel závislosti obsazenosti
$F_D$	součinitel závislosti na denním světle
$W_{L,PC,A}$	roční měrná ztrátová energie řídicích systémů (ovládacích zařízení) příslušného systému [ $kWh/(m^2 \cdot rok)$ ]
$W_{L,EM,A}$	roční měrná ztrátová energie nouzového osvětlení [ $kWh/(m^2 \cdot rok)$ ]
$A_f$	celková podlahová plocha zóny [ $m^2$ ]
$T_S$	prostá doba návratnosti investice [rok]
$IN$	investiční výdaje projektu [Kč]
$CF$	roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu)
$T_{Sd}$	reálná doba návratnosti investice [rok]
$CF_t$	roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)
$r$	diskont
$(1 + r)^{-t}$	odúročitel

# SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

## **Obrázky**

Obrázek 1 Princip hodnocení energetické náročnosti budov [9] .....	26
Obrázek 2 Princip stanovení dílčí dodané energie pro přípravu TV [9] .....	28
Obrázek 3 Grafická ukázka PENB dle současné vyhlášky [11] .....	31
Obrázek 4 Situování BD Sadová 567 .....	50
Obrázek 5 Pohledy na bytový dům ze světových stran .....	51
Obrázek 6 Současný stav střechy a staré expanzní nádoby .....	51
Obrázek 7 Zařízení kotelny; plynový kotel ETI a nové oběhové čerpadlo .....	55
Obrázek 8 Zařízení kotelny; čtyřcestný ventil, plynový kotel ETI .....	56
Obrázek 9 Konvektor v prádelně, ležaté rozvody v technickém podlaží .....	56
Obrázek 10 Detail ležatých rozvodů, izolace se nachází ve špatném stavu .....	57
Obrázek 11 Průtokový ohřivač vody značky Mora [19] .....	57
Obrázek 12 Elektroinstalace bytového domu a bytových jednotek .....	58
Obrázek 13 Schéma skladby ETICS .....	59
Obrázek 14 Vyúčtování služeb bytového domu Sadová 567 .....	65
Obrázek 15 Schématická mapa klimatických oblastí ČR podle přílohy H [20] .....	71
Obrázek 16 Porovnání ukazatelů ENB; použity měsíční teploty podle TNI 73 0331 (vlevo), staniční teploty podle ČHMÚ (vpravo) .....	72
Obrázek 17 Grafická ukázka zónování objektu .....	73
Obrázek 18 Porovnání ukazatelů ENB; dvou zónové řešení (vlevo), jedno zónové řešení (vpravo) .....	74
Obrázek 19 Porovnání ukazatelů ENB; teplota vnitřního prostředí 20 °C (vlevo), teplota vnitřního prostředí 21°C (vpravo) .....	75
Obrázek 20 Vyúčtování služeb bytového domu za období 01.2014 – 12.2014 .....	78
Obrázek 21 Vyúčtování služeb bytového domu za období 01.2015 – 12.2015 .....	79
Obrázek 22 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatické data použity dle ČHMÚ pro Brno, Tuřany, 2014 .....	81
Obrázek 23 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatické data použity dle ČHMÚ pro Brno, Tuřany, 2015 .....	82
Obrázek 24 Grafika průkazu ENB stávajícího stavu; klimatická data podle TNI 73 0331 .....	84

## **Tabulky**

Tabulka 1 Ukazatelé ENB a požadavky pro klasifikaci [9] .....	27
Tabulka 2 Klasifikační třídy dle vyhlášky č. 78/2013 Sb. Přílohy 2 [11] .....	31
Tabulka 3 Ekonomické hodnocení dle přílohy č. 5 vyhlášky o energetickém auditu [13] .....	33
Tabulka 4 Ekologické vyhodnocení dle přílohy č. 6 vyhlášky o energetickém auditu [13] .....	33
Tabulka 5 Základní technické parametry bytového domu v Modřicích .....	44
Tabulka 6 Součinitel prostupu tepla obvodové stěny .....	44
Tabulka 7 Teplotní faktor a množství kondenzace v obvodové stěně .....	46
Tabulka 8 Součinitel prostupu tepla stropem nad suterénem .....	46

Tabulka 9 Součinitel prostupu tepla podlahou na zemině.....	47
Tabulka 10 Teplotní faktor a kondenzace vodní páry v podlaze na zemině .....	47
Tabulka 11 Součinitel prostupu tepla plochou střechou .....	47
Tabulka 12 Teplotní faktor a výskyt vodní páry ve střešní konstrukci .....	48
Tabulka 13 Potřebná energie pro provoz energetických systémů stávajícího stavu .....	55
Tabulka 14 Srovnání tepelně technických vlastností izolačních materiálů .....	59
Tabulka 15 Souhrn úsporných opatření a investičních nákladů .....	64
Tabulka 16 Celková energetická bilance - Varianta I .....	64
Tabulka 17 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty I.....	65
Tabulka 18 Celková energetická bilance - Varianta II .....	66
Tabulka 19 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty.....	66
Tabulka 20 Celková energetická bilance po realizaci úsporné.....	67
Tabulka 21 Energetická náročnost budovy po realizaci úsporné varianty.....	67
Tabulka 22 Ekonomické hodnocení navržených úsporných variant .....	68
Tabulka 23 Vliv vstupních klimatických dat na potřebu energie na vytápění.....	72
Tabulka 24 Vliv zónování na potřebu energie pro systémy budovy .....	73
Tabulka 25 Změna potřeby energie pro přípravu teplé vody vlivem teploty vstupní a výstupní vody .....	74
Tabulka 26 Potřeba dodané energie na vytápění při vyšší požadované teplotě vnitřního prostředí .....	75
Tabulka 27 Položkový rozpočet úsporné varianty II (stávající stav).....	76
Tabulka 28 Investiční náklad úsporné varianty II .....	77
Tabulka 29 Výnos investice .....	77
Tabulka 30 Ekonomické hodnocení investičního záměru .....	77
Tabulka 31 Klimatické data pro Brno, Tuřany, 2014 podle ČHMÚ [22] .....	80
Tabulka 32 Klimatické data pro Brno, Tuřany, 2014 podle ČHMÚ [22] .....	80
Tabulka 33 Dílčí dodané energie do energetických systémů a náklady na jejich provoz .....	83
Tabulka 34 Klimatická data podle TNI 73 0331 [21] .....	83

## **Grafy**

Graf 1 Vývoj světové spotřeby energie [26].....	13
Graf 2 Světová spotřeba primární energie v roce 1990 [29].....	14
Graf 3 Vývoj primární energetické spotřeby v EU v období 1990 - 2013 [Mtoe] [27] .....	15
Graf 4 Světová spotřeba primární energie v roce 2013 [29].....	19
Graf 5 Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v obvodové stěně .....	45
Graf 6 Průběh tlaků vodní páry a výskyt kondenzace v konstrukci.....	48
Graf 7 Tepelné ztráty BD prostupem tepla původního stavu .....	49
Graf 8 Tepelné ztráty BD prostupem tepla stávajícího stavu .....	53
Graf 9 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření.....	60
Graf 10 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření.....	60
Graf 11 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření.....	60
Graf 12 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření.....	61

Graf 13 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření .....	61
Graf 14 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření .....	62
Graf 15 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření .....	62
Graf 16 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření .....	63
Graf 17 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci opatření .....	63
Graf 18 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty .....	65
Graf 19 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty .....	66
Graf 20 Srovnání nákladů na provoz před a po realizaci úsporné varianty .....	67
Graf 21 Průměrné měsíční teploty podle TNI 73 0331 [21] .....	71
Graf 22 Průměrné měsíční teploty podle ČHMÚ [22] .....	72
Graf 23 Průběh průměrných měsíčních teplot; Brno, Tuřany 2014 [22].....	80
Graf 24 Průběh průměrných měsíčních teplot; Brno, Tuřany 2014 [22].....	80
Graf 25 Průběh průměrných měsíčních teplot podle TNI 73 0331 [21] .....	83

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA 1	ŽÁDOST O POSKYTNUTÍ INFORMACÍ
PŘÍLOHA 2	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – PŮVODNÍ STAV
PŘÍLOHA 3	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – STÁVAJÍCÍ STAV
PŘÍLOHA 4	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – VARIANTA II
PŘÍLOHA 5	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – ANALÝZA 2
PŘÍLOHA 6	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – ANALÝZA 3
PŘÍLOHA 7	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY – ANALÝZA 4
PŘÍLOHA 8	PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE
	PŮDORYS 1. PP – STÁVAJÍCÍ STAV
	PŮDORYS 1. NP – STÁVAJÍCÍ STAV
	PŮDORYS 2. A 3. NP – STÁVAJÍCÍ STAV
	POHLED VÝCHODNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
	POHLED ZÁPADNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
	POHLED SEVERNÍ A JIŽNÍ – STÁVAJÍCÍ STAV
	ŘEZ A – A – STÁVAJÍCÍ STAV