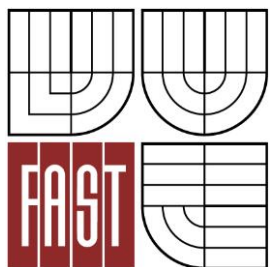




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

## **PROVOZNÍ NÁKLADY PASIVNÍCH DOMŮ**

OPERATING COSTS OF PASSIVE HOUSES

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**ZUZANA BARANYKOVÁ**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**Ing. MILOSLAV VÝSKALA**

BRNO 2013



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3607R038 Management stavebnictví  
**Pracoviště** Ústav stavební ekonomiky a řízení

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Zuzana Baranyková

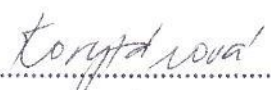
**Název** Provozní náklady pasivních domů

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Miloslav Výskala

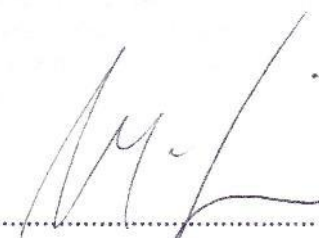
**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2012

**Datum odevzdání bakalářské práce** 24. 5. 2013

V Brně dne 30. 11. 2012

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



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

## Podklady a literatura

TYWONIAK, J. Nízkoenergetické domy (1, 2, 3). Praha: GRADA, 2008-2012. ISBN (3) 978-80-247-3832-1

SMOLA, J. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Praha: GRADA ISBN 978-80-247-2995-4

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

Cílem bakalářské práce je srovnání a posouzení provozních nákladů (energetické bilance) pasivních domů, NE domů a běžné výstavby v rámci jejich životního cyklu, zejména provozní fáze.

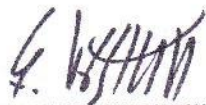
Zásady pro zpracování bakalářské práce:

1. Všeobecné vymezení zpracované tematiky.
2. Rozřazení rodinných domů podle potřeby energie.
3. Provozní náklady rodinných domů.
4. Srovnání jednotlivých variant výstavby.
5. Aplikace poznatků v rámci případové studie.

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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



.....  
Ing. Miloslav Výskala  
Vedoucí bakalářské práce

### **Abstrakt**

Hlavním tématem bakalářské práce je porovnání provozních nákladů (energetické bilance) pasivního rodinného domu s provozními náklady rodinného domu běžné výstavby. Stanovení celkových provozních nákladů. Následné rozřazení jednotlivých domů dle jejich skutečné spotřeby energie a porovnání jednotlivých variant výstavby.

### **Klíčová slova**

Pasivní dům, nízkoenergetický dům, energetická bilance, provozní náklady, součinitel prostupu tepla.

### **Abstract**

The main topic of this thesis is the comparison of operating costs (energy balance) of a passive house with running costs of a house of an ordinary construction. Total operating costs of those types of construction are determined and the houses are subsequently divided into groups according to their actual consumption and a comparison of the different types of construction is carried out.

### **Keywords**

Passive house, low - energy building, energy balance, operating costs, heat transfer coefficient.

### **Bibliografická citace VŠKP**

BARANYKOVÁ, Zuzana. *Provozní náklady pasivních domů*. Brno, 2013. 56 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24.5.2013



.....  
podpis autora

Zuzana Baranyková

**Poděkování:**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Miloslavu Výskalovi za vedení bakalářské práce, odborné rady, inspiraci, připomínky a hlavně za to, že mi věnoval svůj čas během realizace bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat své rodině a příteli za podporu během celého studia.

## OBSAH

ÚVOD .....	- 9 -
1. TEORETICKÁ ČÁST .....	- 13 -
1.1. Základní pojmy.....	- 13 -
1.2. Stavební konstrukce – obálka budovy.....	- 14 -
1.2.1. Součinitel prostupu tepla $U [Wm^{-2}k^{-1}]$ .....	- 15 -
1.3. Vytápění .....	- 17 -
1.3.1. Volba energetického média .....	- 17 -
1.4. Ohřev vody .....	- 20 -
1.5. Větrání .....	- 20 -
1.5.1. Rekuperace .....	- 21 -
1.5.2. Zemní výměník.....	- 23 -
1.5.3. Neprůvzdušnost .....	- 24 -
1.6. Elektroinstalace a osvětlení .....	- 24 -
1.7. Údržba domu .....	- 25 -
1.7.1. Systém řízeného větrání s rekuperací tepla .....	- 25 -
1.7.2. Vzduchotechnická jednotka .....	- 25 -
1.7.3. Elektro rozvody .....	- 25 -
1.7.4. Fotovoltaické a solární termické kolektory .....	- 25 -
2. PRAKTICKÁ ČÁST .....	- 26 -
2.1. Rodinný dům Nové Město na Moravě 1 .....	- 26 -
2.1.1. Energetická bilance .....	- 27 -
2.1.2. Náklady na provoz.....	- 29 -
2.2. Rodinný dům Nové Město na Moravě 2 .....	- 31 -
2.2.1. Energetická bilance .....	- 32 -
2.2.2. Náklady na provoz.....	- 34 -
2.3. Pasivní dům Vohančice .....	- 36 -
2.3.1. Energetická bilance .....	- 37 -
2.3.2. Náklady na provoz.....	- 38 -
2.4. Porovnání pasivního domu Vohančice a domu Nové Město na Moravě 1 .....	- 40 -
2.5. Porovnání pasivního domu Vohančice a domu Nové Město na Moravě 2 .....	- 42 -

2.6. Celkové srovnání všech domů.....	- 43 -
2.6.1. Náklady na vytápění.....	- 44 -
2.6.2. Náklady na ohřev vody.....	- 45 -
2.6.3. Náklady na osvětlení a spotřebiče.....	- 45 -
2.6.4. Náklady na pomocné energie a rekuperaci.....	- 46 -
2.6.5. Náklady na vodné a stočné.....	- 46 -
2.6.6. Pevné platby za elektrickou energii a zemní plyn.....	- 47 -
2.6.7. Celkové provozní náklady.....	- 47 -
ZÁVĚR.....	- 49 -
SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY.....	- 51 -
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	- 53 -
SEZNAM TABULEK.....	- 54 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	- 55 -



## ÚVOD

Pasivní a nízkoenergetické domy jsou středem pozornosti již mnoho let. V dnešní době, kdy se ceny energií neustále zvyšují, je přirozené, že je o tyto domy z hlediska snížení nákladů na bydlení stále větší zájem. Lidé si zároveň začínají uvědomovat, že nerostné bohatství naší planety není nevyčerpatelné a proto je třeba začít s těmito zdroji šetřit. Dalším důvodem proč stavět nízkoenergetické a pasivní domy je cílené snižování emisí (skleníkové plyny), které mají za následek globální oteplování.

V bakalářské práci chci poukázat na to, aby lidé nepovažovali za prioritu pouze pořizovací náklady, ale aby byli také seznámeni s náklady provozními, jejichž cena se bude v průběhu let neustále zvyšovat. Na základě porovnání provozních nákladů jednotlivých typů domů můžeme zjistit, zda se opravdu pasivní domy vyplatí, jaká je reálná spotřeba energií v těchto domech a jak moc se tato spotřeba odlišuje od domů běžné výstavby.

Již od pradávna, kdy lidé žili ještě v jeskyních, si uvědomovali svoji závislost na přírodě, která jim sloužila jako zdroj energie a obživy. Dokázali efektivně využít vítr i slunce. Není proto divu, že první pasivní domy byly stavěny na principu využití solární energie pronikající do budovy díky vhodně orientovaným proskleným plochám. Postupně se začala zdůrazňovat minimalizace spotřeby tepla na vytápění a to díky zlepšeným tepelným vlastnostem obvodových konstrukcí a zpětného získávání tepla z větracího vzduchu [1 str. 12]. Princip pasivního domu byl vytvořen v průběhu osmdesátých let dvacátého století. Ten měl být založen na návrhu domu, na jehož vytápění by spolu s vnitřními zisky a pasivními solárními zisky získanými okny stačilo takové množství vzduchu, které je nutné přivádět do domu z hlediska hygienických důvodů [1 str. 12]. První pasivní dům byl v tomto standardu postaven v roce 1996 v Darmstadtu, potom se začal vývoj urychlovat. Dalším zlomovým bodem byl evropský projekt CEPHEUS (Cost Efficient Passive Houses as EUropean Standarts), který probíhal v letech 1998 – 2001 [2 str. 17]. Během projektu byly stavěny pasivní domy v pěti evropských zemích, na kterých se prováděl výzkum a měření. Projekt potvrdil realizovatelnost konceptu pasivních domů. Nejvíce se začaly pasivní domy stavět v Rakousku, Německu a ve Skandinávii. U nás v ČR se první pasivní dům s ověřenými parametry a dlouhodobým sledováním postavil v roce 2005 v Rychnově u Jablonce. V současné době je v ČR realizováno cca 100 pasivních domů a

řádově stovky domů nízkoenergetických (jedná se pouze o odhady, oficiální statistika neexistuje) [2 str. 21].

Cílem do budoucna, je rozšířit tuto skladbu o další typologické druhy budov – stavby občanské, obchodní, sportovní a průmyslové objekty. V roce 2010 EU svou směrnicí stanovila požadavek, kterým chce dokázat, aby po roce 2020 celá Evropa stavěla už pouze kvalitní pasivní domy [1 str. 22].

#### Definice pasivních, nízkoenergetický a běžných domů

Pasivní domy můžeme považovat za velmi dobře popsanou podskupinu mezi nízkoenergetickými domy. Jsou to budovy s roční měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 15 [kWhm<sup>-2</sup>] (Tab. 0.1). Velmi přísný požadavek je kladen na celkovou neprůvzdušnost budovy a současně nesmí u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy překračovat 120 [kWhm<sup>-2</sup>] [3 str. 14].

Tab. 0.1 Základní vlastnosti pasivního domu [3 str. 16]

Vlastnosti pasivního domu	
Základní vlastnosti	Požadavek
Měrná potřeba tepla na vytápění	≤ 15 [kWhm <sup>-2</sup> ]
Celková potřeba primární energie	≤ 120 [kWhm <sup>-2</sup> ]
Celková neprůvzdušnost n <sub>50</sub>	≤ 0,6 [h <sup>-1</sup> ]

Tab. 0.2 Základní vlastnosti pasivních domů dle TNI 73 0329 [4]

Rodinný dům - pasivní	
Měrná potřeba tepla na vytápění [kWhm <sup>-2</sup> .a]	≤ 20 (doporučeno)
	≤ 15 (požadováno)

Rozdíl mezi pasivním domem, nízkoenergetickým domem či běžnou budovou není v konstrukčně-technologickém řešení. Liší se však hodnotou měrné potřeby energie budovy na vytápění. U pasivního domu jsou pak hodnoty ještě zpřísněny i v dalších parametrech dle TNI 73 0329 (Tab. 0.3, Tab. 0.2).

Nízkoenergetické domy, jak už vypovídá samotný název, jsou domy s nízkou spotřebou energie, měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující 50 [kWhm<sup>-2</sup>], pokud využívají výkonnou otopnou soustavu [3 str. 14].

Dům běžné výstavby, kde má téměř každá novostavba v dnešní době měrnou potřebu tepla 80 – 140 [kWhm<sup>-2</sup>] v závislosti na faktoru tvaru A/V (Tab. 0.3).

Tab. 0.3 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [3 str. 15]

Rozdělení budov dle potřeby tepla na vytápění	
Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Obvyklá novostavba (dle aktuálních závazných požadavků)	80 - 140 [kWhm <sup>-2</sup> ] v závislosti na faktoru tvaru A/V
Pasivní dům	≤ 15 [kWhm <sup>-2</sup> ]
Nízkoenergetický dům	≤ 50 [kWhm <sup>-2</sup> ]

Energetická náročnost budov, kde je základním hodnotícím ukazatelem celková roční dodaná energie (množství energie dodané do budovy, včetně energie vyrobené v budově obnovitelnými zdroji) a energie, která je v budově spotřebována. Celková dodaná energie představuje potřebu pro vytápění, mechanické větrání, chlazení, přípravu teplé vody a osvětlení. Hodnocení budov v ČR je prováděno podle vyhlášky č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov<sup>1</sup>, pomocí tzv. bilančního hodnocení, což je výpočet energií po jednotlivých časových úsecích ročního provozu (měsíc, den, hodina) [5]

Měrná spotřeba energie budovy se stanoví:

$$EPA = 277,8 \cdot EP / A_c \text{ [kWhm}^{-2}\text{/rok]} \quad (1)$$

EP je vypočtená celková roční dodaná energie v [GJ/rok],

A<sub>c</sub> je celková podlahová plocha v [m<sup>2</sup>].

[6]

---

<sup>1</sup> Vyhláška č 148/2007 sb., o energetické náročnosti budov byla dne 1. 4. 2013 zrušena. Nahradila ji vyhláška 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov. Bakalářská práce je vzhledem k datu zpracování vypracována dle staré vyhlášky 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov.

Třída energetické náročnosti hodnocené budovy se stanoví dle následující tabulky (Tab. 0.4) pro vypočtené měrné potřeby energie v [kWhm<sup>-2</sup>/rok]. Měrné potřeby energie v [kWhm<sup>-2</sup>/rok] ve třídě C jsou pro vyjmenované druhy budov hodnotami referenčními [6].

Tab. 0.4 Tabulka pro stanovení energetické náročnosti budovy [6]

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

Tab. 0.5 Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy [6]

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

# 1. TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1. ZÁKLADNÍ POJMY

Provozní náklady – náklady na zajištění provozu a údržbu budov. Provozní náklady představují tyto položky:

Náklady na vytápění

Náklady na ohřev TUV

Náklady na spotřebu elektrické energie

Náklady na vodné a stočné

Případně náklady na fond oprav

Energetická bilance – poměr mezi energetickými vstupy a výstupy (ztrátami) viz ČSN EN ISO 13790.

Měrná potřeba tepla na vytápění [ $\text{kWhm}^{-2}$ ] – základní ukazatel hodnocení pasivního domu. Udává spotřebu tepla domu za jeden rok, výpočet je uveden v ČSN EN ISO 13790.

Potřeba energie na vytápění [ $\text{kWh}$ ] – tepelná energie, kterou je třeba dodat otopné soustavě pro pokrytí potřeby tepla [3 str. 19].

Rekuperace – rekuperační výměníky odebírají teplo ze znečištěného vzduchu, které potom předají čistému vzduchu, který tím ohřejí.

Zemní výměník tepla – slouží k předehřátí vzduchu v zimě a v létě naopak k jeho ochlazení.

Tepelná ztráta budovy [ $\text{kW}$ ] – množství tepla odvedeného za danou dobu z vytápěného prostoru do vnějšího prostředí prostupem tepla a větráním [3 str. 19].

Ztráta prostupem tepla [ $\text{kW}$ ] – tepelná ztráta prostupem tepla obvodovými konstrukcemi a přes přiléhající zeminu [3 str. 19].

Součinitel prostupu tepla  $U$  [ $\text{Wm}^{-2}\text{k}^{-1}$ ] – hodnotí tepelný tok prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi na nastavené úrovni (požadované, doporučené, nízkoenergetické a pasivní – klesají vůči sobě na 2/3 předchozí úrovně) [7 str. 17].

Obálka budovy – tvoří všechny konstrukce na systémové hranici celé budovy, jež jsou vystaveny venkovnímu prostředí [7 str. 22]

## 1.2. STAVEBNÍ KONSTRUKCE – OBÁLKA BUDOVY

Každý použitý materiál musí odpovídat závazným požadavkům z hlediska stavebního zákona a příslušných vyhlášek, požadavků, pro použití výrobku a mnoha dalším předpisům [3 str. 39]. Při porovnávání jednotlivých variant řešení obvodových konstrukcí, zejména stěn, je nutné konstrukci posuzovat jako celek a zohlednit konstrukční úpravy napojení na navazující konstrukce, spojovací prvky, kotvení stěn k vodorovným konstrukcím apod. [7 str. 39].

Mezi hlavní požadavky související s energetickými vlastnostmi budovy patří zejména [7 str. 40]:

- Omezení prostupu tepla – vyjádřeného za pomoci součinitele prostupu tepla.
- Zajištění dostatečné teploty na vnitřním povrchu konstrukcí i za velmi nízkých venkovních teplot.
- Vyloučení nebo omezení kondenzace vodních par v konstrukcích.
- Vyloučení průniku vzduchu skrz konstrukce, omezení průniku vzduchu funkčními spárami a konstrukčně podmíněnými netěsnostmi.
- Omezení energetického vlivu tepelných mostů v místech napojení konstrukcí mezi sebou.

Stavební konstrukce rozdělujeme na těžké (masivní) a lehké (dřevostavby). Na výstavbu může být použit jakýkoliv materiál, který s dostatečnou vrstvou tepelné izolace zajistí potřebné parametry pro stavbu domu v pasivním standardu.

Obálku budovy tvoří pouze obvodová zeď, ale také základy a střešní konstrukce. Podceňovány bývají izolace podlahy a tepelné mosty, které vznikají při napojování střešních konstrukcí na nosné konstrukce. Kvůli solárním ziskům bývají nízkoenergetické a pasivní domy do značné míry proskleny. Zasklení proto musí být provedeno velmi kvalitně, aby ztráty tepla nebyly vyšší než solární zisky. Proto se při osazování otvorů používají nejčastěji okna s trojsklem nebo bývá prostřední tabule okna nahrazena odrazovou fólií.

### 1.2.1. Součinitel prostupu tepla U [ $\text{Wm}^{-2}\text{k}^{-1}$ ]

Vede k vyváženému řešení jednotlivých konstrukcí, včetně jejich tepelných mostů, zajišťuje optimalizaci jednotlivých tepelných mostů v konstrukci z hlediska jejich souhrnného vlivu (souběžné s optimalizací skladby konstrukce). Jedná se o klasický podklad pro návrh vytápění, větrání nebo klimatizace [7 str. 17]. V hodnotě součinitele prostupu tepla musí být zahrnut vliv očekávaných lokálních zhoršení vlivem různých nehomogenit, spojovacích prvků atd. [3 str. 40].

V průběhu posledních šedesáti let dochází k postupnému zpřísnění požadavků na prostup tepla obvodovými konstrukcemi (Tab. 1.1).

Tab. 1.1 Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540 [1]

Součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí		
Druh konstrukce	Součinitel prostupu tepla U	
	Doporučená hodnota	Dosažitelná hodnota*
Obvodová stěna - masivní	0,25	0,12-0,10
Obvodová stěna - lehká	0,20	0,10-0,08
Střecha	0,16	0,08
Podlaha na terénu	0,30	0,12
Okno	1,20	0,85-0,60
Vstupní dveře	1,20	0,85

\* Prakticky dosažitelná hodnota za obvyklých podmínek, bez extrémně zvýšených nákladů

Dnešní doporučené hodnoty pro běžnou výstavbu nejsou vzdálené od hodnot vhodných pro nízkoenergetickou výstavbu. ČSN 73 0540:2 uvádí, že je pro nízkoenergetické domy vhodné navrhovat součinitel prostupu tepla na úrovni 2/3 normou doporučovaných hodnot (Tab. 1.2). A právě tyto hodnoty jsou potřebné pro domy pasivní [3 str. 40].

Tab. 1.2 Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí pro pasivní a nízkoenergetické domy [3]

Doporučené součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí pro pasivní a nízkoenergetické domy		
Konstrukce	Dle ČSN 73 0540:2	Dle www.passive.de a jiných podkladů
Stěna	0,17-0,13	0,12-0,15
Střecha	0,11	0,1-0,12
Podlaha na terénu	0,27	<0,15
Okna	0,8	0,8

Pro představu vývoje součinitele prostupu tepla z hlediska stáří staveb v ČR uvádím následující tabulku (Tab. 1.3).

Tab. 1.3 Vývoj požadavků na prostup tepla vybranými konstrukcemi vyjádřený součinitelem prostupu tepla [7]

Součinitel prostupu tepla U [ $\text{Wm}^{-2}\text{k}^{-1}$ ]								
U-hodnoty [ $\text{Wm}^{-2}\text{k}^{-1}$ ]	Červen 1949	Březen 1955	Březen 1977	Duben 1992	Květen 1994	Listopad 2002	Listopad 2005	Duben 2007
Střecha	1,163	1,163	0,508	0,316	0,316 (0,276)	0,30 (0,24)	0,24	0,24
Stěna vnější	1,454	1,396	0,894	0,461	0,461 (0,405)	0,38 (0,30)	0,38 (0,30)	0,38 (0,30)
Podlaha na ter. nad SU	-	-	1,091	0,857 (0,600)	1,034 (0,462)	0,60 (0,38)	0,60 (0,38)	0,45 (0,38)
Okno	4,652	4,652	3,7	2,7	2,9	1,8 <sup>1</sup>	1,7 (1,5) <sup>1</sup>	1,7 (1,5) <sup>1</sup>

1\_ Vlastnosti oken uváděné v ČSN 73 0540 měly o 15 % zvýšený součinitel prostupu tepla kvůli nízké tepelné akumulaci, v tabulce uvedeno bez této přírážky.

2\_ Druhé uváděné hodnoty v závorkách platí pro lehké konstrukce s hmotností vnitřních vrstev k tepelné izolaci včetně do 100 [ $\text{kgm}^{-2}$ ].

[7 str. 72]



### 1.3. VYTÁPĚNÍ

Hlavní charakteristikou nízkoenergetických a pasivních domů je nízká spotřeba energie na vytápění. V našich klimatických podmínkách je nutno i u pasivních domů přidat doplňkový zdroj tepla na vytápění. Dá se využít v případě, když nebude dlouhou dobu svítit slunce, když v objektu nebude dostatečný počet osob produkujících teplo, nebo nebude v provozu žádný spotřebič (el. trouba, televize, počítač,..). Na rozdíl od běžné výstavby zde slouží otopný systém pouze k přitápění místností.

I když řešíme stejný problém pokrytí potřeby tepla na vytápění pomocí otopné soustavy jako u běžných domů, jsou zde velké rozdíly. První rozdíl je v tom, že se řeší úplně jiné hodnoty tepelných ztrát a zisků. Dalším rozdílem je volba energetického média, kde nám jde hlavně o to, abychom snížili celkové zatížení životního prostředí. Navíc, některé malé pasivní rodinné domky mají výpočtovou tepelnou ztrátu tak nízkou, že může být velmi obtížné najít dostatečně malý zdroj tepla [3 str. 81].

#### 1.3.1. Volba energetického média

Hlavním rozhodujícím faktorem, podle kterého se lidé rozhodují jaké médium zvolit je cena (investiční i provozní náklady). Mezi nejčastější patří zemní plyn, dřevo (paletky, kusové dřevo, dřevěné štěpky) a elektrická energie. Vhodným způsobem se dá také využít sluneční energie v podobě solárního systému.

Dle stanovené tepelné ztráty budovy se hledá vhodný energetický zdroj, který bude mít dostatečnou kapacitu a vysokou účinnost. Z plynových kotlů se bude jednat o kondenzační kotle, které využívají i teplo z odváděných spalin a u kotlů na dřevo půjde hlavně o tzv. zplyňovací kotle. Mnohdy se dostaneme do situace, kdy veškeré tyto energetické zdroje budou pro náš dům příliš velké. Proto se navrhnou tzv. akumulční nádrže, které navíc mohou soustřeďovat energii i z jiných energetických zdrojů o různé teplotní úrovni [3 str. 82].

#### Elektrická energie

V případě volby zdroje na elektrickou energii např. solární panely, elektrokotle a různé kompaktní jednotky, je na jejich spotřebu uplatňován příslušný zvýhodněný tarif. Tento tarif je uplatňován i pro spotřebu elektřiny na osvětlení a provoz el. spotřebičů.

Tarif D 56d dvoutarifová sazba pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. Dubna 2005 – operativní řízení doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin. Tarif D 26d dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin pro vytápění. Naproti tomu běžné domy, které nemají žádná tepelná čerpadla ani akumulární jednotky jsou řazeny k tarifu D 02d, jedná se pouze o jednotarifovou sazbu pro střední spotřebu elektrické energie.

### Tepelné čerpadlo

Provozem tepelného čerpadla neunikají do ovzduší žádné emise. Jde o zařízení, které umí přeměnit teplo obsažené v okolním prostředí na energii, která se využívá na vytápění a ohřev teplé užitkové vody. V zemi, vzduchu i ve vodě je obsaženo velké množství tepla. Problémem je, že jde o teplo s teplotou velmi nízkou, která neumožňuje přímé využití pro vytápění nebo ohřev vody. Pokud chceme využívat takové teplo o nízké teplotě, musíme je převést na teplotu vyšší. Prakticky dochází k tomu, že látku (zemi, vodu nebo vzduch) ochladíme o několik málo stupňů, čímž odebereme teplo, a tuto energii z odebraného tepla využijeme při ohřevu jiné látky [8].

Tepelná čerpadla se dělí na různé typy podle toho, odkud teplo odebírají a jaké látce teplo předávají.

- vzduch/voda - odebírá teplo z okolního vzduchu a předává vodě do topného systému. [9]
- vzduch/vzduch - předává teplo vnitřnímu vzduchu a je tedy určeno pro teplovzdušné vytápění nebo klimatizaci. [9]

Nejobvyklejší kombinace jsou: vzduch/voda

vzduch/vzduch

voda/voda

země/voda

Tepelný výkon tepelného čerpadla je dán součtem energie odebrané z okolního prostředí (ze země, vody nebo vzduchu) a elektrické energie dodané pro pohon kompresoru (při provozu dochází ke ztrátám určité části energie do okolního prostředí).

Pro porovnání efektivity provozu jednotlivých tepelných čerpadel slouží tzv. topný faktor. Topný faktor je bezrozměrné číslo, které lze přirovnat k účinnosti udávané běžně u ostatních zdrojů tepla. Hodnota topného faktoru se pohybuje v rozsahu 2,5 - 4 a čím je toto číslo větší, tím je provoz tepelného čerpadla efektivnější. Hodnota 3 tedy znamená, že dodáním 1 [kWh] elektrické energie, získáme 3 [kWh] tepelné energie pro vytápění [10].

Výkony tepelných čerpadel pro běžné rodinné domy se většinou pohybují v rozsahu 4-10 [kW]. U tepelných čerpadel vzduch/voda je třeba počítat s tím, že jeho výkon klesá s venkovní teplotou.

Ekonomické zhodnocení investice do tepelného čerpadla lze provést porovnáním investičních a provozních nákladů s jiným zdrojem tepla. Délka návratnosti investice v porovnání většinou s vytápěním zemním plynem nebo elektřinou se podle těchto podkladů pohybuje v rozmezí 4 až 8 let. Hlavní problém výpočtu návratnosti investice do tepelného čerpadla spočívá v nutnosti odhadu budoucího růstu cen energií. Životnost tepelných čerpadel udávaná různými výrobci se pohybuje v rozmezí 15 až 20 let. V tomto časovém horizontu vývoj cen energií prakticky nelze předpokládat [10].

#### Dřevo

Kusové dřevo je v dnešní době nejlevnější zdroj energie. Proto jsou tyto kotle v dnešní době velmi oblíbené. Krbová kamna a krbové vložky potom doplňují interiér o sálavou složku tepla. Prostřednictvím výměníků umožňují ohřev teplé vody. Tyto kotle však vyžadují velmi vysoké náklady na regulaci [2 str. 257]

#### Slunce

Pomocí solárních termických kolektorů se zpracovává sluneční energie. Právě proto se umísťují na jižní strany domů, nejlépe na střechy, které nejsou zastíněny. Jejich sklon má být 30 – 45°. Orientačně je zapotřebí plocha kolektoru cca 1,5 [m<sup>2</sup>/osobu], celoroční účinnost cca 60%. Minimální garantovaná životnost je 20 let [2 str. 256].

#### Kompaktní agregáty

Jak už sám název napovídá, jde o kompaktní zařízení, které obsahuje veškeré potřebné komponenty – malé tepelné čerpadlo, větrací jednotku s rekuperací, přídatné

elektrické vytápění, výměník, přípravu a zásobník teplé vody, možnost připojení k solárnímu systému.

Tepelný výkon je v rozmezí 1 – 2 [kW]. Jde o průmyslově vyrobenou technologii, která je na stavbě připojena k rozvodům. Jednoduchá obsluha a regulace však mají za následek vyšší ceny. Jedná se o komplexní obsluhu pasivního domu, do velikosti užité plochy 250 [m<sup>2</sup>] [2 str. 259].

#### **1.4. OHŘEV VODY**

Součástí kotlů je ohřev teplé vody solárním systémem a její akumulace v zásobnících o objemu 300 – 500 [l]. U pasivních domů se nejčastěji používá sdružený ohřev teplé vody a topení. Kotle, kamna, tepelná čerpadla, solární panely prostřednictvím vodního okruhu akumulují teplou vodu v zásobníkovém ohříváči. Pomocí tohoto zásobníkového ohříváče je zásobován topný okruh podlahového vytápění, topné žebříky i výměník rekuperační vzduchové jednotky. Zásobník musí být dokonale tepelně izolován. Rozvody zabudované v podlaze musí být umístěny ve středu izolační vrstvy podlahy, nesmí ležet na základové nebo stropní desce [2 str. 263].

#### **1.5. VĚTRÁNÍ**

Větrání má zásadní význam na kvalitu vnitřního prostředí. Množství vzduchu se určuje podle počtu osob, které v domě pobývají. V každém domě by se mělo pravidelně větrat. Okna by se měla otvírat na 3-5 minut každé dvě hodiny. V zimě se v důsledku velkých tepelných ztrát okna otvírají méně. V místnostech se hromadí oxid uhličitý, zvyšuje se relativní vlhkost a růst plísní.

Existují různé způsoby větrání:

Přirozené větrání

- Jde o větrání, které řídí sám člověk/uživatel domu. Podle svého uvážení otvírá a zavírá okna. Podmínkou pro přirozené větrání je tlakový rozdíl mezi vnitřním a vnějším prostředím (teplotní rozdíly vzduchu, účinky větru)

Nucené (řízené) větrání

- Tlakového rozdílu je dosaženo pomocí různých vzduchotechnických zařízení. Systém nuceného větrání má řadu výhod. Množství vzduchu je relativně přesně dávkováno, proto uživatel nemá důvod větrat trvale pootevřenými okny. Účinně lze zpětně získávat teplo z odváděného vzduchu a tak šetřit energií. Poslední výhodou je kombinace systému nuceného větrání s dalšími prvky, např. zemními výměníky [3 str. 85].

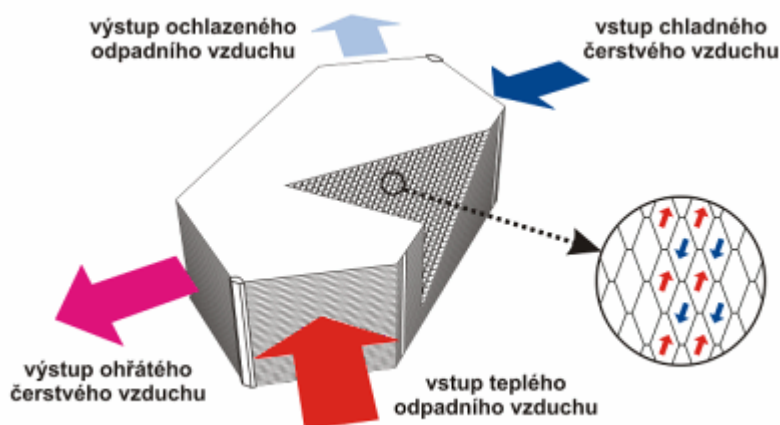
Nucené větrání je nezbytnou součástí nízkoenergetických a pasivních domů. Pro pasivní a nízkoenergetické domy znamenají otevřená okna příliš velkou tepelnou ztrátu a proto se v nich uplatňují větrací jednotky s rekuperací. Jde o princip řízeného větrání s rekuperací.

### **1.5.1. Rekuperace**

Jinými slovy také zpětný zisk tepla při větrání. Do stavby je z vnějšího prostředí nasáván vzduch, který je potom rekuperační jednotkou rozváděn do jednotlivých místností. Naopak špatný vzduch, obsahující značné množství oxidu uhličitého je rekuperační jednotkou odváděn pryč z místností do exteriéru. V zimě navíc dochází v rekuperačních jednotkách k přehřevu nasávaného vzduchu a v létě k jeho částečnému ochlazení.

Rekuperační jednotka

Rekuperační jednotky se zpravidla umísťují do technické místnosti, sklepa, podkroví. Rozvody mohou být umístěny v podhledech pod stropem, podlahách, nebo ve stěnách. Tyto umístění mají své výhody. Lidé se často bojí, že jsou rekuperační jednotka a vzduch proudící rozvodným potrubím za neustálého provozu moc hlučné. Přenos hluku v rozvodném potrubí je ale vyřešen pomocí akustických tlumičů a samotná jednotka je schválně umístěna v místnostech, kde není tak vysoký požadavek na bezhlučnost. Tato obava je tedy neopodstatněná.



Obr. 1.1 Funkční schéma protiproudého rekuperačního výměníku [11]

Toto řešení a přizpůsobení vnitřních kanálků tvarům, kde bude co největší turbulence vzduchu, za co nejmenších tlakových ztrát rekuperátoru, způsobilo, že účinnosti těchto rekuperátorů vzrostly z původních 50 - 60 % na dnešních 80 - 90 %. Díky jednoduchosti výroby a nízkým nákladům se stávají zejména pro menší vzduchotechnická zařízení jednoznačně nejpoužívanějšími rekuperátory současnosti. Nízká cena a možnosti použití při vysoké účinnosti způsobilo zájem investorů o stavby nízkoenergetických a pasivních budov, ve kterých jsou tato zařízení nezbytně požadovanou součástí [11].

Existují také různé koncepce větrání pomocí rekuperačních jednotek:

1) Centrální koncepce

Centrální řešení obsahuje jednu větrací jednotku s rekuperací pro celý objekt. Do jednotlivých místností jsou vedeny rozvody pro přívod nebo odtah vzduchu [12].

2) Decentrální koncepce

Jde o odvětrání jednotlivých místností samostatnými menšími větracími jednotkami. Dimenzovány jsou většinou na menší objemy větraného vzduchu do 150 [m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>] [12].

3) Semicentrální koncepce

Vychází z kombinace dvou předcházejících systémů a snaží se využít jejich výhod. Využívá se nejčastěji u vícepodlažních objektů (renovace panelových domů), kde je centrální řešení kvůli délce rozvodů a složité

regulovatelnosti nerealizovatelné. Decentrální řešení je zas příliš nákladné. Kompromisně se tedy využívá centrálního rekuperačního výměníku, který využívá všechny decentrální větrací jednotky zapojené v systému [12].

Tento systém řízeného větrání bývá často doplňován o zemní výměník.

### **1.5.2. Zemní výměník**

Zemní výměník je vhodným doplňkem větracího systému s rekuperací tepla. Čerstvý vzduch je veden potrubím v zemi nejčastěji v hloubce okolo 2 [m] pod úroveň terénu. Tento systém tvoří účinnou protimrazovou ochranu vzduchotechnické jednotky [3 str. 87]. V letním období se vzduch od zeminy ochlazuje a naopak v zimním období se vzduch od zeminy ohřívá. Jedná se tak o velmi levný způsob využití přirozené energie země pro chlazení a ohřev vzduchu. Energie je spotřebovávána pouze pro práci ventilátorů zajišťujících přesun vzduchu.

Hlavním úkolem zemního výměníku tepla je udržet tepelnou stabilitu místnosti. Brání v přehřívání nebo přechlazení místnosti. Díky akumulární schopnosti zeminy se její teplota v určité hloubce pod povrchem mění jen velmi málo. A právě díky této schopnosti zeminy rozlišujeme dva typy zemních výměníků.

#### 1) Vzduchové zemní výměníky

- Mohou být jednotrubkové nebo vícetrubkové. Kolektor je umístěn mimo zastavěnou plochu domu (aby nedocházelo k prochlazování spodní stavby).

#### 2) Solankové výměníky

- Jedná se o zařízení, které přenáší teplo na principu voda/vzduch. Z hlediska účinnosti jsou solankové výměníky méně účinné než vzduchové výměníky.
- Vzduchová potrubí jsou nahrazena uzavřeným okruhem z PE trubek, které jsou naplněny solankovým roztokem (solný roztok). Vedle topného registru z trubek je zapotřebí expanzní nádoba, oběhové

čerpadlo a solankový výměník, který předává teplo do ventilace [2 str. 255]

### **1.5.3. Neprůvzdušnost**

Jednou z hlavních podmínek neprůvzdušnosti je dokonalá těsnost obálky budovy. Malými otvory a netěsnostmi v obálce uniká teplo s vlhkostí a vzniká tak možnost, že vnitřní vlhkost bude kondenzovat uvnitř konstrukce, kterou tím může poškodit. Netěsnost obálky současně ovlivňuje i efektivitu zpětného zisku tepla větracího systému, protože se vzduch vyměňuje netěsnostmi místo toho, aby procházel rekuperačním výměníkem [13].

Ke kontrole, zda je stavba správně utěsněna, se provádí tzv. zkouška těsnosti. Jednotlivá měření, jejichž výsledkem je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu  $n_{50}$ . Hodnota  $n_{50}$  musí být menší než 0,6 [h<sup>-1</sup>]. To znamená, že při stejném tlakovém rozdílu 50 [Pa] by se netěsnostmi nemělo za hodinu vyměnit více než 60 % celého objemu vzduchu v objektu [13].

## **1.6. ELEKTROINSTALACE A OSVĚTLENÍ**

V případě spotřebičů se doporučuje používat pouze ty s nejlepšími energetickými parametry (třída A, A+, A++). Pokud je v budově používán solární systém, doporučuje se napojit na tyto rozvody pračku a myčku nádobí. Předpokládá se, že v nejteplejších měsících v roce bude v zásobníku přebytek energie, která by jinak nebyla využita.

Elektrická energie je ovšem využívána také jako pohon pro systémy domovní techniky (čerpadla, ventilátory).

Samostatné osvětlení domu má být navrženo tak, aby nám po co nejdélnější dobu vystačilo přirozené denní světlo. Jde hlavně o správný návrh okenních otvorů a jejich situování vzhledem k světovým stranám. Umělé osvětlení domu má být navrženo s ohledem na optický komfort, ale také zároveň na úspory energie. Samozřejmostí jsou tak úsporné zářivky. Začíná se přemýšlet o LED svítidlech. Uplatňují se i systémy na regulaci osvětlení a spínané spoje s čidly pohybu [3 str. 88].



## **1.7. ÚDRŽBA DOMU**

Životnost každé stavby závisí na její údržbě. Proto je dobré zaměřit se na údržbu právě těch částí domu, které přispívají k nízké energetické náročnosti – vzduchotěsná, tepelná obálka domu a technická zařízení.

### **1.7.1. Systém řízeného větrání s rekuperací tepla**

Rekuperační jednotka se spolu s rozvody musí chránit proti znečištění. A to jak v montážním stádiu, tak i při běžném užívání. Vzduchotechnická jednotka produkuje při své činnosti kondenzát, který je sveden do technické místnosti přes zápachovou uzávěrku do kanalizace [2 str. 298]. Těsně před samotnou přejímkou uživatelem domu je proto nutno vyměnit filtr v jednotce.

### **1.7.2. Vzduchotechnická jednotka**

Přestože se jedná poměrně o jednoduché zařízení, musíme dodržet pravidelné servisní kontroly a výměny filtrů. Minimální výměna 1x/rok. Musíme také pravidelně kontrolovat průběžné a koncové šachty zemního kolektoru a odstraňovat z nich případné nečistoty a kondenzát. U koncové šachty musíme pravidelně měnit i filtr [2 str. 298].

### **1.7.3. Elektro rozvody**

Povinná revize by měla probíhat jednou za pět let. Jakékoliv zásahy a úpravy tohoto systému by měl provádět pouze odborník.

### **1.7.4. Fotovoltaické a solární termické kolektory**

Fotovoltaické kolektory se sklonem nad 15° mají v podstatě samočisticí schopnost. Do 15° je třeba jednou za rok omýt tyto kolektory proudem vody bez saponátů. Pravidelně musíme kontrolovat kotvení panelů, na ploché střeše uložení patek [2 str. 299].

U termických solárních kolektorů musíme jedenkrát za rok za slunného dne překontrolovat spoje, přípojky, těsnění a tlak v soustavě. Teplosměnnou kapalinu doplňujeme jednou za dva roky

## 2. PRAKTICKÁ ČÁST

V praktické části se zaměřím na srovnání provozních nákladů pasivních domů a domů běžné výstavby. Budu porovnávat domy, které jsou postaveny v oblasti Žďárských vrchů na Vysočině v Novém Městě na Moravě s domem, který stojí v Jihomoravském kraji v obci Vohančice nedaleko Tišnova.

### 2.1. RODINNÝ DŮM NOVÉ MĚSTO NA MORAVĚ 1

Dům byl postaven roku 2004, v regionu Vysočina v oblasti Žďárských vrchů. Jde o třípodlažní rodinný dům obdélníkového půdorysu se sedlovou střechou. V domě bydlí 4 osoby. V přízemí se nachází nevytápěná garáž. Obytná plocha domu je 195,6 [m<sup>2</sup>] bez nevytápěné garáže. Dům není nijak zateplen.

Základy jsou tvořeny železobetonovou deskou, nosné obvodové zdi jsou z cihelných bloků POROTHERM tloušťky 440 a 300 [mm]. Vnitřní nosné stěny jsou z cihelných bloků POROTHERM tloušťky 300 [mm], příčky jsou z plných nebo dutých cihel tloušťky 65 a 150 [mm]. Strop je navržen polomontovaný z nosníků POROTHERM a keramických stropních vložek MIAKO 15/62,5 a 19/62,5. Okna i vchodové dveře jsou plastové. Konstrukce obálky budovy odpovídá normovým hodnotám součinitele prostupu tepla z listopadu roku 2002 (viz Tab. 1.3).

Dispoziční řešení domu: obývací pokoj, kuchyně, 2x dětský pokoj, ložnice, pracovna, pokoj pro hosty, prádelna (slouží i jako technická místnost), 3x WC, koupelna dílna, komora, spížka, sklad zeleniny. V nevytápěné části domu se nachází garáž.

Technické zařízení budovy: kondenzační plynový kotel Baxi s teplovodním nuceným oběhem, který zajišťuje ohřev teplé vody. Filtrační písková jednotka, zajišťující čistotu vody ve venkovním bazénu. Dům nemá žádné solární panely ani tepelná čerpadla.



*Obr. 2.1 Rodinný dům Nové Město na Moravě I*

### **2.1.1. Energetická bilance**

Měrná potřeba tepla na vytápění je stanovena na 201 [kWhm<sup>-2</sup>]. Tato hodnota je však stávajícími technologiemi neměřitelná, jedná se o hodnotu stanovenou podrobným výpočtem zohledňujícím místní klimatické podmínky, skutečné vnitřní zisky, tepelné vazby, orientaci objektu apod. Tvar, konstrukce ani počet podlaží objektu nemusejí být v tomto případě definovány, protože jejich vlastnosti jsou začleněny v podmínce stanovené měrné potřeby tepla na vytápění. Nutně ovšem musíme definovat velikost podlahové plochy rodinného domu (jedná se o vztažnou jednotku pro výpočet potřeby tepla na vytápění). Vnitřní vytápěná podlahová plocha objektu je ve výpočtech uvažována 195,6 [m<sup>2</sup>].

Měrná spotřeba energie budovy se stanoví z rovnice (1):

$$EP_A = 201 \text{ [kWhm}^{-2}\text{/rok]}$$

Dle vyhlášky 148/2007 Sb., jde o budovu spadající do energetické náročnosti skupiny E. A tedy o budovu energeticky nevhodnou. Nejedná se o novostavbu, dům

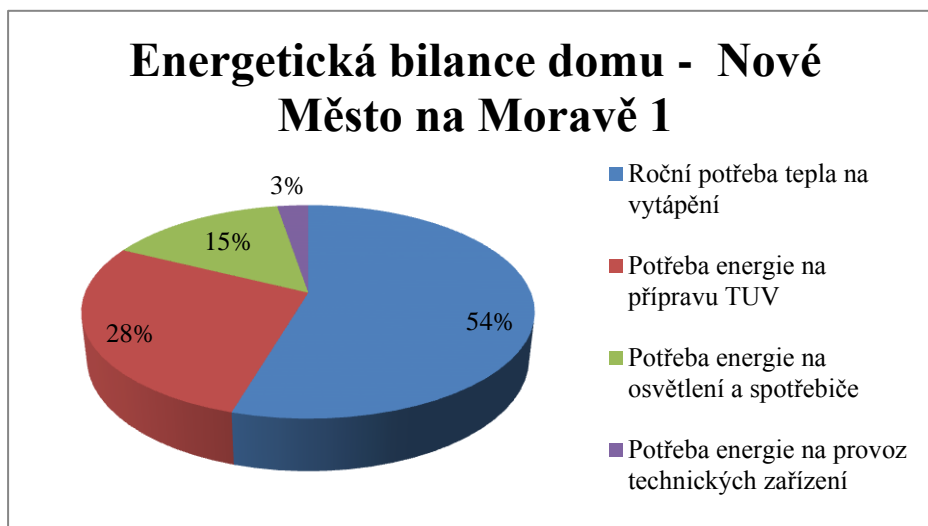
je již 9 let starý. Hodnota 201 [kWhm<sup>-2</sup>/rok] je způsobena nevhodným užíváním energií.

Roční potřeba tepla na vytápění představuje 21 516 [kWh/rok]. Dům obývá čtyřčlenná domácnost a tak je potřeba tepla na přípravu teplé vody 10 930 [kWh/rok].

Spotřeba energie na osvětlení a spotřebiče je 5 935 [kWh/rok] a spotřeba energie na provoz technického zařízení je 1 037 [kWh/rok], jak lze vidět na následující tabulce (Tab. 2.1).

Tab. 2.1 Energetická bilance běžného domu Nové Město na Moravě 1

Energetická bilance		
Parametry		Jednotky
Podlahová plocha	195,6	m <sup>2</sup>
Měrná potřeba tepla na vytápění	201	kWhm <sup>-2</sup> /rok
Roční potřeba tepla na vytápění	21516	kWh/rok
Potřeba energie na přípravu TUV	10930	kWh/rok
Spotřeba energie na osvětlení a spotřebiče	5935	kWh/rok
Spotřeba energie na provoz technických zařízení	1037	kWh/rok



Obr. 2.2 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 1

Na Obr. 2.2 je zobrazen graf, který uvádí procentuální vyjádření jednotlivých složek, které tvoří provozní náklady domu. Z grafu je patrné, že největší roční potřeba energie padne na vytápění, téměř 54 %. Je to zřejmě způsobeno tím, že dům je postaven na Vysočině, kde jsou náročné klimatické podmínky a zcela se odlišují od

Jihomoravského kraje, v kterém je postaven pasivní dům. Topná sezóna tady začíná prakticky koncem září. Topí se zde až do konce března nepřetržitě a v dubnu a začátkem května je třeba nepravidelného přitopení. Právě proto je potřeba energie na vytápění tak vysoká. Potřeba energie na přípravu teplé užitkové vody činí 28 %, 15 % tvoří energie na osvětlení a spotřebiče, 3 % jsou energie na provoz technických zařízení.

### 2.1.2. Náklady na provoz

Struktura provozních nákladů

- Náklady na palivo (vytápění a příprava teplé vody)
- Stálé měsíční platby za elektrickou energii a zemní plyn
- Náklady na osvětlení, el. spotřebiče
- Náklady na vodné a stočné
- Náklady na údržbu celého systému

Tab. 2.2 zobrazuje rozdělení provozních nákladů. Náklady na elektrickou energii jsou ohodnoceny cenou z příslušného tarifu. V našem případě se jedná o tarif D 02d pro maloodběratele (Tab. 2.4). Totéž se týká ceny za plyn, který je tarifně stanoven dle ročního odběru (Tab. 2.3) a ceny za vodné a stočné, které dohromady činí 77,7 [Kč/m<sup>3</sup>] (Tab. 2.5).

Tab. 2.2 Provozní náklady Nové Město na Moravě 1

Provozní náklady		
Náklady na vytápění	25 604	Kč
Náklady na ohřev vody	13 007	Kč
Náklady na osvětlení a spotřebiče	27 479	Kč
Náklady na pomocné energie	4 801	Kč
Náklady na vodné a stočné	14 141	Kč
Pevná platba - elektrická energie	1 555	Kč
Pevná platba - zemní plyn	6 717	Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA PODLAHOVOU PLOCHU	447	Kč/m <sup>2</sup>
PROVOZNÍ NÁKLADY CELKEM	93 305	Kč

Tab. 2.3 Cena zemního plynu [14]

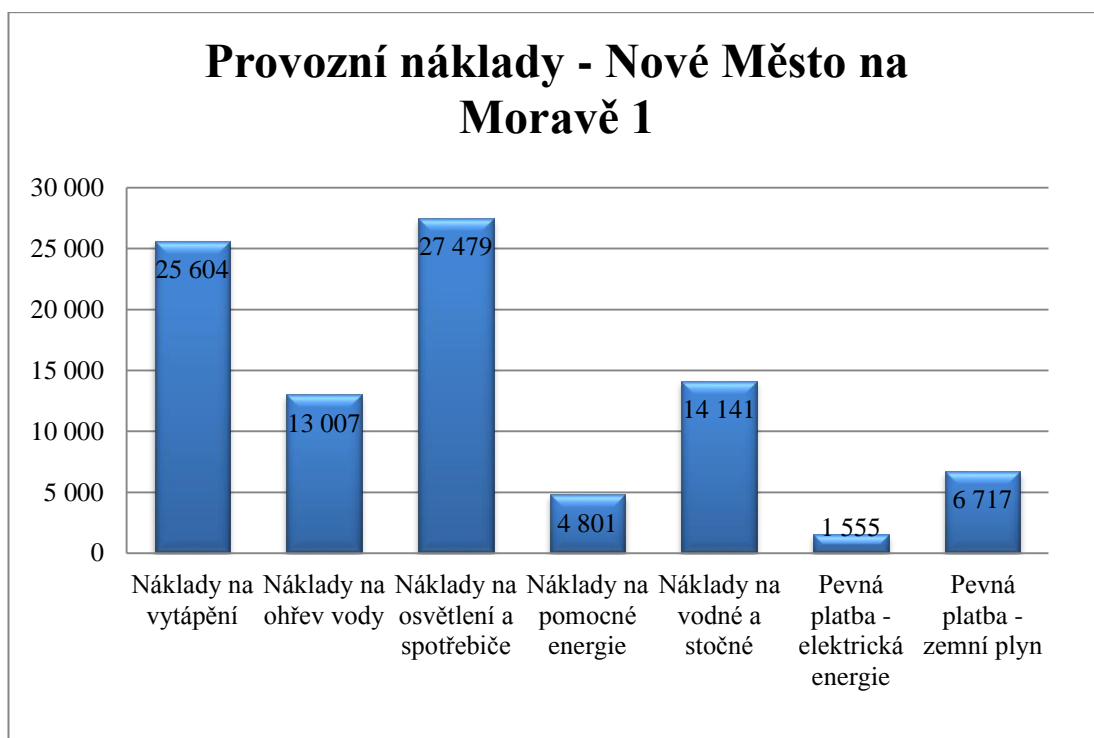
Cena zemního plynu		
Jednotková cena	1,19	Kč/kWh
Pevná platba	559,74	Kč/měsíc

Tab. 2.4 Cena elektrické energie [15]

Cena elektrické energie - tarif D 02d		
Jednotková cena	4,63	Kč/kWh
Pevná platba	129,6	Kč/měsíc

Tab. 2.5 Cena vodného a stočného [16]

Cena vodného a stočného – Žďársko		
Vodné	45	Kč/m <sup>3</sup>
Stočné	32,7	Kč/m <sup>3</sup>
Celkem	77,7	Kč/m <sup>3</sup>



Obr. 2.3 Výše provozních nákladů Nové Město na Moravě 2

Obr. 2.3 znázorňuje graf s ročními provozními náklady na vytápění, vodné a stočné, přípravu teplé vody, včetně údržby systému a pevných plateb za elektrickou energii a zemní plyn.

## 2.2. RODINNÝ DŮM NOVÉ MĚSTO NA MORAVĚ 2

Dům byl vybudován v roce 1942. Jedná se tedy o dům, který je již 72 let starý. Řadový třípodlažní dvougenerační dům, který byl postaven v regionu Vysočina v oblasti Žďárských vrchů stejně jako dům 1. Budova má obdélníkový půdorys, je zasklepena. V budově bydlí 5 osob.

Z důvodu značného stáří byly na domě provedeny rekonstrukce a bylo provedeno zateplení na dvou obvodových stěnách. Zateplení je zhotoveno z izolace Isover NF 333 V 10 tl 100 [mm]. Střecha je sedlová, stropy provedeny z keramických nosníků HURDIS. Základová deska je ze železobetonu. Nosné obvodové zdivo je z CPP tl 450 [mm]. Vnitřní nosné zdivo z CPP tl. 300 [mm] a příčky „štorcky“ také z CPP. Okna i vchodové dveře jsou dřevěné. Dům svojí skladbou konstrukce a obálkou budovy před rekonstrukcí odpovídal hodnotám součinitele prostupu tepla z června roku 1949. Nyní po rekonstrukci a zateplení se hodnoty součinitele prostupu tepla blíží hodnotám z listopadu roku 2002 (viz Tab. 1.3).

Dispozice domu: 2x obývací pokoje, 2x kuchyně, 2x ložnice, 5x pokoj, 3x koupelna, 3x WC, 3x spížka, technická místnost – kotelna. V nevytápěné části domu se nachází sklep.

Technické zařízení budovy: zplyňovací kotel Atmos, 3x akumulční nádrž (3x3 m<sup>3</sup>). Dům nemá solární panely, ani tepelná čerpadla.





*Obr. 2.4 Rodinný dům Nové Město na Moravě 2*

### **2.2.1. Energetická bilance**

Dle vyhlášky 148/2007 Sb., jde o budovu spadající do energetické náročnosti skupiny D, o budovu energeticky nevyhovující.

Velikost vytápěné plochy rodinného domu je 225 [m<sup>2</sup>].

Měrná spotřeba energie budovy se stanoví z rovnice (1):

$$EP_A = 171 \text{ [kWhm}^{-2}\text{/rok]}$$

Dům obývá pětičlenná domácnost. Roční spotřeba tepla na vytápění je 30 697 [kWh/rok]. V domě se během topné sezóny topí dřevem, v případě potřeby se přitápí za pomoci elektrického proudu. Hodnoty energií z elektřiny a dřeva pro potřebu tepla na vytápění jsou zapsány v následující tabulce (Tab. 2.6).



Tab. 2.6 Rozdělení energie pro potřeby vytápění

Elektrická energie a dřevo na vytápění		
Dřevo (18 plm)	29 424	kWh/rok
Elektrická energie vytápění	1 273	kWh/rok
Celkem	30 697	kWh/rok

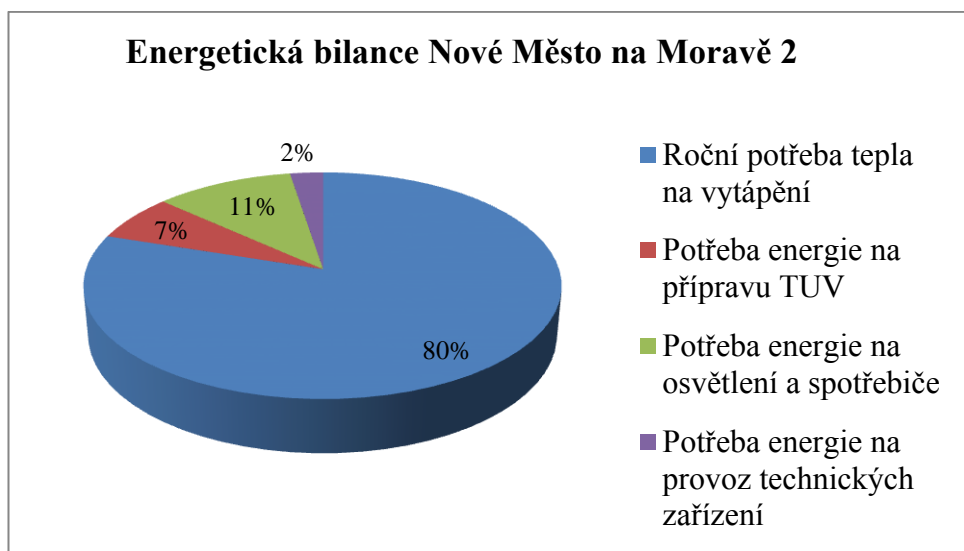
Vzhledem k tomu, že se jedná o řadový rodinný dům, kde jedna strana domu sousedí s vedlejším domem a druhá strana se stodolou (garáží) nejsou tepelné ztráty objektu tak velké. Pokud by stál dům samostatně, byla by energie potřebná na vytápění mnohem vyšší.

Potřeba energie na přípravu teplé užitkové vody je 2 555 [kWh/rok]. Energie na osvětlení a spotřebiče je 4 125 [kWh/rok] a energie potřebná na provoz technických zařízení činí 985 [kWh/rok] (Tab. 2.7).

Tab. 2.7 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 2

Energetická bilance		
Podlahová plocha	225	m <sup>2</sup>
Měrná potřeba tepla na vytápění	171	kWhm <sup>-2</sup> /rok
Roční potřeba tepla na vytápění	30 697	kWh/rok
Potřeba energie na přípravu TUV	2 555	kWh/rok
Potřeba energie na osvětlení a spotřebiče	4 125	kWh/rok
Potřeba energie na provoz technických zařízení	985	kWh/rok

Na následujícím obrázku (Obr. 2.5) je graf, který zobrazuje procentuální rozdíly jednotlivých položek tvořící energetickou bilanci. Z grafu je patrné, že nejvíce energie je spotřebováno, stejně jako u domu 1, na vytápění 80 %. 11 % energie je spotřebováno na osvětlení a spotřebiče a 7 % energie je využíváno na přípravu TUV. Zbývá 2 % tvoří energie potřebná na provoz technických zařízení.



Obr. 2.5 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 2

### 2.2.2. Náklady na provoz

Struktura výpočtu provozních nákladů bude velice podobná 1. rodinnému domu z Nového Města na Moravě. Rozdíl bude pouze ve vytápění. První rodinný dům je vytápěn plynem. Druhý rodinný dům je vytápěn dřevem. V případě potřeby byla použita na přitápění elektrická energie. Díky akumulárnímu vytápění a zplyňovacímu kotli, je dům zařazen v elektrické tarifní skupině D 26d. Jedná se o dvoutarifovou sazbu s operativním řízením doby splatnosti nízkého tarifu po dobu 8 hodin. Ceny za vodné a stočné jsou totožné s prvním rodinným domem (Tab. 2.5). Ceny za dřevo jsou uvedeny v Tab. 2.10 a ceny za elektrickou energii Tab. 2.9.

Tab. 2.8 Provozní náklady domu Nové Město na Moravě 2

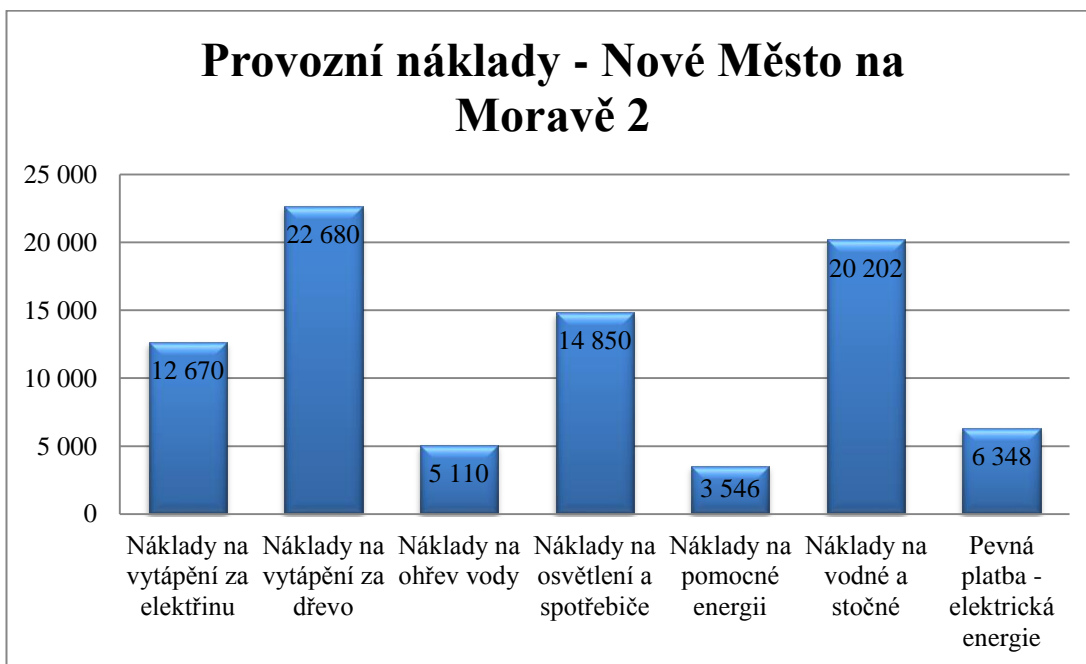
Provozní náklady		
Náklady na vytápění za elektřinu	12 670	Kč
Náklady na vytápění za dřevo	22 680	Kč
Náklady na ohřev vody	5 110	Kč
Náklady na osvětlení a spotřebiče	14 850	Kč
Náklady na pomocné energii	3 546	Kč
Náklady na vodné a stočné	20 202	Kč
Pevná platba - elektrická energie	6 348	Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA PODLAHOVOU PLOCHU	380	Kč/m <sup>2</sup>
PROVOZNÍ NÁKLADY CELKEM	85 406	Kč

Tab. 2.9 Cena elektrické energie D 26d [17]

Cena elektrické energie - Tarif D 26d		
Nízký tarif	2	Kč/kWh
Vysoký tarif	3,6	Kč/kWh
Pevná platba	529	Kč/měsíc

Tab. 2.10 Cena dřeva [18]

Cena dřevo (smrk)		
1 prm	900	Kč
25,2 prm	22 680	Kč



Obr. 2.6 Výše provozních nákladů domu Nové Město na Moravě 2

Z výše uvedeného obrázku (Obr. 2.6), na kterém je zobrazen graf výše ročních provozních nákladů vyplývá, že nejvyšší náklady tvoří náklady na vytápění. Dohromady za dřevo a elektrickou energii tvoří částku 35 350 Kč. Druhou nejvyšší nákladovou položku tvoří vodné a stočné a to ve výši 20 202 Kč. Naopak velice nízké jsou náklady na ohřev teplé užitkové vody, 5 110 Kč. Nejnížší jsou náklady na pomocné energie, 3 546 Kč.

### 2.3. PASIVNÍ DŮM VOHANČICE

Dům byl postaven roku 2010 ve vesnici Vohančice, která se nachází v Jihomoravském kraji, nedaleko Tišnova. Dům je dvoupodlažní, obdélníkového půdorysu a nepodsklepený. První podlaží je částečně osazeno ve svažitém terénu. Dům je trvale obydlen čtyřmi obyvateli. Vnitřní vytápěná plocha všech podlaží budovy je 200 [m<sup>2</sup>].

Zastřešení je tvořeno sedlovou střechou krytou taškami Bramac. Základová deska je ze železobetonu. Obvodové zdivo v prvním podlaží je tvořeno základovými tvárniciemi – ztraceným bedněním tl. 200 [mm], a tepelnou izolací Styrotrade tl. 250 [mm]. Tepelná izolace pod terénem perimetr, tl 300 [mm]. Obvodové zdivo druhého podlaží tvoří VPC cihly KM Beta tl. 240 [mm] a tepelná izolace Styroterm 70 plus tl. 250 [mm]. Vnitřní zdivo je z cihel VPC 240 [mm] a příčky jsou z VPC cihel tl. 115 [mm]. Střešní konstrukce je tvořena dřevěnými vazníky. Výplně vnějších otvorů tvoří okna s izolačním trojsklem a dřevěné vstupní dveře. Obálka budovy odpovídá požadavkům pro součinitele prostupu tepla z dubna roku 2007 (viz Tab. 1.3).

Dispozice domu: obývací pokoj, pokoj pro hosty, technické zázemí, prádelna, 2x koupelna, 2x WC, vstupní hala, šatna, pracovna, 2x dětský pokoj, ložnice. Dalším objektem na pozemku je podsklepená dvougaráž, která se nevytápí.

Technické zařízení budovy: pro teplovzdušné vytápění je v domě nainstalováno tepelné čerpadlo IVT Nordic Inverter KHR – typ vzduch – vzduch. TČ je určené pro vytápění a letní klimatizaci. Čerpadlo se skládá z venkovní a vnitřní jednotky umístěné na obvodové stěně daného prostoru. Vzduchotechnická jednotka Paul Santos zajišťující celoroční rekuperaci vzduchu.



*Obr. 2.7 Pasivní dům Vohančice*

### **2.3.1. Energetická bilance**

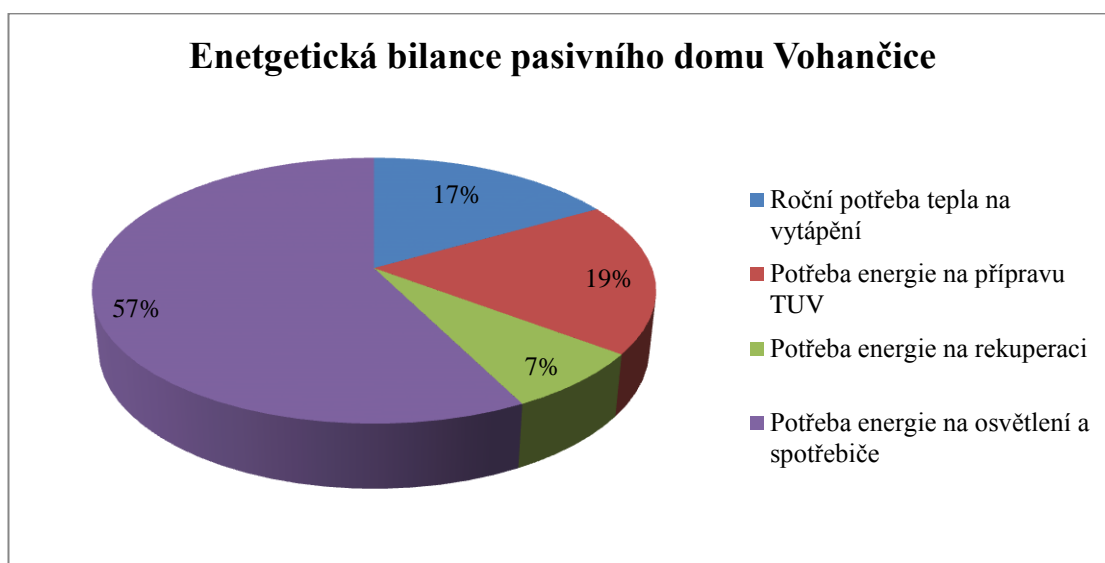
Dům je zařazen do kategorie pasivní dům. Měrná potřeba tepla na vytápění je vypočtena podle programu PENB dle normy ČSN ISO 13790, s okrajovými podmínkami dle TNI 73 0329.

Měrná potřeba tepla na vytápění je  $18,5 \text{ [kWhm}^{-2}\text{]}$  za rok. Vnitřní vytápěná podlahová plocha objektu činí  $200 \text{ [m}^2\text{]}$ .

Dům obývá čtyřčlenná domácnost, roční potřeba tepla na vytápění je  $1\,008 \text{ [kWh/rok]}$ . Energie spotřebovaná na přípravu TUV (teplé užitkové vody) je  $1\,159 \text{ [kWh/rok]}$ . Rekuperace spotřebuje ročně  $559 \text{ [kWh/rok]}$ . Dalšími potřebnými energiemi jsou energie na osvětlení a spotřebiče, kde se ročně spotřebuje  $1\,450 \text{ [kWh/rok]}$  a jako poslední jsou energie na provoz technických zařízení, které v našem případě tvoří rekuperační jednotka s tepelným čerpadlem, ty spotřebují  $3\,132 \text{ [kWh/rok]}$  (Tab. 2.11).

Tab. 2.11 Energetická bilance pasivního domu

Energetická bilance		
Podlahová plocha	200	m <sup>2</sup>
Měrná potřeba tepla na vytápění	18,5	kWhm <sup>-2</sup> za rok
Roční potřeba tepla na vytápění	1337	kWh/rok
Potřeba energie na přípravu TUV	1474	kWh/rok
Potřeba energie na rekuperaci	580	kWh/rok
Potřeba energie na osvětlení a spotřebiče	4582	kWh/rok



Obr. 2.8 Energetická bilance pasivního domu Vohančice

Na Obr. 2.8 je zobrazen graf představující procentuální rozdělení jednotlivých složek tvořící energetickou bilanci budovy. Nejvíce energie je spotřebováno na osvětlení a provoz ostatních spotřebičů, 57 %. Potřeba energie na vytápění je 17 % a potřeba energie na přípravu teplé užitkové vody je 19 %. Nejmenší položku tvoří energie na rekuperaci, pouhých 7 %.

### 2.3.2. Náklady na provoz

Struktura výpočtu provozních nákladů bude podobná, jako u domů z Nového Města na Moravě 1. Rozdíl však bude v umístění domu a jednotlivých tarifních skupinách na ocenění elektrické energie. Na spotřebu, osvětlení a provoz el. spotřebičů v pasivním domě jsou uplatňovány zvýhodněné tarify. V našem případě je to tarif D 56d (Tab. 2.13). Vodné a stočné odpovídá ceně v daném regionu – JHM kraj (Tab. 2.14). Náklady na provoz jsou přehledně rozepsané v následující tabulce (Tab. 2.12).

Tab. 2.12 Provozní náklady domu Vohančice

Provozní náklady		
Náklady na vytápění	3 412	Kč
Náklady na ohřev vody	3 762	Kč
Náklady na osvětlení a spotřebiče	11 694	Kč
Náklady rekuperaci	1 480	Kč
Náklady na vodné a stočné	12 687	Kč
Pevná platba - elektrická energie	2 880	Kč
<b>PROVOZNÍ NÁKLADY CELKEM</b>	<b>35 915</b>	<b>Kč</b>
<b>PROVOZNÍ NÁKLADY NA PODLAHOVOU PLOCHU</b>	<b>180</b>	<b>Kč/m<sup>2</sup></b>

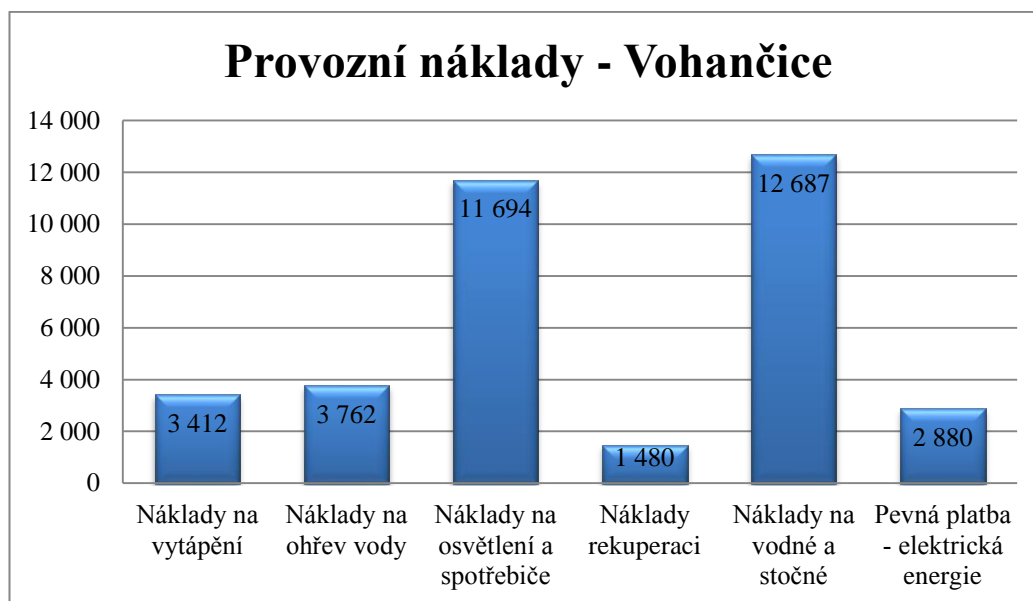
Tab. 2.14 Cena vodného a stočného JHM

Tab. 2.13 Ceny elektřiny D 56d [17]

kraj [19]

Cena elektrické energie - Tarif D 56d		
Nízký tarif	2,5	Kč/kWh
Vysoký tarif	3,3	Kč/kWh
Pevná platba	240	Kč/měsíc

Cena vodného a stočného - JHM kraj		
Vodné	30	Kč/m <sup>3</sup>
Stočné	34	Kč/m <sup>3</sup>
Celkem	64	Kč/m <sup>3</sup>

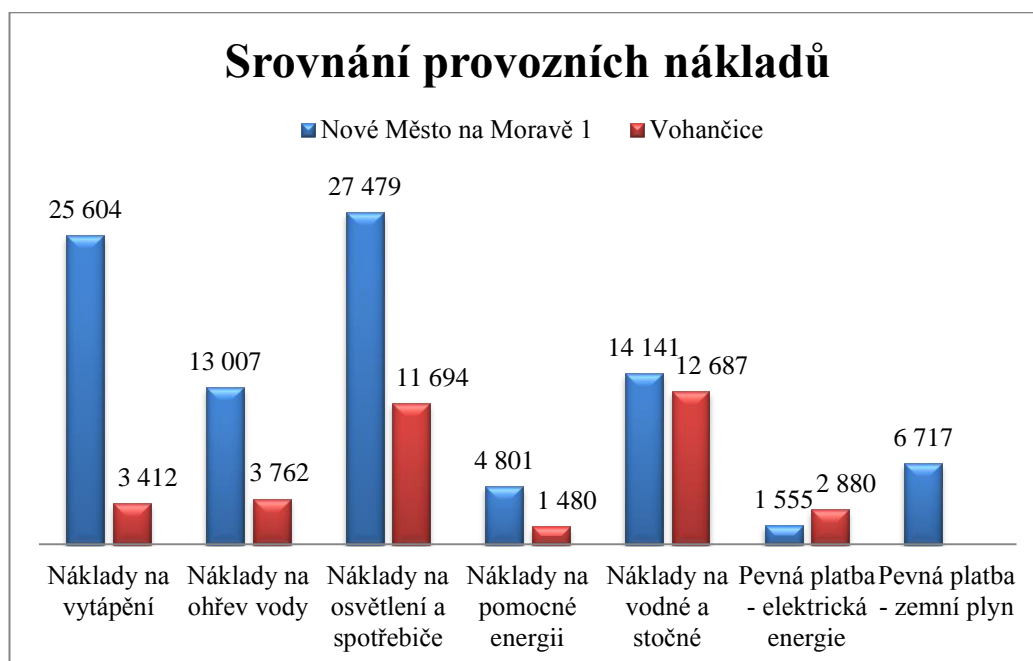


Obr. 2.9 Výše provozních nákladů Vohančice

Na Obr. 2.9 je graf zobrazující roční provozní náklady pasivního domu Vohančice. Nejvíce se ročně platí za vodu a za elektrickou energii potřebnou na

osvětlení a spotřebiče. Naopak nejmenší je celková cena za rekuperaci. Celkové provozní náklady na vytápění a ohřev vody jsou skoro stejné a to kolem 3 500 Kč.

## 2.4. POROVNÁNÍ PASIVNÍHO DOMU VOHANČICE A DOMU NOVÉ MĚSTO NA MORAVĚ 1



Obr. 2.10 Srovnání provozních nákladů (Nové Město na Moravě 1 – Vohančice)

Na Obr. 2.10 je graf, který přehledně zobrazuje provozní náklady domu v Novém Městě na Moravě 1 a pasivního domu z Vohančic.

Největší rozdíly jsou v nákladech na vytápění, nákladech na osvětlení a spotřebiče. Důvodem, proč jsou náklady na vytápění u běžného domu tak vysoké je zřejmě délka topného období. Dům se nachází na Vysočině, kde jsou zcela jiné klimatické podmínky než v JHM kraji. Z toho vyplývá, že je nutno na Vysočině topit intenzivněji a déle. Za předpokladu, že by byl běžný dům postaven ve stejné lokalitě jako pasivní dům, nemusely by být rozdíly ve vytápění tak markantní. V žádném případě však nelze uvažovat, že by se mu dům běžné výstavby mohl z hlediska výše provozních nákladů na vytápění rovnat domu pasivnímu. V provozních nákladech



budou vždy mezi těmito stavbami znatelné rozdíly a u pasivního domu budou tyto náklady vždy nižší než u domu běžné výstavby.

Další viditelný rozdíl je v nákladech spojených s osvětlením a spotřebiči. U běžného domu z Nového Města na Moravě to může být způsobeno např. užíváním žárovek se špatnými energetickými parametry. Dům je 9 let starý a tak v něm nemusejí být umístěny dostatečně energeticky úsporné spotřebiče. (Dalším důvodem, proč jsou náklady na osvětlení a spotřebiče tak vysoké může být fakt, že v domě se každý den vaří na elektrickém sporáku, spotřebiče jsou daleko více využívány).

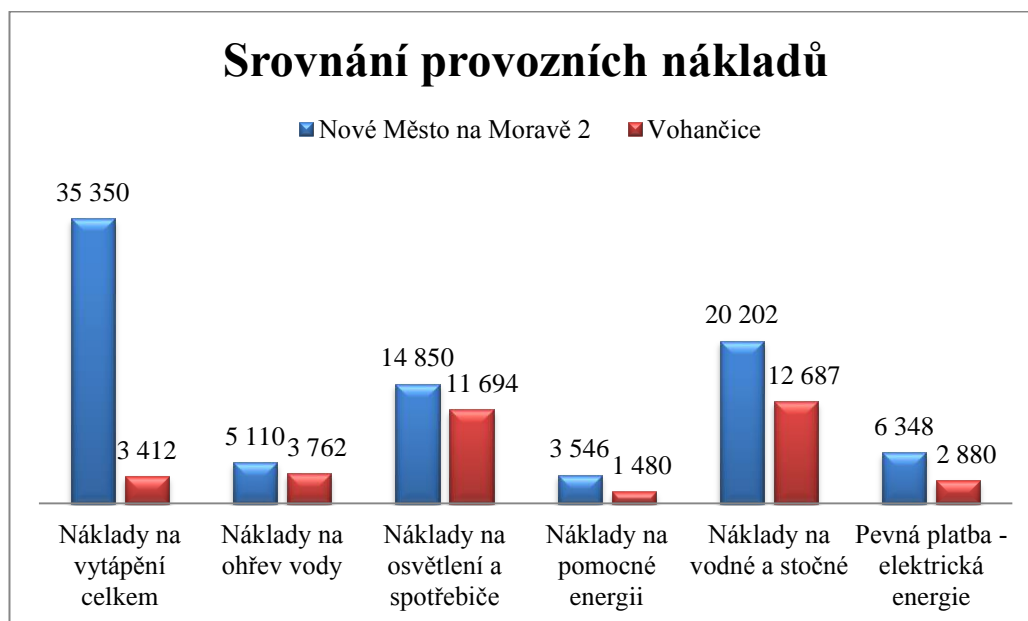
Za zmínku stojí jistě i rozdíl v provozních nákladech na ohřev teplé užitkové vody, kde je na tom opět lépe pasivní dům. Dům Nové Město na Moravě má roční potřebu tepla na ohřev TUV 28 % a pasivní dům Vohančice 19 %. Běžný dům Nové Město na Moravě 1 tedy spotřebuje téměř o 10 % více energie na ohřev TUV, což je vidět i na Obr. 2.10.

Náklady na rekuperaci jsou v grafu zahrnuty pod položkou nákladů na pomocné energie.

Jedinou položkou, kde vychází dům běžné výstavby lépe, jsou náklady na pevnou platbu za elektrickou energii. Přesto, že pasivní domy mají pro své potřeby přizpůsobené zvýhodněné tarify, pevná platba za elektrickou energii je tam vždy vyšší, než u nezáhodněných jednotarifových služeb.

I přesto, že jsou náklady na pevnou platbu za elektrickou energii nízké, dům běžné výstavby platí ještě jednu pevnou platbu a to za zemní plyn. Pasivní dům náklady na tuto pevnou platbu nevydává, protože nevyužívá žádné zařízení na zemní plyn. U běžného domu je tato částka přes 6 500 Kč/rok. Sečteme-li tedy částky za pevné sazby za elektrickou energii a zemní plyn u běžné výstavby dostaneme částku 7 872 Kč/rok. Pasivní dům platí pouze pevnou platbu za elektrickou energii a to pouze 2 880 Kč/rok. Z toho vyplývá, že i když pasivní dům zaplatí více za pevnou platbu elektřiny, dům běžné výstavby platí navíc i za zemní plyn a to částku podstatně vyšší. Proto má pasivní dům z hlediska pevných plateb za energie opět nižší náklady.

## 2.5. POROVNÁNÍ PASIVNÍHO DOMU VOHANČICE A DOMU NOVÉ MĚSTO NA MORAVĚ 2



Obr. 2.11 Srovnání provozních nákladů (Nové Město na Moravě 2 – Vohančice)

Na výše uvedeném grafu je zobrazeno porovnání 72 let starého rodinného domu a pasivního domu z Vohančic.

Obr. 2.11 zobrazuje překvapivé výsledky. Ačkoliv je dům přes 70 let starý, jeho provozní náklady se rozhodně nijak radikálně neliší. Pomineme-li náklady na vytápění, kde je vidět v provozních nákladech velký rozdíl.

Provozní náklady na vytápění jsou u starého domu Nové Město na Moravě 2 stanoveny jako součet nákladů na vytápění elektrickou energií a palivovým dřevem. Náklady na elektrickou energii za vytápění jsou 12 670 Kč a náklady na koupi palivového dřeva 22 680 Kč (Tab. 2.8). V případě, že by majitel běžného domu z Nového Města na Moravě vlastnil les a nemusel tak palivové dříví kupovat, byly by náklady na vytápění skoro poloviční. Tím by se dům nákladově ještě více přiblížil pasivnímu domu.

Dalším zajímavým rozdílem ve výši provozních nákladů, je rozdílná hodnota u nákladů za pevnou platbu elektrickou energií. I přesto, že oba domy mají zvýhodněné tarify – dům běžné výstavby D 26d, pasivní dům D 56d, tak je pevná platba u pasivního

domu výrazně nižší. Přičemž nízký a vysoký tarif se od sebe nijak výrazně neliší (Tab. 2.9, Tab. 2.13).

Vyšší náklady na pevnou platbu za elektřinu u domu běžné výstavby jsou způsobeny jmenovitou proudovou hodnotou hlavního jističe před elektroměrem. Dům běžné výstavby disponuje akumulacním vytápěním a právě proto musí být v domě použity jističe o vyšších jmenovitých proudových hodnotách. Tyto jističe jsou oceněny vyššími pevnými sazbami za elektrickou energii.

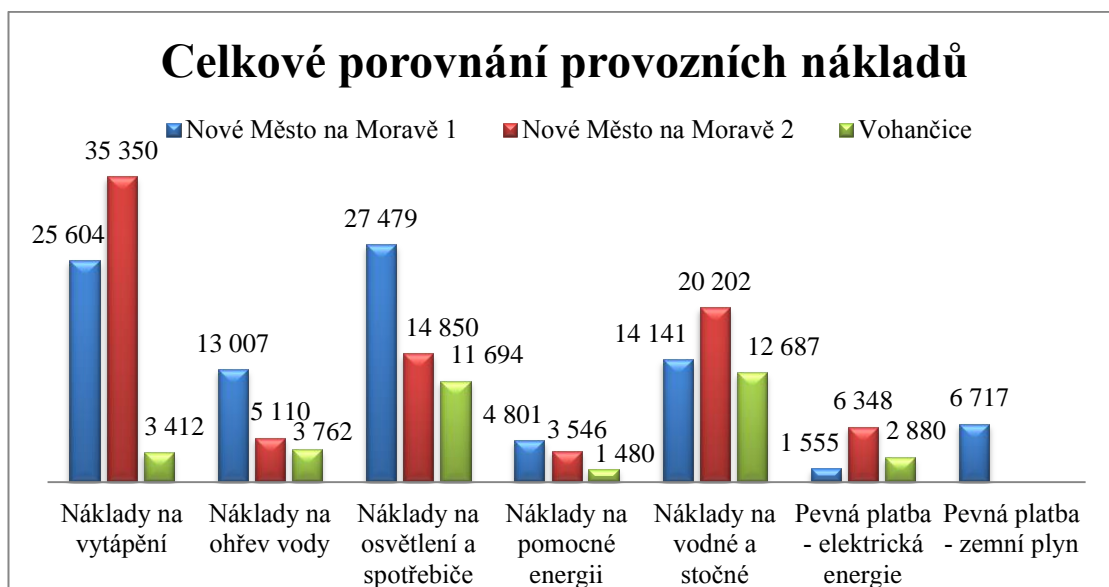
Stejně jako v předešlém případě jsou náklady na rekuperaci zahrnuty v grafu pod položkou provozní náklady na pomocné energie.

## 2.6. CELKOVÉ SROVNÁNÍ VŠECH DOMŮ

Následující tabulka Tab. 2.15 uvádí celkové srovnání provozních nákladů všech tří rodinných domů. V posledním řádku tabulky jsou uvedeny celkové částky provozních nákladů jednotlivých domů.

Tab. 2.15 Celkové porovnání provozních nákladů

Porovnání provozních nákladů				
	NMnM 1	NMnM 2	Vohančice	
Podlahová plocha	196,5	225	200	m <sup>2</sup>
Náklady na vytápění	25 604	35 350	3 412	Kč
Náklady na ohřev vody	13 007	5 110	3 762	Kč
Náklady na osvětlení a spotřebiče	27 479	14 850	11 694	Kč
Náklady rekuperaci	-	-	1 480	Kč
Náklady na pomocné energii	4 801	3 546	-	Kč
Náklady na vodné a stočné	14 141	20 202	12 687	Kč
Pevná platba - elektrická energie	1 555	6 348	2 880	Kč
Pevná platba - zemní plyn	6 717	-	-	Kč
PROVOZNÍ NÁKLADY NA PODLAHOVOU PLOCHU	477	380	180	Kč/m <sup>2</sup>
PROVOZNÍ NÁKLADY CELKEM	93 305	85 406	35 915	Kč



Obr. 2.12 Celkové srovnání provozních nákladů

#### 2.6.1. Náklady na vytápění

Z Obr. 2.12, na kterém je zobrazen graf celkových provozních nákladů, je patrné, že nejvyšší náklady na vytápění má rodinný dům Nové Město na Moravě 2. Dům Nové Město na Moravě 2 je vytápěn palivovým dřevem a částečně se dům přitápí elektrickou energií. Jak jsem již zmiňovala v kapitole 2.5, kdyby vlastník domu byl zároveň vlastníkem lesa, odpadly by náklady na palivové dřevo a celkové náklady na vytápění by klesly pouze na velikost nákladů za používání elektrické energie na vytápění. Tímto by náklady na vytápění u domu Nové Město na Moravě 2 byly nižší než u prvního domu běžné výstavby Nové Město na Moravě 1. Provozní náklady na vytápění domů z Nového Města na Moravě jsou v porovnání s pasivním domem z Vohančic několikanásobně vyšší. Pasivní dům svými standardy provedení ušetří na vytápění svému majiteli nemalou peněžní částku ročně. Pokud odečteme částku za vytápění 3 412 [Kč/rok] pasivního domu Vohančice od částky 35 350 [Kč/rok] domu běžné výstavby Nové Město na Moravě 2 dostaneme 31 938 [Kč/rok]. V druhém případě můžeme odečíst částku za vytápění 3 412 [Kč/rok] pasivního domu Vohančice od částky 25 604 [Kč/rok] domu běžné výstavby Nové Město na Moravě 1 dostaneme 22 192 [Kč/rok]. Z toho vyplývá, že majitel pasivního domu ušetří za vytápění v průměru téměř 27 000 [Kč/rok].

### **2.6.2. Náklady na ohřev vody**

Z Obr. 2.12 vyplývá, že nejvyšší náklady na ohřev TUV má dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 1. Na rozdíl od zbývajících dvou domů je užitková voda ohřívána plynem. Pasivní dům využívá na ohřev vody elektrickou energii a stejně tak dům Nové Město na Moravě 2. Částka provozních nákladů na ohřev TUV u domu Nové Město na Moravě 1 je nejspíše způsobena vyšší spotřebou teplé užitkové vody. Cena za plyn je nižší než cena za elektřinu a tak by tyto náklady mohly být nižší než u domů, které ohřívají TUV elektřinou. V důsledku vysoké spotřeby tomu tak ovšem není. Pasivní dům Vohančice má opět nejnižší náklady na ohřev TUV, už zde ovšem nejsou tak velké rozdíly jako v nákladech na vytápění. Dům Nové Město na Moravě 2 má provozní náklady o 1 348 [Kč/rok] vyšší než pasivní dům Vohančice, což ročně není tak vysoká částka. V porovnání pasivního domu Vohančice s prvním domem Nové Město na Moravě 1 tvoří rozdíl nákladů na ohřev TUV částka 9 245 [Kč/rok]. Tato částka na rozdíl od předešlého domu Nové Město na Moravě 2, je již o hodně vyšší a znamená tak ročně pro domácnost mnohem vyšší nákladovou položku. Pokud zprůměrujeme částku 1 348 [Kč/rok] s částkou 9 245 [Kč/rok] dostaneme částku kolem 5 300 [Kč/rok]. Dalo by se tedy říct, že pasivní dům ušetří svému majiteli na provozních nákladech za ohřev TUV v průměru 5 300 [Kč/rok]

### **2.6.3. Náklady na osvětlení a spotřebiče**

Nejvyšší provozní náklady na osvětlení a spotřebiče má rodinný dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 1, jak je opět možno vidět na Obr. 2.12. Tyto hodnoty jsou způsobeny pravděpodobně tím, že v domě se denně vaří celodenní strava pro 4 osoby na elektrickém sporáku. Dále mohou být tyto hodnoty způsobeny využíváním žárovek a spotřebičů se špatnými energetickými parametry, jak jsem již zmiňovala v kapitole 2.4. V neposlední řadě mohou být tyto hodnoty způsobeny nevhodným užíváním spotřebičů a jiných elektrických zařízení, např. celý den zapnutá televize nebo stolní počítač. Rodinný dům Nové Město na Moravě 2 se svými náklady na osvětlení a spotřebiče již více přibližuje provozním nákladům, kterých dosahuje pasivní dům Vohančice. Pasivní dům Vohančice má opět nejnižší provozní náklady na osvětlení a spotřebiče. Pokud opět porovnáme jednotlivé hodnoty vyplývající z grafu, vypočteme rozdíly hodnot a zprůměrujeme je, dostaneme průměrnou částku 20 000 [Kč/rok].

V porovnání s domy běžné výstavby majitel pasivního domu zaplatí v průměru o 20 000 [Kč/rok] méně za osvětlení a spotřebiče.

#### 2.6.4. Náklady na pomocné energie a rekuperaci

Nejvyšší provozní náklady na pomocné energie má opět dům Nové Město na Moravě 1 (Obr. 2.12). Provozní náklady jsou vyšší z toho důvodu, že dům je vybaven pískovým filtrem, který v letních měsících čistí vodu venkovního bazénu. Dále je zde započtená energie, která je zapotřebí na provoz plynového kotle. U domu Nové Město na Moravě 2 jsou tyto náklady opět nižší. V tomto případě jsou zde započteny náklady na provoz dvou čerpadel, které rozvádí teplo po domě, v případě nadbytku jej ukládají do akumulčních nádrží a ventilátoru, který zajišťuje funkčnost zplyňovacího kotle. V případě pasivního domu Vohančice jsou v nákladech na pomocné energie zahrnuty náklady na provoz rekuperační jednotky. Pasivní dům Vohančice disponuje opět nejnižšími provozními náklady na pomocné energie a rekuperaci. Rozdíly zde již nejsou tak velké jako v případě jiných provozních nákladů ostatních budov. Pokud opět vypočítáme rozdíly provozních nákladů na pomocné energie a hodnoty zprůměrujeme, dostaneme průměrnou hodnotu 2 700 [Kč/rok]. Z toho plyne, že právě o tuto hodnotu platí průměrně majitel pasivního domu méně za provozní náklady na pomocná zařízení a rekuperaci než majitelé domů běžné výstavby.

#### 2.6.5. Náklady na vodné a stočné

Na Obr. 2.12 vidíme, že nejvyšší náklady na vodné a stočné má dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 2. Tyto hodnoty jsou způsobeny vyšší spotřebou vody, tento dům má nejvyšší spotřebu ze všech porovnávaných objektů (Tab. 2.16). Ceny vodného a stočného jsou pro domy běžné výstavby stejné. Domy jsou ze stejného města, kraje a proto je cena shodná. Pasivní dům je postaven v JHM kraji, a zde se ceny vodného a stočného od kraje Vysočina výrazně liší, viz Tab. 2.5 a Tab. 2.14.

Tab. 2.16 Spotřeba vody v jednotlivých domech za rok

Roční spotřeba vody			
Jednotky	NMnM1	NMnM2	Vohančice
m <sup>3</sup> /rok	182	260	197

Celková cena za vodné a stočné v JHM kraji je 64 [Kč/m<sup>3</sup>], na Vysočině 77,4 [Kč/m<sup>3</sup>]. Ačkoliv má dům Nové Město na Moravě 1 nižší spotřebu vody, náklady na vodné a stočné jsou v důsledku celkové ceny za vodné a stočné vyšší než u pasivního domu Vohančice. Pokud opět provedeme porovnání nákladů pomocí rozdílů hodnot a jejich průměru dostaneme průměrnou částku 4 500 [Kč/rok]. Majitel pasivního domu tedy zaplatí průměrně o 4 500 [Kč/rok] méně za vodné a stočné.

#### **2.6.6. Pevné platby za elektrickou energii a zemní plyn**

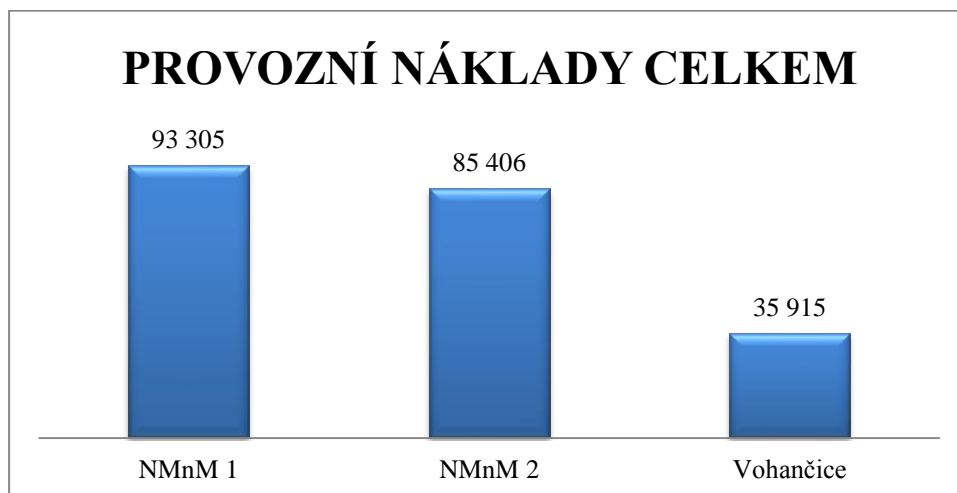
Pevné platby za elektrickou energii jsou určovány podle toho, ve které tarifní sazbě se daný dům nachází. Pevná měsíční platba je stanovena za rezervovaný příkon dle jmenovité proudové hodnoty hlavního jističe před elektroměrem. Dům Nové Město na Moravě 1 je v tarifní skupině D 02d. Jde o jednotarifovou sazbu pro střední spotřebu s hlavními jističi nad 3 x 20 [A], do 3 x 25 [A] včetně. Dům Nové Město na Moravě 2 je v tarifní skupině D 26d. Tento dům je zařazen ve dvoutarifové sazbě s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu 8 hodin. Hlavní jistič nad 3 x 50 [A] do 3 x 63 [A] včetně. Pasivní dům Vohančice je zařazen v tarifní skupině D 56d (Tab. 2.13). Opět se jedná o dvoutarifovou sazbu pro vytápění s tepelným čerpadlem uvedeným do provozu od 1. 4. 2005 s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin. Hlavní jistič nad 3 x 20 [A], do 3 x 25 [A] včetně. Nejvyšší pevnou platbu za elektrickou energii má tarifní sazba D 26d. Z toho vyplývá, že i dům Nové Město na Moravě 2 má nejvyšší náklady za tuto pevnou sazbu (Tab. 2.9). Naopak, nejnižší pevnou sazbu za elektrickou energii (Tab. 2.4) má dům Nové Město na Moravě 1 a proto má dům i nejnižší náklady na tuto položku (Obr. 2.12).

Dům Nové Město na Moravě 1 platí navíc jako jediný také pevnou platbu za zemní plyn. Jako jediný využívá zemního plynu. Pevná platba za zemní plyn se určuje dle roční spotřeby v [m<sup>3</sup>]. A protože dům používá zemní plyn hlavně na vytápění a ohřev teplé užitkové vody, má vysokou roční spotřebu (Obr. 2.12). Z toho vyplývá, že má i poměrně vysokou pevnou platbu za zemní plyn (Tab. 2.3).

#### **2.6.7. Celkové provozní náklady**

Na závěr celého zhodnocení uvádím Obr. 2.13, na kterém je zobrazen graf, kde jsou vidět celkové provozní náklady jednotlivých domů. Nejnižší celkové provozní

náklady má samozřejmě pasivní dům Vohančice. Domy běžné výstavby jsou na tom téměř podobně, rozdíl mezi nimi je necelých 8 000 Kč/rok, což je v porovnání s celkovými náklady za provoz zanedbatelná částka.



*Obr. 2.13 Celkové provozní náklady*



## ZÁVĚR

Bakalářská práce se dá rozdělit na dvě hlavní části. V první části jsou vysvětleny důležité pojmy sloužící k pochopení fungování celého standardu pasivního domu. V druhé části práce jsou potom popsány tři domy. Z toho jeden dům je postaven právě jako pasivní dům Vohančice. Další dům Nové Město na Moravě 1 je postaven jako zcela běžný dům bez jakýchkoliv vylepšení, jako jsou solární panely, zemní výměníky nebo akumulční nádrže. Jako poslední dům pro srovnání jsem si vybrala velice starý objekt Nové Město na Moravě 2, který ovšem prošel rekonstrukcí, je po dvou obvodových stěnách zateplen, má nová dřevěná okna i dveře a majitelé koupili nový zplyňovací kotel se třemi akumulčními nádržemi.

Jako hlavní důvod výstavby pasivních domů uvádí jejich majitelé požadavky na dosažení úspory provozních nákladů. Provozní náklady pro majitele ovšem často znamenají pouze provozní náklady spojené s vytápěním. Jinými slovy cena za palivo, které je ročně potřeba na vytápění domu. Energetická bilance domu ovšem zahrnuje daleko větší rozsah energie, než je pouze energie spotřebovaná na vytápění objektu. Energetická bilance celého domu zahrnuje kromě, již zmiňované energie na vytápění také energii na přípravu teplé užitkové vody, energii na provoz technických zařízení a energii na osvětlení a spotřebiče. Je tedy nutné chápat ji jako celkovou energetickou bilanci domu i se všemi souvisejícími platbami (např. pevná platba za zemní plyn nebo za elektrickou energii).

Cílem bakalářské práce je proto zjištění a následné porovnání provozních nákladů pasivního domu z Vohančic s domy běžné výstavby z Nového Města na Moravě. Na základě ročních vyúčtování jsem dostala hodnoty provozních nákladů na pokrytí energetické bilance jednotlivých domů. U domů běžné výstavby tvoří podíl nákladů na vytápění a přípravu teplé vody převážnou část celkových ročních plateb. U domu pasivního jsou největší roční platby udávané za elektrické spotřebiče a osvětlení. Nejvyšší provozní náklady na vytápění má dům Nové Město na Moravě 2. Dům Nové Město na Moravě 1 má oproti domu Nové Město na Moravě 2 vyšší náklady na ohřev vody, na osvětlení a spotřebiče. Proto při celkovém srovnání těchto provozních nákladů jsou na tom domy běžné výstavby velice podobně. Je však překvapivé, že dům, který je

přes 70 let starý, může konkurovat domu, který by se dal považovat za novostavbu. A naopak, dům, který se dá považovat za novostavbu a měl by se alespoň hodnotám pasivního domu blížit, tak v žádném případě těchto hodnot nedosahuje.

Při celkovém srovnání provozních nákladů má jasně nejnižší provozní náklady pasivní dům Vohančice. Nejvyšší roční provozní náklady má dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 1.

Při porovnání ročních provozních nákladů z hlediska celkové podlahové plochy jednotlivých domů dostaneme tyto hodnoty:

Pasivní dům Vohančice – 180 [Kčm<sup>-2</sup>]

Dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 1 – 477 [Kčm<sup>-2</sup>]

Dům běžné výstavby Nové Město na Moravě 2 – 380 [Kčm<sup>-2</sup>]

Domy běžné výstavby mají určitě nižší pořizovací cenu. Tato výhoda se v budoucnu ztratí v důsledku vysokých provozních nákladů. Vzhledem k použitým materiálům nemůžeme mluvit o pocitu tepelné pohody. Zdi jsou často studené, před okny je v zimě citelný chlad. Klasická plastová okna mohou vyvolat skleníkové prostředí, ve kterém se množí bakterie a plísně. Tyto vady se dají samozřejmě odstranit. Zvýší to však dodatečné náklady, ale dům běžné výstavby se tak svými vlastnostmi může blížit standardům nízkoenergetického domu.

Pasivní domy na rozdíl od domů běžné výstavby mají mnohem vyšší pořizovací cenu. To je způsobeno použitím kvalitnějších materiálů na výstavbu. Dalším kladem jsou zabudované jednotky na rekuperaci vzduchu, kde právě díky nucenému oběhu vzduchu v místnosti nedochází ke vzniku plísní a bakterií. Jedinou nevýhodou tohoto systému je vysoká pořizovací cena. Odměnou pro majitele pasivního domu jsou velice nízké provozní náklady a navíc zdravé prostředí pro život. Náklady na pořízení mohou být maximálně o 10 – 15% vyšší, což se majiteli pasivního domu v průběhu let určitě vrátí úsporou za provozní náklady.

## SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

1. **Tywoniak, Jan a kolektiv.** *Nízkoenergetické domy 2, Principy a příklady.* Praha : Grada, 2008.
2. **Smola, Josef.** *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů.* Praha : Grada, 2011.
3. **Tywoniak, Jan.** *Nízkoenergetické domy, principy a příklady.* Praha : Grada, 2005.
4. **Tywoniak, Jan, kolektiv.** *Nízkoenergetické domy 3, nulové, pasivní a další.* 2012.
5. **Implement.** *Enviros. Energetická náročnost budovy.* [Online]  
<http://www.enviros.cz/projects/iee/implement/enb.html>.
6. **Zákony pro lidi.** *vyhláška č. 148/2007 sb., o energetické náročnosti budov.* [Online]  
<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-148>.
7. **Šála, Jiří, a další, a další.** *Komentář k ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov.* Praha : Informační centrum ČKAIT, 2008.
8. **Neosolar.** *Energie a úsporné technologie. Tepelná čerpadla.* [Online]  
[http://www.neosolar.cz/tepelna\\_cerpadla](http://www.neosolar.cz/tepelna_cerpadla).
9. **TZB info.** *Tepelná čerpadla pro každého II.* [Online] <http://www.tzb-info.cz/957-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-ii>.
10. **TZB-info.** *Tepelná čerpadla pro každého III.* [Online] <http://www.tzb-info.cz/969-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-iii>.
11. **TZB-info.** *Zpětné získávání tepla a větrání objektů.* [Online] <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/6325-zpetne-ziskavani-tepla-a-vetrani-objektu>.
12. **Centrum pasivního domu.** *Větrání a teplovzdušné vytápění.* [Online]  
<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/vnitri-prostredi-domu/vetrani-a-teplovzduzne-vytopeni.html?chapter=centralni-nebo-decentralni-koncepce-vetrani>.
13. **Centrum pasivního domu.** *Neprůvzdušnost a větrání.* [Online]  
<http://www.pasivnidomy.cz/pasivni-dum/principy/zakladni-principy.html?chapter=nepruvzdušnost-a-vetrani>.
14. **TZB-info.** *Ceny zemního plynu.* [Online] <http://www.tzb-info.cz/9468-ceny-zemniho-plynu-platne-od-1-1-2012-do-31-12-2012>.
15. **Ceny energie.** *Ceny elektřiny.* [Online] <http://www.cenyenergie.cz/ceny-elektriny-2012-cez-a-pre-zdrazi-e-on-zlevni.aspx>.

16. **Portál věnovaný vodárenství ČR.** *Vodné a stočné na Žďársku.* [Online] <http://www.vodarenstvi.com/kraj-jihomoravsky-a-vysocina/vodne-stocne.php>.
17. **RWE.** *Ceny elektrické energie.* [Online] [http://www.rwe.cz/cs/media/ceny-ee-2012/Standard\\_EON\\_DOM\\_120101.pdf?jis=20120823160525](http://www.rwe.cz/cs/media/ceny-ee-2012/Standard_EON_DOM_120101.pdf?jis=20120823160525).
18. **Dřevo - Vysočina.** *Ceník.* [Online] [http://www.drevo-vysocina.cz/palivove\\_drevo/cenik-1](http://www.drevo-vysocina.cz/palivove_drevo/cenik-1).
19. **Naše voda.** *Vodné a stočné 2012.* [Online] <http://www.nase-voda.cz/vodne-a-stocne-2012-prehled-cen-jednotlivych-spolecnosti/>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Funkční schéma protiproudého rekuperačního výměníku [11]
- Obr. 2.1 Rodinný dům Nové Město na Moravě 1
- Obr. 2.2 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 1
- Obr. 2.3 Výše provozních nákladů Nové Město na Moravě 2
- Obr. 2.4 Rodinný dům Nové Město na Moravě 2
- Obr. 2.5 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 2
- Obr. 2.6 Výše provozních nákladů domu Nové Město na Moravě 2
- Obr. 2.7 Pasivní dům Vohančice
- Obr. 2.8 Energetická bilance pasivního domu Vohančice
- Obr. 2.9 Výše provozních nákladů Vohančice
- Obr. 2.10 Srovnání provozních nákladů (Nové Město na Moravě 1 – Vohančice)
- Obr. 2.11 Srovnání provozních nákladů (Nové Město na Moravě 2 – Vohančice)
- Obr. 2.12 Celkové srovnání provozních nákladů
- Obr. 2.13 Celkové provozní náklady

## SEZNAM TABULEK

- Tab. 0.1 Základní vlastnosti pasivního domu [3 str. 16]
- Tab. 0.2 Základní vlastnosti pasivních domů dle TNI 73 0329 [4]
- Tab. 0.3 Základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění [3 str. 15]
- Tab. 0.4 Tabulka pro stanovení energetické náročnosti budovy [6]
- Tab. 0.5 Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy [6]
- Tab. 1.1 Součinitel prostupu tepla dle ČSN 73 0540 [1]
- Tab. 1.2 Doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí pro pasivní a nízkoenergetické domy [3]
- Tab. 1.3 Vývoj požadavků na prostup tepla vybranými konstrukcemi vyjádřený součinitelem prostupu tepla [7]
- Tab. 2.1 Energetická bilance běžného domu Nové Město na Moravě 1
- Tab. 2.2 Provozní náklady Nové Město na Moravě 1
- Tab. 2.3 Cena zemního plynu [14]
- Tab. 2.4 Cena elektrické energie [15]
- Tab. 2.5 Cena vodného a stočného [16]
- Tab. 2.6 Rozdělení energie pro potřeby vytápění
- Tab. 2.7 Energetická bilance domu Nové Město na Moravě 2
- Tab. 2.8 Provozní náklady domu Nové Město na Moravě 2
- Tab. 2.9 Cena elektrické energie D 26d [17]
- Tab. 2.10 Cena dřeva [18]
- Tab. 2.11 Energetická bilance pasivního domu
- Tab. 2.12 Provozní náklady domu Vohančice
- Tab. 2.13 Ceny elektřiny D 56d [17]d
- Tab. 2.14 Cena vodného a stočného JHM kraj [19]
- Tab. 2.15 Celkové porovnání provozních nákladů
- Tab. 2.16 Spotřeba vody v jednotlivých domech za rok

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Název	Jednotka
Měrná potřeba tepla na vytápění	[kWhm <sup>-2</sup> ]
Jednotka energie	[GJ]
Plošná jednotka	[m <sup>2</sup> ]
Jednotka potřeby energie za čas	[kWh]
Jednotka energie	[kW]
Litry - jednotka objemu	[l]
Jednotka objemu za čas	[m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> ]
Metry – jednotka délky	[m]
Milimetry – jednotka délky	[mm]
Paskal – jednotka tlaku	[Pa]
Koruny	[Kč]
Koruny za rok	[Kč/rok]
Plnometr	[plm]
Prostorový metr	[prm]

ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská (technická) norma
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
TNI	Technická normalizační informace
U	Součinitel prostupu tepla
A	Plocha
V	Objem
TČ	Tepelné čerpadlo
TUV	Teplá užitková voda
NMnM1	Nové Město na Moravě 1
NMnM2	Nové Město na Moravě 2