

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra ekonomiky**



**Diplomová práce**

**Alternativní energetická koncepce domu v podobě  
investičního záměru**

**Bc. Nikola Hronová**

© 2014 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekonomiky  
Provozně ekonomická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Hronová Nikola

Provoz a ekonomika

Název práce

**Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru**

Anglický název

**Alternative energy concept of the house as an investment plan**

---

### Cíle práce

Posouzení ekonomické efektivity využití alternativních energetických zdrojů v pasivním rodinném domě.

- alternativní energetické koncepce
- státní podpora v ČR
- náklady na alternativní energetické zdroje

### Metodika

Prostudování dostupné odborné literatury, článků a internetových zdrojů. Stavovení vlastností pasivního rodinného domu. Popis výhod, nevýhod a nákladů na jednotlivá řešení alternativních energetických koncepcí.

- kalkulace nákladů
- doba návratnosti investice

### Harmonogram zpracování

- I. Úvod 05/13
- II. Cíl 05/13
- III. Metodika 05/
- IV. Výsledky 12/13
- VI. Závěry 03/14

### Rozsah textové části

50 - 60 str.

### Klíčová slova

pasivní dům, náklady, vytápění domu, státní podpora, alternativní zdroje energie, ekonomická efektivnost

### Doporučené zdroje informací

HUDEC, Mojmir, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. Pasivní domy z přírodních materiálů. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 157 s. ISBN 978-80-247-4243-4.

HUDEC, Mojmir. Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 108 s. ISBN 978-80-247-2555-0.

Vše o nízkoenergetickém domě. Bratislava: JAGA Group, 2008. ISSN 1335-9177

PREGIZER, Dieter. Zásady pro stavbu pasivního domu. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 126 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2431-7.

TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy: principy a příklady. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. ISBN 80-247-1101-X.

### Vedoucí práce

Malý Michal, Ing., Ph.D.

### Termín odevzdání

březen 2014

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 3.10.2013

prof. Ing. Jan Hron, DrSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 30.11.2014

---

## Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Michalu Malému, PhD za odborné vedení a cenné rady při psaní diplomové práce. Mé poděkování patří též panu Ing. arch. Michalu Pavlíkovi za spolupráci při získávání podkladů pro praktickou část práce.

# **Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru**

---

## **Alternative energy concept of the house as an investment plan**

### **Souhrn**

Diplomová práce s názvem „alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru“ charakterizuje v teoretické části obnovitelné zdroje energie vhodné v podmínkách České republiky pro vytápění rodinného domu. U vybraných alternativních zdrojů energie jsou definovány jejich základní předpoklady k využití, výhody a nevýhody jejich aplikace na vytápění rodinného domu.

Pro účely praktické části práce byl zvolen konkrétní rodinný dům, u něhož byla stanovena tepelná ztráta objektu a zjištěna potřeba tepla na vytápění. Tyto údaje byly potřebné k posouzení různých alternativ obnovitelných zdrojů tepla využitelných pro vytápění rodinného domu v pasivním standardu. Na jednotlivé varianty byly aplikovány metody hodnocení efektivnosti investic. Pomocí vícekritériálního hodnocení variant byla stanovena optimální varianta vytápění.

### **Summary**

The thesis „alternative energy concept of the house as an investment plan“ characterizes in theoretical part renewable sources of energy suitable for heating of the house in the climate conditions of the Czech Republic. For selected alternative energy sources are defined fundamental assumption to use, advantages and disadvantages of their applications for heating of the house.

For a purpose of a practical part of the thesis was selected a particular house, where it was determined the heat loss of the building and identified the need for heating. These data were needed for selection of renewable sources of heating of the house in the passive standard. On the individual variants were applied methods for assessing the effectiveness of investments. Using multi-criteria evaluations of alternatives determine the optimal variant of heating.

**Klíčová slova:**

Alternativní zdroje energie

Pasivní dům

Tepelné čerpadlo

Saatyho metoda

Rekuperace tepla

Biomasa

Investiční analýza

Náklady

Solární energie

**Keywords:**

Alternative energy sources

Passive house

Heat pump

Saaty's method

Heat recovery

Biomass

Investment analysis

Costs

Solar energy

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>4</b>
3.1	Charakteristika technologických metod výpočtu.....	5
3.1.1	Stanovení parametrů vnitřního a venkovního prostředí.....	5
3.1.2	Stanovení stavebně fyzikálních parametrů stavebních materiálů .....	6
3.1.3	Prostup tepla .....	6
3.1.4	Celková tepelná ztráta budovy.....	8
3.2	Charakteristika hlavních ekonomických metod výpočtu.....	11
3.2.1	Vícekritériální hodnocení variant .....	11
3.2.2	Hodnocení ekonomické efektivity investice .....	15
<b>4</b>	<b>Teoretická východiska .....</b>	<b>20</b>
4.1	Obnovitelné zdroje energie .....	20
4.2	Pasivní dům.....	21
4.3	Geotermální energie.....	27
4.3.1	Druhy tepelných čerpadel .....	28
4.4	Solární energie .....	32
4.4.1	Solární fototermické systémy - aktivní.....	36
4.5	Biomasa .....	38
4.5.1	Zařízení pro spalování biomasy .....	40
4.6	Větrání .....	45
4.6.1	Rekuperace tepla.....	46
4.6.2	Zemní výměník tepla .....	49
4.7	Legislativní prostředí v EU a ČR.....	51
4.7.1	Nová zelená úsporám 2013.....	52
<b>5</b>	<b>Praktická část.....</b>	<b>60</b>
5.1	Výpočet tepelné ztráty domu .....	60
5.1.1	Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí.....	60
5.1.2	Popis lokality .....	63
5.1.3	Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti .....	64
5.2	Vstupní údaje pro hodnocení investic.....	66



5.2.1	Plynový kondenzační kotel .....	66
5.2.2	Návrh vytápění objektu pomocí kotle na pelety .....	67
5.2.2.1	Možnosti dotace .....	70
5.2.2.2	Cash - flow .....	71
5.2.2.3	Prostá doba návratnosti investice.....	73
5.2.2.4	Diskontovaná doba návratnosti.....	73
5.2.2.5	Čistá současná hodnota .....	74
5.2.2.6	Vnitřní výnosové procento.....	74
5.2.3	Návrh vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla země/voda .....	75
5.2.3.1	Možnosti dotace .....	76
5.2.3.2	Cash - flow .....	77
5.2.3.3	Prostá doba návratnosti investice.....	79
5.2.3.4	Diskontovaná doba návratnosti.....	79
5.2.3.5	Čistá současná hodnota .....	80
5.2.3.6	Vnitřní výnosové procento.....	80
5.2.4	Návrh vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla vzduch/voda .....	81
	Zdroj:autorská práce viz příloha .....	82
5.2.4.1	Možnosti dotace .....	82
5.2.4.2	Cash - Flow .....	83
5.2.4.3	Prostá doba návratnosti .....	85
5.2.4.4	Diskontovaná doba návratnosti.....	85
5.2.4.5	Čistá současná hodnota .....	86
5.2.4.6	Vnitřní výnosové procento.....	86
5.2.5	Návrh vytápění objektu pomocí solárních panelů .....	87
5.2.5.1	Možnosti dotace .....	91
5.2.5.2	Cash – flow .....	92
5.2.5.3	Prostá doba návratnosti .....	94
5.2.5.4	Diskontovaná doba návratnosti.....	94
5.2.5.5	Čistá současná hodnota .....	95
5.2.5.6	Vnitřní výnosové procento.....	95
5.3	Výběr optimální varianty .....	96
	Zhodnocení optimální varianty .....	101

<b>6</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>104</b>
<b>7</b>	<b>Seznam literatury .....</b>	<b>109</b>
<b>8</b>	<b>Seznam tabulek, grafů a obrázků.....</b>	<b>118</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>121</b>
9.1	Půdorys 1 NP .....	121
9.2	Půdorys 2 NP .....	122
9.3	Perspektivní pohled na objekt pasivního rodinného domu.....	123
9.4	Popis pojmů .....	123
9.5	Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti .....	124
9.6	Technické parametry a ceníky – praktická část .....	140

# 1 Úvod

*Motto: „Nedědíme Zemi po našich předcích, nýbrž si ji vypůjčujeme od našich dětí.“ (Antoine de Saint-Exupéry)*

Téma alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru jsem si vybrala, protože se v něm spojuje můj zájem o stavebnictví a architekturu a zároveň jsem při jeho zpracování mohla uplatnit nabyté vědomosti ze studia na vysoké škole.

S pokračujícím rozvojem lidské společnosti, se zvyšujícími se nároky na zdroje včetně těch energetických a s tím spojenými negativními dopady na životní prostředí se stále častěji do centra pozornosti dostávají otázky udržitelnosti ekonomického růstu. Nezastupitelné místo zde zaujímají i projekty, které mají snižovat energetickou náročnost v nejrůznějších oblastech lidské činnosti. Otázky ekologické se tak prolínají s problematikou ekonomie, neboť stále platí, že nejlevnější (a ekologicky nejčistší) energií je ta, která (v důsledku úspor) nemusela být vůbec vyrobena.

Tak je tomu i při řešení otázek spojených s bydlením. Při výběru optimální varianty záleží nejen na našich osobních preferencích a finančních možnostech, ale i na výběru energetické kategorie domu. Lze si vybrat tradiční koncepci s běžným technickým vybavením, nebo se můžeme rozhodnout pro stavbu domu nízkoenergetického, energeticky pasivního či dokonce domu nulového.

Stavba tradičního rodinného domu, jak ho známe, může být na první pohled jednodušší z mnoha hledisek. Jde například o výběr či návrh celkové koncepce domu, zvolení stavebních materiálů, stavební firmy a technologického zařízení domu pro vytápění a ohřev vody. Avšak, co „ušetříme“ na přípravě takového projektu i při jeho vlastní realizaci, o to větší pak budou náklady spojené s provozem takového tradičního domu zejména z pohledu spotřebovávané energie.

S použitím dnes běžně nabízených stavebních materiálů, je přitom relativně jednoduché vybudovat dům nízkoenergetický. Náročnější příprava takového projektu

v porovnání s projektem tradičního domu i případné vyšší prvotní investice se nám však v budoucnosti vrátí ve formě nižší spotřeby energie spojené s jeho provozem. Při stavbě domu s nižší energetickou spotřebou, je třeba dbát na detaily v návrhu stavby, vybrat vhodné stavební materiály a zdroje energie pro vytápění domu a ohřev vody. Dále je nutný důsledný dohled na celkovou stavbu, aby se případné chyby daly včas napravit a nevedly v budoucím provozu k zbytečnému plýtvání energií. Vycházíme přitom z jednoduché rovnice: čím méně energie spotřebuji, tím méně za ni zaplatím a současně také méně zatížím životní prostředí.

Benefitem při zdárné realizaci projektu nízkoenergetického domu tak bude nejen větší komfort bydlení spojený s udržováním optimálně nastavených parametrů vytápění, větrání atd., ale i nízká spotřeba energie, a tedy i nižší závislost na jejích cenách, protože potřebnou energii si dům vyrobí sám. Nezanedbatelný bude také dobrý pocit z odpovědného přístupu k životnímu prostředí, jelikož dům využívá alternativní zdroje pro vytápění, a tím zachovává neobnovitelné energetické zdroje Země pro další lidské generace.

## 2 Cíl

Hlavním cílem práce je posouzení ekonomické efektivity využití alternativních energetických zdrojů pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody v pasivním rodinném domě. Pro porovnání budou použity zdroje tepla využívající obnovitelné zdroje, které je možné aplikovat v podmínkách České republiky.

Pro dosažení hlavního cíle je vhodné provést jeho dekompozici na následující dílčí cíle:

Dílčí cíl č. 1 – Charakteristika alternativních zdrojů energie

Dílčí cíl č. 2 – Přehled státního dotačního programu – Nová zelená úsporám

Dílčí cíl č. 3 – Stanovení investičních nákladů a předpokládaných provozních nákladů pro jednotlivé energetické koncepce

Dílčí cíl č. 4 – Komparace jednotlivých variant

Dílčí cíl č. 5 – Výběr a zhodnocení optimální varianty

Charakteristika alternativních zdrojů energie se zaměřuje na obnovitelné zdroje energie, které se dají využít pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody v pasivním rodinném domě. Nejprve je vysvětlen základní princip pasivního domu. Dále je u každého zdroje energie stručné vysvětlení jeho základní činnosti, společně s výhodami a nevýhodami při jeho použití. V přehledu státního dotačního programu – Nová zelená úsporám jsou charakterizovány jednotlivé skupiny dotací, o které lze požádat při splnění zadaných podmínek programu. Nastíněné je také legislativní prostředí, které upravuje oblast výstavby energeticky úsporných domů v Evropské unii a v České republice. Následně jsou stanoveny investiční náklady a předpokládané provozní náklady na vybrané zdroje vytápění v pasivním domě. Podle zvolených kritérií jsou komparovány jednotlivé varianty. Na základě jejich komparace je proveden výběr optimální varianty a její zhodnocení.

### 3 Metodika

Valach (2010) říká, že „investiční projekt je soubor technických a ekonomických studií sloužících k přípravě, realizaci, financování a efektivnímu provozování navrhované investice. U stavebních investic zahrnuje obvykle i architektonické a ekologické studie.“

Při přípravě investičního projektu je důležité získat podklady k uvažovaným variantám. To znamená prostudovat odbornou literaturu, články a internetové zdroje, které se zabývají domy v pasivním standardu a alternativními zdroji energie.

Před porovnáním vybraných zdrojů tepla je nutné stanovit celkovou tepelnou ztrátu objektu. Než je možné provést výpočet tepelných ztrát objektu, je třeba navrhnout skladby jednotlivých konstrukcí. Dále se stanoví parametry výplňových konstrukcí (okna, dveře). Po návrhu skladeb konstrukcí zjistíme jejich tepelněizolační vlastnosti. Pro zjištění tepelněizolačních vlastností skladeb je použit nástroj z webu tzb-info. Kalkulátor po zadání skladby konstrukce vypočítá výsledný součinitel prostupu tepla  $U$ . Pro výpočet bez pomoci kalkulátoru by bylo nutné dohledat u jednotlivých materiálů, ze kterých je konstrukce skládá, součinitele tepelné vodivosti. Potom by se vypočítal s pomocí součinitele tepelné vodivosti a tloušťky materiálu tepelný odpor  $R$ . Z tepelného odporu by se získal převrácenou hodnotou výsledný součinitel tepelného prostupu  $U$ .

Když známe součinitel prostupu, můžeme přistoupit k výpočtu tepelných ztrát objektu. Na počátku výpočtu tepelných ztrát objektu je potřeba stanovit některé veličiny, které jsou dány umístěním objektu na pozemku, okolní zástavbou a orientací ke světovým stranám. První hodnota, která se zjišťuje, je venkovní teplota. Ta je dána polohou objektu a nadmořskou výškou. Dále určíme charakter krajiny (normální, nebo s intenzivními větry), polohu budovy (chráněná, nechráněná, velmi nepříznivá), druh budovy (osamělá, řadová). Nakonec zjistíme hodnoty přírážek  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ .

Po zjištění těchto základních veličin vypočítáme tepelné ztráty pro jednotlivé místnosti objektu. Do tepelné ztráty místnosti se zahrnuje přírážka  $p_3$  (orientace ke

světovým stranám) a tepelná ztráta větráním. Celkovou tepelnou ztrátu objektu získáme součtem tepelných ztrát všech místností.

Na základě celkové tepelné ztráty jsou navrženy jednotlivé zdroje tepla k pokrytí potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé užitkové vody (TUV). U jednotlivých variant se zjistily pořizovací náklady na zdroj tepla a otopnou soustavu, z jejich součtu se získaly celkové investiční náklady. S pomocí kalkulační pomůcky na tzb-info se zjistí roční náklady na provoz pro jednotlivé varianty zdrojů tepla. K posouzení ekonomických aspektů alternativních zdrojů tepla byl stanoven referenční zdroj tepla. Z provozních nákladů a úspory z referenčního zdroje tepla je vypočítáno cash-flow v jednotlivých letech provozu.

Výběr optimální varianty zdroje tepla je zvolen na základě vícekriteriálního rozhodování. K vyhodnocení je použita metoda váženého součtu.

### **3.1 Charakteristika technologických metod výpočtu**

#### **3.1.1 Stanovení parametrů vnitřního a venkovního prostředí**

##### **Návrhová vnitřní teplota v zimním období**

*Návrhová vnitřní teplota vnitřních prostorů pozemních staveb s požadovaným stavem vnitřního prostředí v zimním období  $\theta_i$ , ve °C, se stanoví podle jejich druhu ze sloupce 2 přílohy I.1, jestliže technický předpis, provozní a technologické podmínky, požadavky projektanta nebo investora nestanoví jinak. (ČSN 73 0540-3, 2005)*

Pro výpočet tepelných ztrát objektu se používá návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i$ , která je stanovena v tabulkách normy ČSN 73 0540-3 v příloze I.1.

##### **Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období**

*Návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období  $\theta_e$ , ve °C, se stanoví v závislosti na teplotní oblasti a nadmořské výšce místa budovy. (ČSN 73 0540-3, 2005)*

Pro výpočet tepelných ztrát objektu se používá návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období  $\theta_e$  dle ČSN 73 0540-3, uvedená v tabulce - příloha H.2.

### 3.1.2 Stanovení stavebně fyzikálních parametrů stavebních materiálů

#### Součinitel tepelné vodivosti ( $\lambda$ )

*Podle ČSN 73 0540-1 (2005) součinitel tepelné vodivosti je schopnost stejnorodého, isotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo.*

Pro výpočet tepelného odporu se používá návrhová hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_u$  [W/m.K]. Tyto návrhové hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda_u$  vybraných stavebních výrobků jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-3, příloha B.1. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti jsou uvedeny v technických listech dodavatelů jednotlivých stavebních výrobků.

### 3.1.3 Prostup tepla

#### Tepelný odpor (R)

*Dle ČSN 73 0540-1 (2005) tepelný odpor vyjadřuje jakou plochou konstrukce a při jakém rozdílu teplot na jejích površích dojde k přenosu 1 Wattu, čili k přenosu energie o velikosti 1J za 1 sekundu.*

*Definice: Tepelný odpor  $R$  [ $m^2 \cdot K/W$ ] je tepelně izolační vlastnost vrstvy materiálu, popř. nestejnorodé vrstvy materiálu, popř. stavební konstrukce dané tloušťky. Je-li známa hodnota součinitele tepelné vodivosti vrstvy materiálu a je-li konstantní, povrchy kolmé na směr tepelného toku jsou vzájemně rovnoběžné (planparalelní vrstva) a vrstvou tak proudí rovnoměrný tepelný tok, je tepelný odpor definován vztahem:*

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (3.1)$$

kde: R      tepelný odpor  
d      tloušťka vrstvy [m]  
 $\lambda$       součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]



Výsledný tepelný odpor konstrukce se získá ze součtu jednotlivých vrstev konstrukce:

$$R = \sum R_j \quad (3.2)$$

kde:  $R_j$  je tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce, v  $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , stanovený pro hmotné vrstvy konstrukce ze vztahu:

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad (3.3)$$

kde:  $d_j$ ...tloušťka j-té vrstvy konstrukce, v m;  
 $\lambda_j$  ... návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu j-té vrstvy konstrukce, ve  $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , stanovený v souladu s ČSN 73 0540-3.

### **Součinitel prostupu tepla (U)**

*Podle ČSN 73 0540-1 (2005) součinitel prostupu tepla vyjadřuje, kolik tepla unikne konstrukcí o ploše  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot jejích povrchů  $1 \text{ K}$ .*

*Definice: součinitel prostupu tepla  $U_T$ ,  $U$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ], celková výměna tepla v ustáleném stavu mezi dvěma prostředími vzájemně oddělenými stavební konstrukcí o tepelném odporu  $R$  s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami, zahrnuje vliv všech tepelných mostů včetně vlivu prostupujících hmoždinek a kotev, které jsou součástí konstrukce.*

Je definován vztahem:

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T} \quad (3.4)$$

kde:  $R_T$  je odpor konstrukce při prostupu tepla (z prostředí do prostředí) [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ]

### 3.1.4 Celková tepelná ztráta budovy

Celková tepelná ztráta budovy  $Q$  [W] se určí jako součet tepelných ztrát jednotlivých místností s případným započtením tepelných zisků (např. z oslunění, technologie apod.) a uvažováním současnosti infiltrace, lokálních tepelných zisků a doby provozu jednotlivých místností. (ČSN 06 0210, 1993)

#### Celková tepelná ztráta místnosti

Je dána jako součet tepelné ztráty prostupem konstrukcemi a tepelné ztráty větráním, snížený o trvalé tepelné zisky (ČSN 06 0210, 1993):

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (3.5)$$

- kde:  $Q_c$  celková tepelná ztráta místnosti [W]  
 $Q_p$  tepelná ztráta místnosti prostupem tepla [W]  
 $Q_v$  celková ztráta větráním [W]  
 $Q_z$  trvalý tepelný zisk [W]

#### Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla

Ztráta se vypočítá ze vztahu (ČSN 06 0210, 1993) :

$$Q_p = Q_o (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (3.6)$$

- kde:  $Q_o$  základní tepelná ztráta místnosti prostupem tepla [W]  
 $p_1$  přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí, určená ze vztahu

$$p_1 = 0,15 \times k_c \quad (3.7)$$

$k_c$  průměrný součinitel prostupu tepla

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum S(\theta_i - \theta_e)} \quad (3.8)$$

$\theta_i$  výpočtová teplota vnitřního vzduchu [°C]

$\theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

$p_2$  přírážka na urychlení zátopy (je uvažována u bytové výstavby, nemocnic a podobně pouze v případech, kdy ani za nejnižších venkovních teplot není možné zajistit nepřerušovanou dodávku tepla). Za normálních okolností se tato přírážka neuvažuje, protože za výpočtových podmínek (při venkovní výpočtové teplotě) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

$p_3$ ...přírážka na světovou stranu, stanovená z tabulky A.8 v příloze normy ČSN 06 0210

Hodnota přírážky  $p_3$  se stanoví dle polohy (Kulhánek, Tywoniak, 1999):

- *obvodové stěny, v případě že místnost má jednu vnější stěnovou konstrukci*
- *nároží, v případě, že místnost má dvě vnější stěny*
- *pro místnosti se třemi, nebo čtyřmi vnějšími stěnami, eventuálně v dalších možných dispozičních uspořádáních vnějších stěn se počítá s přírážkou největší*

*Základní tepelná ztráta prostupem tepla  $Q_o$  je dána součtem tepelných toků prostupem tepla konstrukcemi, ohraničujícími vytápěnou místnost (ČSN 06 0210, 1993):*

$$Q_o = \sum U_j \times S_j \times (\theta_i - \theta_e) \quad (3.9)$$

kde:  $U_j$  součinitel prostupu tepla [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]

$S_j$  plocha ochlazované části stavební konstrukce [ $m^2$ ]

$\theta_i$  výpočtová vnitřní teplota [°C]

$\theta_e$  výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce [°C]

### Tepelná ztráta prostoru větráním $Q_v$

Tepelná ztráta prostoru větráním se stanoví podle rovnice (ČSN 06 0210, 1993):

$$Q_v = 1300 \times V_v \times (\theta_i - \theta_e) \quad (3.10)$$

kde:  $V_v$  objemový tok větracího vzduchu [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]

Za hodnotu  $V_v$  se dosadí hodnota objemového toku větracího vzduchu daného hygienickými nebo technologickými požadavky  $V_{vH}$ . Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu  $n_h$ , jejíž hodnoty udává norma ČSN 73 0540-2

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \times V_m \quad (3.11)$$

kde:  $V_m$  vnitřní objem místnosti [ $\text{m}^3$ ]

$n_h$  intenzita výměny vzduchu [ $\text{h}^{-1}$ ]

## 3.2 Charakteristika hlavních ekonomických metod výpočtu

### 3.2.1 Vícekriteriální hodnocení variant

Vícekriteriální hodnocení investičních projektů se zabývá problémy, jak vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci. V modelu je dán konečný seznam variant, které jsou ohodnoceny podle jednotlivých kritérií, jimž je přisuzována různá váha v celkovém hodnocení.

Varianty musí být důkladně vybrány, aby byly dostupné a byly vhodným řešením. Důležitá je i volba jednotlivých kritérií, která musí být nezávislá, měla by zahrnovat veškeré požadavky, ale jejich rozsah nesmí být zbytečně velký. Stanovit preference kritérií je velmi obtížným úkolem. Rozhodování je závislé na subjektivním názoru autora. Váha kritéria je hodnota z intervalu  $\langle 0 ; 1 \rangle$ , vyjadřuje relativní důležitost daného kritéria v porovnání s ostatními kritérii. Součet vah všech kritérií je roven jedné. (Šubrt a kol., 2011)

Kritéria rozlišujeme na maximalizační (čím vyšší hodnota, tím lepší hodnocení) a minimalizační (čím nižší hodnota, tím lepší hodnocení). Jako nejlepší může být vyhodnocena pouze některá nedominovaná varianta, tj. taková, ke které se nenajde jiná, která by byla podle všech kritérií lepší nebo s ní rovnocenná. Pro lepší představu o kvalitě jednotlivých variant je užitečné znát také potenciálně nejlepší – ideální variantu a potenciálně nejhorší – bazální variantu. Obě varianty bývají hypotetické. (Šubrt, 2007)

#### **Saatyho metoda**

Pro výběr vhodné varianty byla použita Saatyho metoda. Tato metoda slouží k určení vah kritérií, hodnotí-li je pouze jeden expert. Ten porovnává každou dvojici kritérií a hodnocení preferencí  $i$ -tého kritéria vzhledem k  $j$ -tému kritériu vyplní do tzv. Saatyho matice  $\mathbf{S} = (s_{ij})$ . Matice je čtvercová, rozměru  $n \times n$ . Pro hodnocení dvojice kritérií se využívá devítibodová stupnice (Šubrt a kol., 2011) :

- 1 – rovnocenná kritéria  $i$  a  $j$
- 3 – slabě preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 5 – silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 7 – velmi silně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 9 – absolutně preferované kritérium  $i$  před  $j$
- 2, 4, 6, 8 – mezistupně

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.12)$$

Na diagonále jsou jedničky, každé kritérium se samo sobě rovná. Z řádků matice se vypočtou normalizované geometrické průměry (všechna čísla v řádku se vynásobí a ze součinu se provede  $n$ -tá odmocnina).

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (3.13)$$

kde:  $b_i$       normalizovaný geometrický průměr řádky  
 $s_{ij}$       hodnoty v řádcích matice

Nakonec se geometrické průměry řádků sečtou a každý z nich se tímto součtem vydělí.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (3.14)$$

kde:  $v_i$  váha řádku  
 $b_i$  normalizovaný geometrický průměr řádku  
 $\sum b_i$  součet normalizovaných geometrických průměrů řádků

Dostanou se tak váhy jejichž suma je rovna 1. (Šubrt, 2007)

### **Metoda váženého součtu**

Metoda váženého součtu je založena na principu maximalizace užitku. Pro vyhodnocení potřebuje kardinální informace.

Algoritmus metody váženého součtu je podle Šubrta a kol. (2011):

1) Stanovíme ideální variantu  $H$  s ohodnocením  $(h_1, \dots, h_n)$  a bazální variantu  $D$  s ohodnocením  $(d_1, \dots, d_n)$ .

„Ideální varianta je hypotetická nebo reálná varianta, která dosahuje ve všech kritériích současně nejlepší možné hodnoty.“ (Získal, 2009)

„Bazální varianta je hypotetická nebo reálná varianta, jejíž ohodnocení je nejhorší podle všech kritérií.“ (Šubrt a kol., 2011)

2) Vytvoříme standardizovanou kriteriální matici  $R = (r_{ij})$ , jejíž prvky získáme z kriteriální matice  $Y$  pomocí vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j} \quad (3.15)$$

kde:  $r_{ij}$  vyjadřují hodnoty užitku  $i$ -té varianty podle  $j$  – tého kritéria  
 $y_{ij}$  hodnoty matice  $Y$   
 $d_j$  bazální varianta  
 $h_j$  ideální varianta

*Matice R již představuje matici hodnot funkce užitku z i-té varianty podle j-tého kritéria. Bazální variantě odpovídá hodnota nula a ideální variantě hodnota jedna.*

3) *Pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku*

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (3.16)$$

kde:  $u(a_i)$  dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií

$v_j$  vektor vah kritérií

$r_{ij}$  vyjadřují hodnoty užitku i-té varianty podle j – tého kritéria

Varianty seřadíme podle hodnoty užitku, maximální hodnota znamená nejlepší řešení. (Získal, 2009)



### 3.2.2 Hodnocení ekonomické efektivity investice

K hodnocení efektivity investice můžeme využít metody přihlížející nebo nepřihlížející k faktoru času. Jsou to:

- Statické metody
- Dynamické metody (Rosochatecká, 2010)

#### Statické ukazatele

Statické metody nerespektují faktor času. Lze je použít v případě, kdy faktor času nemá významný vliv na rozhodování o investicích. Například jde o jednorázovou koupi fixního majetku (stroje) s krátkou životností (jeden až dva roky). Statické metody je možné použít i jako první přiblížení pro celkové rozhodnutí. (Valach, 2010)

#### Cash – Flow

Peněžní tok (cash - flow) zachycuje změny peněžních prostředků v určitém období. Časově i hodnotově vyjadřuje přírůstky nebo úbytky peněžních prostředků. (Rosochatecká, 2010)

#### Diskontované cash – flow

Diskontování zahrnuje do výpočtů časovou hodnotu peněz. Hodnota dnešní koruny je větší než hodnota koruny v budoucnosti. Peněžní toky jsou rozlišovány podle toho, v jakém časovém období jsou realizovány, zvýhodněny jsou příjmy v bližší budoucnosti. (Vochozka, Mulač a kol., 2012)

Diskontované cash-flow vypočteme takto:

$$DCF = \frac{CF}{(1 + i)^t} \quad (3.17)$$

kde: DCF    diskontované cash flow  
CF        cash flow  
i          roční úroková sazba  
t          délka období v letech

### **Diskontní sazba**

Kalkulovaná úroková míra převádí budoucí výnosy na současnost, vyjadřuje očekávanou výnosnost investice v čase a zohledňuje míru rizika spojenou s investicí do nákupu podílu na podniku. (Vochozka, Mulač a kol., 2012) Diskontní sazba se pro bezpečné investice odvozuje od nerizikových cenných papírů – státních obligací. (Valach a kol., 1999)

### **Doba návratnosti**

Doba návratnosti je období, za které se kapitálový výdaj splatí z peněžních příjmů investice. Pro svou jednoduchost a srozumitelnost se tato metoda k hodnocení projektů v praxi často používá. Nevýhodou metody je, že nebere v úvahu příjmy po době návratnosti. Čím je kratší doba návratnosti, tím je projekt hodnocen příznivěji. Aby byl investiční projekt přípustný, musí být doba návratnosti kratší než doba životnosti investice. (Vochozka, Mulač a kol., 2012)

Doba návratnosti se vypočte:

$$DN = \frac{IN}{CF} \quad (3.18)$$

kde: DN    doba návratnosti  
IN    investiční náklady  
CF    cash flow

### **Diskontovaná doba návratnosti**

Diskontovaná doba návratnosti shodně jako doba návratnosti stanovuje období, za které projekt svým peněžním tokem přinese hodnotu rovnající se investičním nákladům. Při výpočtu se používá diskontované cash flow. (Vochozka, Mulač a kol., 2012)

Diskontovanou dobu návratnosti vypočteme:

$$DN_D = \frac{IN}{DCF} \quad (3.19)$$

kde:  $DN_D$  diskontovaná doba návratnosti  
IN investiční náklady  
DCF diskontované cash flow

### **Dynamické metody**

Dynamické ukazatele respektují faktor času. Měly by být použity u investičních projektů, kde se počítá s delší dobou pořízení dlouhodobého majetku a delší dobou ekonomické životnosti. (Valach, 2010)

### **Čistá současná hodnota**

Metoda čisté současné hodnoty (net present value) je definována jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investičního projektu a kapitálovým výdajem na investici, pokud je učiněn jednorázově. Jestliže se výdaj uskutečňuje delší dobu, je třeba použít diskontované kapitálové výdaje. Čistá současná hodnota zohledňuje veškeré peněžní toky spojené s projektem. Je považována za nejpřesnější metodu investičního rozhodování. (Valach, 2010)

Čistá současná hodnota se může vyjádřit v rozvinuté podobě (Vochozka, Mulač a kol., 2012):

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+i)} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1+i)^t} - IN \quad (3.20)$$

kde: NPV čistá současná hodnota  
 $CF_t$  čistý peněžní příjem v nominálním vyjádření realizovaný v roce t  
i požadovaná výnosnost (úrok v % / 100)  
n doba životnosti projektu v letech  
IN investiční náklad

Zjednodušeně ji lze vyjádřit:

$$NPV = \sum_{n=1}^N CF_n \frac{1}{(1+i)^n} - IN \quad (3.21)$$

kde:  $n$  – jednotlivá léta životnosti  
ostatní symboly zůstávají stejné

Interpretace výsledků je následující:

- a)  $NPV > 0$  - pokud jsou diskontované příjmy vyšší než kapitálový výdaj, je investiční projekt přijatelný
- b)  $NPV < 0$  – pokud jsou diskontované příjmy menší než kapitálový výdaj, je investiční projekt nepřijatelný
- c)  $NPV = 0$  – pokud se diskontované příjmy rovnají kapitálovému výdaji, je investiční projekt indiferentní (Valach, 2010)

### **Vnitřní výnosové procento**

Metoda vnitřního výnosového procenta (internal rate of return) je definována jako taková úroková míra, při které současná hodnota peněžních příjmů z projektu se rovná kapitálovým výdajům. V souvislosti s čistou současnou hodnotou, lze hovořit o takové úrokové míře, při níž se čistá současná hodnota rovná nule. Vyjadřuje efektivnost projektu relativně, v %. (Valach, 2010)

VVP lze vyjádřit rozvinutě:

$$\frac{P_1}{(1+IRR)^1} + \frac{P_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{P_N}{(1+IRR)^N} - IN = 0 \quad (3.22)$$

nebo zjednodušeně:

$$\sum_{n=1}^N P_n \frac{1}{(1+IRR)^n} - IN = 0 \quad (3.23)$$

kde:	IRR	vnitřní výnosové procento
	$P_n$	peněžní příjmy v jednotlivých letech životnosti projektu
	IN	investiční náklad
	n	jednotlivá léta životnosti projektu
	N	doba životnosti projektu

Investiční projekty jsou považovány za přijatelné, pokud je IRR větší než alternativní náklady. Většinou platí, že pomocí IRR se dostaneme ke stejným výsledkům jako pomocí čisté současné hodnoty. (Valach, 2010) Rozdílem je, že nejsou tržní podmínky zahrnuty přímo do výpočtu, ale až výsledek je porovnán s tržní situací. (Růčková, Roubíčková, 2012)

## 4 Teoretická východiska

### 4.1 Obnovitelné zdroje energie

V současné době průmyslové společnosti využívají především fosilní a jaderná paliva k pokrytí svých energetických potřeb. V posledních letech však dramaticky roste zájem o využívání obnovitelných zdrojů energie, což je z velké části reakce na snižování zásob zdrojů fosilních paliv a také na negativní dopady jejich využívání na životní prostředí. (vlastní překlad z Boyle, 1996)

Státy Evropské unie, OECD a ostatní vyspělé státy světa si uvědomují problémy, které s využíváním fosilních paliv souvisí. Energetická politika vyspělých států se mění a více se zaměřuje na snižování závislosti na dovozu primárních energetických zdrojů, na zvyšování účinnosti výroby energie a motivaci spotřebitelů k racionálnějšímu využívání energie. Využívání obnovitelných zdrojů energie ve větší míře, může pomoci ke snížení závislosti na dovozu energetických zdrojů a současně se jedná o environmentálně přijatelné řešení s koncepcí trvale udržitelného rozvoje. (vlastní překlad z Janíček, 2007)

Mezi obnovitelné zdroje energie můžeme zařadit energii solární, geotermální, energii větru, vody, přílivu, vln a dále sem patří energie získaná z biomasy. Solární energie bude k dispozici po tak dlouhou dobu, jak dlouho bude slunce zářit. Podle odhadů by to mělo být ještě dalších 4 až 5 miliard let. Geotermální energie pochází z tepla Země, teplo uvnitř jádra vzniká rozpadem radioaktivních částic a část pochází ze zbytkového tepla z doby vzniku Země. (vlastní překlad z Nelson, 2011) Větrná energie vzniká vlivem nerovnoměrného ohřevu zemského povrchu slunečním zářením. Možnost využití větru, jako zdroje energie se odlišuje v různých částech světa. Ideální podmínky pro využití větrné energie poskytuje mořské pobřeží. (vlastní překlad z Janíček, 2007) Energie vody patří mezi jeden z nejstarších zdrojů energie. Nejdříve se využívala mechanická energie, která se získávala s pomocí vodních mlýnů, později se mechanická energie získaná z vody přeměňovala pomocí vodních turbín na energii elektrickou. (vlastní překlad z Nelson, 2011) Biomasa je nejstarším zdrojem energie, využívala se již v době kamenné a až do začátků využívání fosilních paliv byla také nejdůležitějším zdrojem. (vlastní překlad

z Janíček, 2007) Jednotlivé obnovitelné zdroje energie, které se mohou uplatnit pro vytápění a ohřev vody v rodinném domě budou podrobně popsány v dalších kapitolách.

## 4.2 Pasivní dům

*Nagy (2005) uvádí že, „výstavba budov a jejich provozování výrazně zatěžují životní prostředí především nároky na materiálové a energetické zdroje, vyčerpáním přírodních surovin a znečišťováním životního prostředí nejen během realizace, ale i ve všech fázích existence budov. V rámci celkového životního cyklu spotřebovávají budovy v zemích EU přibližně 40 % konečné energie, jsou zodpovědné za přibližně 30 % škodlivých emisí CO<sub>2</sub> a současně vytvářejí přibližně 40 % všech odpadů. „*

Ropné krize v sedmdesátých letech pozitivně ovlivnily rozmach nízkoenergetické a solární architektury. USA jako největší spotřebitel ropy a energie, začaly vyvíjet tlak na úspory energie v různých oblastech. Jednou z oblastí bylo i stavebnictví, kde začala experimentální výstavba domů využívajících solární energii. Trend nízkoenergetické stavby domů se přenesl i do Evropy a dále se zde rozvíjel. Evropská výstavba je zaměřena na vyšší životnost staveb a tradiční materiály oproti americkým dřevostavbám. Postupně se zvyšovala tepelná izolace, používala se kvalitní a dobře těsnící okna. Začaly se využívat nové technologie, jako řízené větrání s rekuperací, tepelná čerpadla a solární kolektory. (Hudec, 2008)

*Jak uvádí Hudec (2008), „postupující vývoj nízkoenergetických domů vyústil do „teorie pasivního domu“, tedy domu, který si vystačí na vytápění s pasivními zisky, tj. se zisky ze slunečního záření a z vnitřního provozu domu. Tuto teorii definoval Dr. Wolfgang Feist, stavbou prvního pasivního domu v roce 1991 v Německu v Darmstadtu.“*

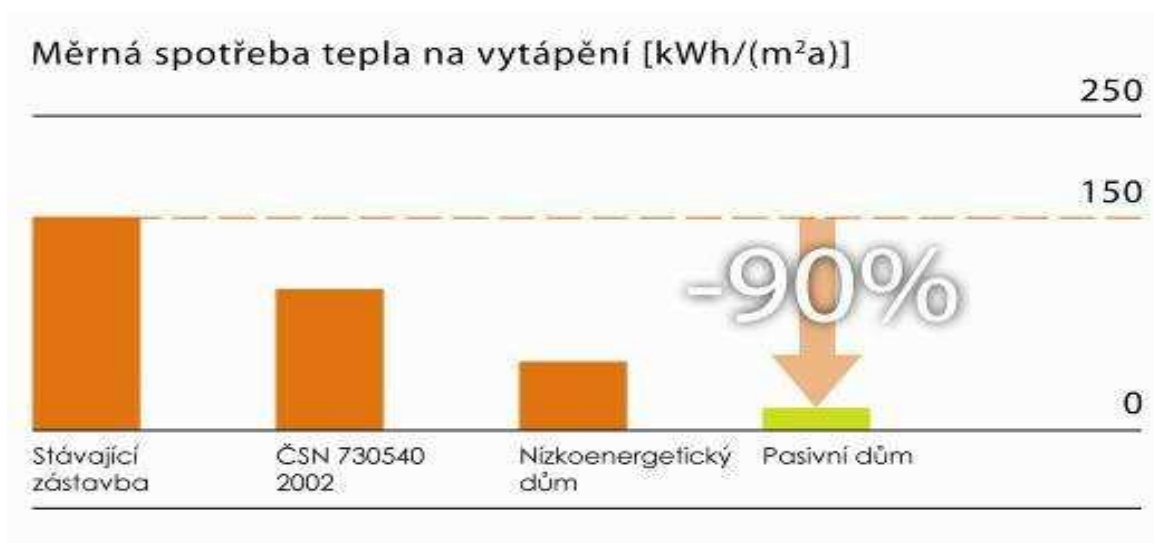
V České republice se realizovala výstavba několika nízkoenergetických staveb již v osmdesátých letech minulého století. V té době však ekonomický tlak na energetické úspory prakticky neexistoval, neboť centrálně řízené hospodářství udržovalo netržní ceny

energií. Po listopadu 1989 vedlo skokové zvýšení cen energií k rozšíření zájmu o toto téma a současně se zlepšila dostupnost informací o nízkoenergetických stavbách. (Smola, 2011)

### **Princip pasivního domu**

Pasivní dům poskytuje celoročně vysoký stupeň komfortu bydlení. Vytápí se pomocí slunečního záření procházejícího okny a vnitřních tepelných zisků vyzařovaných lidmi a spotřebiči. Díky nízké spotřebě energie není nutná v domě klasická topná soustava. (Hudec, 2008) Dům postavený podle tepelnotechnických norem z počátku 21. století spotřebuje na vytápění přibližně o 80% více energie než pasivní dům. Obrázek 1 – Měrná spotřeba tepla na vytápění ukazuje rozdíly mezi jednotlivými typy domů. Při spotřebě primární energie, tedy energie spotřebované při výrobě i se všemi ztrátami v distribuci až ke spotřebiči, je to o 57% více než pasivní dům. (Nagy, 2009)

**Obrázek 1 – Měrná spotřeba tepla na vytápění**



Zdroj: (Atrea, 2014)



Hudec (2008) charakterizuje základní znaky pasivního domu takto:

- *dobrý návrh s orientací hlavní prosklené fasády k jihu;*
- *kompaktní tvar bez zbytečných výčnělků;*
- *špičková izolační okna;*
- *vynikající tepelné izolace a vzduchotěsnost domu;*
- *důsledné řešení tepelných mostů;*
- *řízené větrání s rekuperací tepla;*
- *chybějící klasický topný systém.*

Tabulka 1 - Základní vlastnosti pasivního domu - obsahuje základní parametry pasivního domu pro středoevropské klimatické podmínky. Celková neprůvzdušnost obálky budovy musí být ověřena tlakovou zkouškou, při přetlaku a podtlaku 50 Pa se nesmí za hodinu netěsnostmi v obálce vyměnit více než 60% vnitřního objemu vzduchu. (Tywoniak, 2005)

**Tabulka 1 - Základní vlastnosti pasivního domu**

Veličina	Jednotka	Požadavek
měrná spotřeba tepla na vytápění	kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤15
celková spotřeba primární energie	kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤120
celková neprůvzdušnost n <sub>50</sub>	h <sup>-1</sup>	≤0,6

Zdroj:(Tywoniak, 2005)

Automatický systém řízeného větrání s rekuperací, tedy se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu, zajišťuje v domě neustálý přísun čerstvého vzduchu. Čerstvý vzduch je nasáván zvenku nasávacím potrubím většinou přes předřazený vzduchový zemní výměník tepla. Ten slouží k předehřevu venkovního vzduchu v topném období a k ochlazení vzduchu v letním období. Použitý vzduch je odváděn z domu vlastním potrubím do vnějšího prostředí. (Nagy, 2009)

### **Stavebně - energetická koncepce**

Základním požadavkem při stavbě pasivního domu je koncepční přístup k jeho navrhování. Předpokladem dosažení požadovaných úspor je použití kvalitních oken,

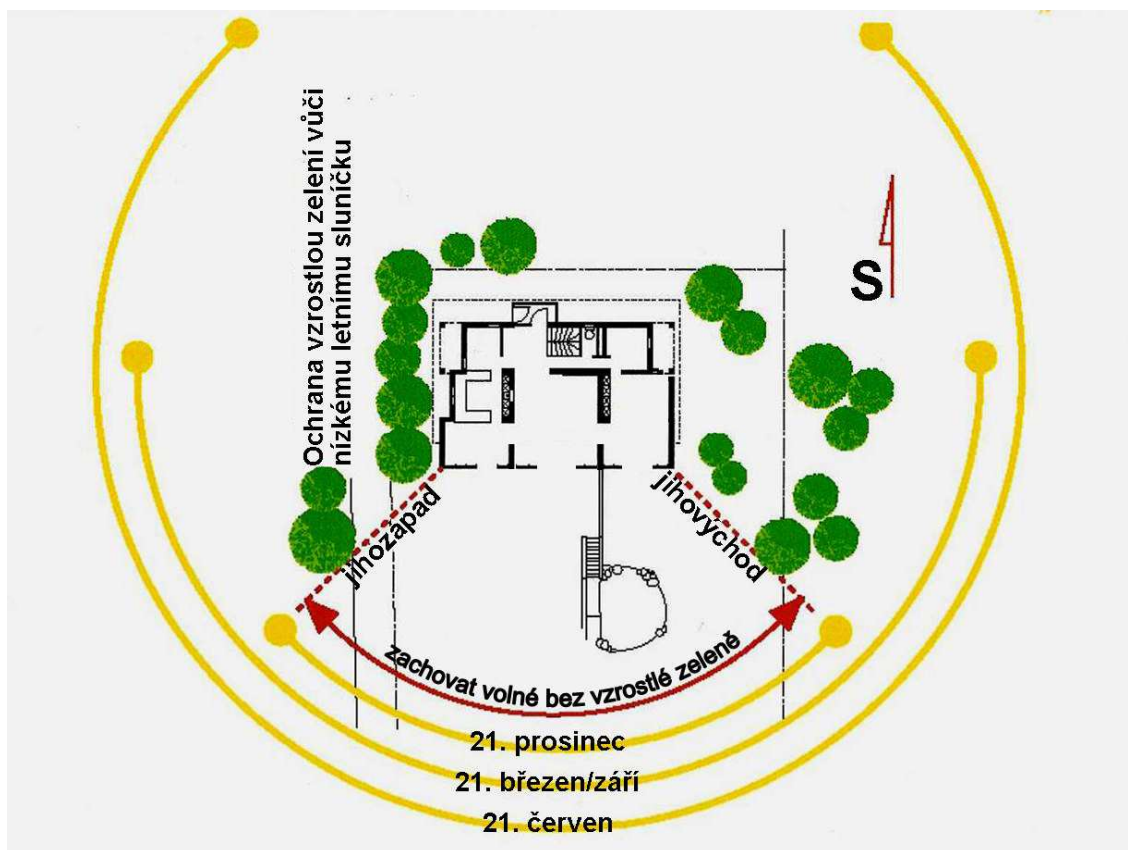
větracího zařízení a obvodového pláště. Důležité je upřednostnění strategie minimalizace tepelných ztrát před maximalizací pasivních solárních zisků, neboť v podmínkách středoevropského klimatu je tato strategie efektivnější. (Nagy, 2009)

*Nagy (2009) uvádí, že „tepelné ztráty prostupem tepla přes obvodové konstrukce představují 84 % ( $Q_T$ ) a tepelné ztráty větráním ( $Q_V$ ) 16 % celkových tepelných ztrát. Ztráty větráním mají relativně malý význam, protože jsou minimalizovány díky vynikající neprůvzdušnosti a zpětnému získávání tepla z odpadního vzduchu. Tepelné ztráty jsou v rovnováze se získanou sluneční energií (43 %), s vnitřními zdroji tepla (26 %) a se zbytkovou potřebou tepla na vytápění (31 %).“*

Důležitým prvkem při stavbě pasivního domu je správný výběr vhodného pozemku. Mimo klimatických podmínek, je nutné brát v úvahu regulační podmínky lokality (uliční čára, tvar a sklon střechy, orientace budov apod.) a občanskou vybavenost. Pokud se v místě stavby nenachází nákupní možnosti, školka, škola, lékař, kulturní zařízení a není dobře dostupné městskou hromadnou dopravou, může být spotřeba energie i emise škodlivin spojená s provozem aut výrazně vyšší než z provozu domu. (Hudec, 2008)

Lokální klimatické podmínky ovlivňují potřebu tepla na vytápění v zimě a nutný chladicí příkon v létě. Hlavními faktory jsou teplota venkovního vzduchu a množství dopadajícího slunečního záření. (Nagy, 2009) Pozemek je výhodnější volit v níže položených místech, protože každých 100 metrů nad mořem snižuje průměrnou teplotu o 0,5 až 0,8 °C. Nevhodné jsou vrcholky kopců, ale i údolí, kde je riziko vytváření tzv. jezer studeného vzduchu, která vznikají klesáním studeného vzduchu do nižších poloh. Vhodná je blízkost vodních ploch v okolí, protože dokážou díky své tepelněakumulační schopnosti zmírňovat teplotní výkyvy lokálního klimatu v zimě i v létě. (Vše o nízkoenergetickém domě, 2008) Ideální je pozemek s velkým počtem slunečních dní, nezastíněný okolní výstavbou, stromy a terénem. Zastínění stromy můžeme vhodně využít, pokud se jedná o stromy opadavé. V létě stromy stíní jižní fasádu a v zimě nezabraňují průchodu slunečních paprsků. Zvolení správné pozice domu na pozemku znázorňuje Obrázek 2 - Ideální umístění domu na pozemku. (Hudec a kol., 2013) Vstup do domu by měl být umožněn ze severní strany. (Pregizer, 2009) To zajistí dostatek prostoru v jižní části pro zahradu a nestíněný prostor pro získávání solárních zisků. (Smola, 2011)

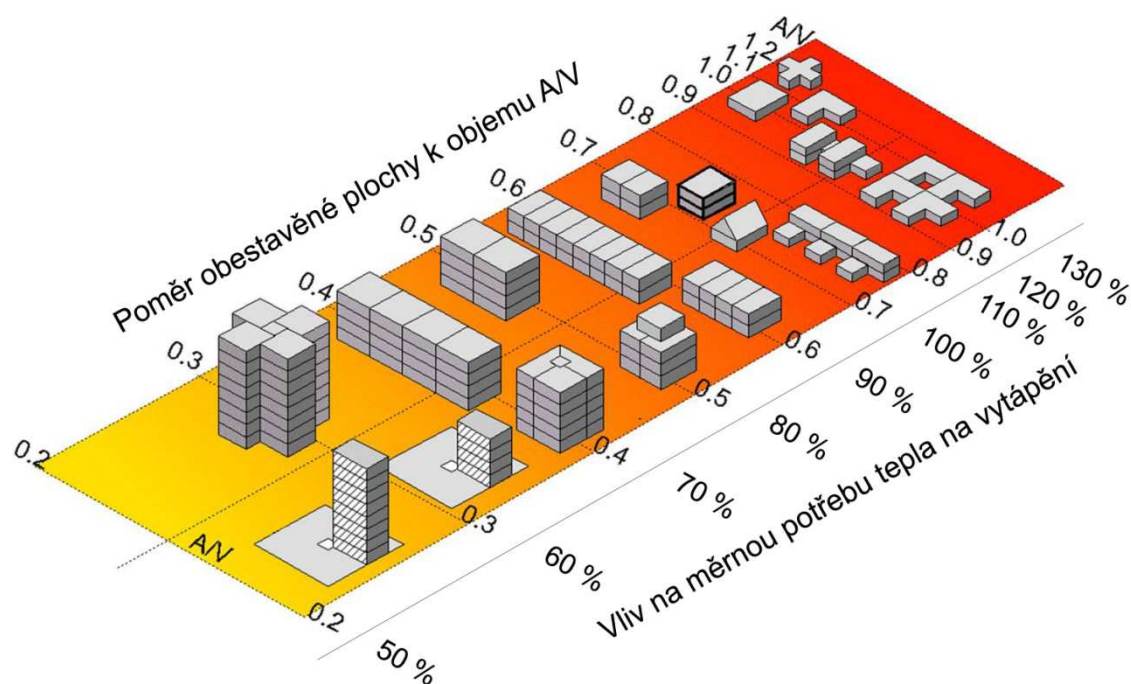
Obrázek 2 - Ideální umístění domu na pozemku



Zdroj: (CPD, 2013)

Také velikost a tvar budovy ovlivňují její úspornost. Aby bylo dosaženo nízkých tepelných ztrát, je třeba při navrhování pasivního domu zvolit kompaktní tvar. Tedy aby poměr mezi ochlazovanou plochou obvodových konstrukcí budovy  $A$  ( $m^2$ ) a obestavěným prostorem  $V$  ( $m^3$ ) byl co nejmenší. (Nagy, 2009) Nejlepší poměr  $A/V$  má koule, příznivý poměr má i krychle, která je pro dům příhodnější. Každý výstupek nebo výklenek budovy zvětšuje její ochlazovanou plochu a zároveň s tím narůstá i množství tepelných mostů. (Pregizer, 2009) Kompaktní stavba má mimo jiné i nižší pořizovací náklady, protože obvodový plášť má velký podíl na investičních nákladech domu. Obrázek 3 - Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty znázorňuje faktory tvaru ( $A/V$ ) pro různé typy budov, nejvýhodnější poměr mají výškové budovy. Pro samostatně stojící rodinný dům s dobrou energetickou kvalitou se doporučuje nepřekročit poměr  $A/V = 0,7$ . (Nagy, 2009)

Obrázek 3 - Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty



Zdroj: (Pasivní domy, 2014)

Nízká potřeba tepla u pasivního domu poskytuje ideální podmínky pro využívání obnovitelných zdrojů energie. (Nagy, 2009)

### **Nevýhody pasivního domu**

Ačkoliv má pasivní dům mnoho výhod existují i určitá omezení a nevýhody, které je důležité brát v úvahu. Největším omezením do budoucna je změna aktuální dispozice domu. Při přestavbě vnitřního uspořádání místností nebo přístavbě dalších částí vždy dojde k narušení vzduchotěsnosti obvodového pláště domu.

Omezením pro některé lidi může být nastavení identické teploty ve všech místnostech domu. Osoby, které například upřednostňují spánek v chladnější místnosti, mohou v chladnějších dnech otevírat okna (to však způsobuje tepelné ztráty) nebo je třeba upravit nastavení rekuperace tepla. (vlastní překlad z Dadeby, Cotterell, 2012)

### 4.3 Geotermální energie

Když před 4 miliardami let vznikala planeta Země, byl povrch Země částečně roztaven. Až za další 1 miliardu let teplota na povrchu Země klesla pod 100°C a povrch se začal zpevňovat. Teploty přesahující 1000°C se vyskytují i v současnosti skoro na 99% Země. Na zbývající části Země, kterou tvoří převážně zemská kůra, se nachází téměř 90% míst s teplotou přes 100°C. Tyto teploty se většinou nacházejí v zemském jádru. (vlastní překlad z Quaschning, 2010)

Tepelná čerpadla využívají geotermální energii a patří tak mezi alternativní zdroje obnovitelné energie. Myšlenku principu tepelného čerpadla tedy, že teplo se šíří ve směru od teplejší ke studenější části formuloval již v roce 1852 lord Kelvin. Pro svou činnost využívají tepelná čerpadla teplo z okolního prostředí a převádí ho na vyšší teplotní hladinu. energii odebírají ze země, vzduchu nebo vody. Získané teplo využívají pro vytápění a ohřev teplé vody. (Karlík, 2009) Častější je využití pro vytápění, kdy pokryjí 60 – 80% tepelné potřeby domu. (Stern, 2008)

Tepelné čerpadlo je nejlevnějším zdrojem vytápění na elektřinu. Svým provozem neznečišťuje ovzduší žádnými nečistotami. Ekologické jsou však až v místě svého využívání. Spotřebovaná elektrická energie nutná k jejich provozu se stále musí odebírat ze sítě. (Dufka, 2003)

Tepelné čerpadlo je složeno z venkovní a vnitřní jednotky. Venkovní část zajišťuje odebírání tepla z vybraného prostředí, tedy ze země, vzduchu nebo vody. Vnitřní část obstarává předávání tepla do topného systému a nevyžaduje žádné speciální nároky na umístění. (Karlík, 2009) Velikostně vypadá jako větší chladnička. Základními pracovními částmi tepelného čerpadla jsou výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Nejdražším prvkem je kompresor, který bývá hermeticky uzavřen v ocelové nádobě ve vnitřní části. (Srdečný, 2005)

### **Nejčastěji se používají tyto čtyři typy kompresorů:**

- Pístové kompresory - jsou levnější, ale mají horší topný faktor a jsou hlučnější. Životnost kompresoru je okolo 15 let;
- Spirálové kompresory SCROLL - nejpoužívanější typ v současnosti, jsou dražší, ale dosahují vyššího topného faktoru. Životnost kompresoru je okolo 20 let;
- Rotační kompresory - mají nízký topný faktor a jsou zřídka využívány;
- Šroubové kompresory - využívají se v průmyslových oblastech. (Srdečný, 2005)

Efektivita jakožto základní parametr tepelného čerpadla se vyjadřuje topným faktorem  $\epsilon_T$  (COP – Coefficient of Performance). Toto bezrozměrové číslo (číslo bez jednotky) vypovídá o účinnosti tepelného čerpadla. Vyjadřuje poměr mezi množstvím získaného tepla a spotřebou vstupní energie (elektřiny pro pohon kompresoru). Čím vyšší topný faktor, tím lepší je tepelné čerpadlo a nižší náklady na jeho provoz. Topný faktor se běžně pohybuje v rozmezí od 2,5 do 5. U velmi dobrého tepelného čerpadla se za ideálních podmínek může dosáhnout až hodnoty 7. V závislosti na okolních podmínkách se topný faktor mění. V průběhu roku se teplota zdroje (voda, půda, vzduch) mění, trochu kolísat může i výstupní teplota z tepelného čerpadla. Při velkém rozdílu teplotních hladin spotřebovává čerpadlo více energie. (Srdečný, 2005; Karlík, 2009) U tepelných čerpadel je důležitá ekvitermní regulace, která upravuje teplotu topné vody v topném systému podle aktuální venkovní teploty a tím snižuje energetickou náročnost čerpadla. (Čerpadla-itv, © 2003-2014)

#### **4.3.1 Druhy tepelných čerpadel**

Pro získávání tepla existují tři zdroje voda, země a vzduch. V názvu typu čerpadla je zdroj energie uveden na prvním místě. Za lomítkem je látka, která teplo dodává do objektu. Používá se voda nebo vzduch. (Karlík, 2009) Zdroje tepla se označují jako nízkopotenciální. Zdrojům se odebírá malé množství tepla a jejich teplota se sníží pouze o několik stupňů. (Dufka, 2003) Při výběru tepelného čerpadla je důležitá analýza přírodních podmínek v okolí domu. (Stern, 2008)

### **Zdroj tepla – voda**

Využívaná může být spodní i povrchová voda. Odběr tepla ze spodní vody patří k velmi komplikovaným systémům. Spodní voda se odebírá ze zdrojové studny a ochlazená voda se vypouští do vsakovací studny. (Srdečný a Truxa, 2005) K dispozici musí být dostatek spodní vody, přibližně 180 l/h na 1 kW výkonu tepelného čerpadla. To se ověřuje čerpací zkouškou, kdy se po dobu minimálně 28 dní čerpá ze studny voda v požadovaném množství. Další podmínkou pro správné fungování je čistá voda, bez mechanických nečistot nebo s vysokým obsahem minerálů či železa. (Karlík, 2009) Studny by měly být od sebe vzdáleny nejméně 15 metrů. Hloubka studny by měla být do 25 metrů. Výhodou je zdroj tepla s relativně vysokou a stálou teplotou, která se v hloubkách větších než 10 metrů pohybuje v rozmezí 10 – 12 °C. Stálá teplota je předpokladem pro vyšší topný faktor a pro efektivnější využití tepelného čerpadla. (Dufka, 2003)

Povrchová voda se jako zdroj tepla příliš nehodí. V zimním období je teplota povrchové vody nízká a po ochlazení by v tepelném čerpadle zamrzala. Teplo se dá odebírat pomocí kolektorů z PE hadic ponořených na dně toků. Vhodné pro to jsou stále tekoucí vody, jako jsou náhony elektráren, mlýnů apod. Pro uložení kolektoru je třeba souhlas správce toku (majitele). (Srdečný a Truxa, 2005; Karlík, 2009)

### **Zdroj tepla – země**

V našich zeměpisných podmínkách je to nejrozšířenější způsob odběru tepla pro tepelná čerpadla. Teplo se může odebírat zemním plošným kolektorem nebo půdním vrtem. (Karlík, 2009)

Zemní plošný kolektor je nejméně náročný na realizaci a investiční náklady. Oproti hlubinnému vrtu má mírně horší průměrný roční topný faktor. Využívá se proud tepla, který je přijímán svrchní vrstvou země, z přímé nebo nepřímé sluneční energie. Pro instalaci je potřeba mít k dispozici dostatečně velký pozemek, který již dále nebude zastavován. Rozhodující jsou i termické vlastnosti půdy a poloha místa. (Karlík 2009) Kolektor se umísťuje do hloubky 1,5 – 2 metry, v dostatečné vzdálenosti od základů domu, aby nemohlo dojít k jejich promrznutí. Velikost plochy kolektoru je asi trojnásobkem vytápěné plochy. (Srdečný a Truxa, 2005)

Geotermální vertikální vrty jsou v České republice nejvyužívanějším způsobem získávání nízkopotencionální energie. U půdního vrtu je důležité ve vybrané lokalitě posoudit tepelnou vodivost hornin. Pro získání 1 kW výkonu tepelného čerpadla je třeba asi 12 – 18 m hloubky vrtu. Hloubka vrtu se obvykle pohybuje od 70 m do 140 m s průměrem 130 - 220 mm. Topný faktor dosahuje hodnot 4 – 5 v průběhu celého roku. (Srdečný a Truxa, 2005) Pro správné fungování je třeba vrt dostatečně nadimenzovat. Poddimenzováním vrtu dochází k ochlazování země velkým odběrem tepla a může způsobit zamrznutí vrtu. Pokud využíváme čerpadlo i k letnímu chlazení budovy, je možné dotovat vrt získaným teplem a tím ho regenerovat pro zimní období. (Karlík, 2009)

### **Zdroj tepla - vzduch**

Okolní vzduch může být také využíván jako nízkopotenciální zdroj tepla. V poslední době se jeho využívání zvyšuje, zejména v oblastech mírného pásu s menším počtem mrazových dnů. Důvodem je zlepšení provozních parametrů tepelných čerpadel. (Karlík, 2009) Průměrný roční topný faktor se přibližuje hodnotám tepelných čerpadel využívajících teplo ze země. Velkou výhodou je, že vzduch je k dispozici všude a v dostatečném množství a není proto třeba provádět žádné speciální práce. Náklady na pořízení a instalaci se tím snižují. (Dufka, 2003) Dobře spolupracuje s instalovanou rekuperací a díky zpětnému chodu, může v létě fungovat jako klimatizace. (Stern, 2008)

Venkovní vzduch je nasáván pomaloběžným ventilátorem a ochlazován. Vlhkost vzduchu silně ovlivňuje obsah energie v něm. Množství energie ve vzduchu není přímo úměrné teplotě, ale klesá rychleji. V době nejnižších venkovních teplot, kdy potřebujeme v domě největší teplo, má tepelné čerpadlo nejnižší topný faktor a také nižší výkon. (Srdečný a Truxa, 2005) Současná tepelná čerpadla jsou schopná efektivně pracovat do teplot – 20 °C až – 25 °C. Při nižších teplotách, než ve kterých je tepelné čerpadlo provozu schopné, je nutné čerpadlo vypnout a nahradit ho jiným systémem vytápění. Ventilátor produkuje hluk v rozmezí 40 až 50 dB. (Karlík, 2009) Hygienické normy stanovují výši hluku během dne pod 50 dB a v noci pod 40dB. Během dne je hluk z ventilátoru neslyšitelný v noci však může hluk vadit. Hluk jednotky lze omezit umístěním do vhodného prostředí pohlcující zvuk (tráva, keře apod.) nebo ji umístit do domu. (Srdečný a Truxa, 2005)



### Výhody a nevýhody jednotlivých typů čerpadel

**Tabulka 2 - Výhody a nevýhody TP vzduch/voda**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Nízké pořizovací náklady	Mírně nižší efektivita provozu oproti systémům využívajícím energii země nebo vody
Jednoduchá a rychlá instalace	Vyšší provozní náklady (asi o 25 % než u systému země/voda)
	Nižší životnost

Zdroj: (Poncarová, 2011)

**Tabulka 3 - Výhody a nevýhody TP země/voda**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Vysoký topný faktor	Vyšší náklady na pořízení
Vyšší topný faktor než u ostatních typů čerpadel	Vysoké stavební nároky a náklady
Dlouhá životnost	Riziko závady zařízení
Vyrovnaný výkon TČ	

Zdroj: (Energia, 2012; Daniel, 2010; Poncarová, 2011)

**Tabulka 4 - Výhody a nevýhody TP voda/voda**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Vysoký topný faktor	Složitější instalace
Malé provozní náklady	Vyšší náklady na pořízení
	Vyšší náklady na servis
	Velké nároky na vodu

Zdroj: (Daniel, 2010; Poncarová 2011)

## 4.4 Solární energie

Slunce je hvězda, která září již více než 4 miliardy let. Je tvořeno ze tří čtvrtin vodíkem a ten je zdrojem energie, kterou Slunce vyzařuje do vesmíru. Jádro Slunce je dokonalý přírodní termonukleární reaktor. (Kusala, 2006)

Kusala (2006) uvádí že, „záření vzniklé při termonukleární reakci postupně proniká sluneční hmotou, až se dostane na povrch ve formě tepelného, světelného, ultrafialového a rentgenového záření. Největší podíl vyzářené energie připadá na viditelné světlo (asi 60 %), podíl dlouhovlnného tepelného záření činí asi 30 %. Zbytek vyzářené energie připadá na krátkovlnné ultrafialové a rentgenové záření.“ Část záření je při průchodu atmosférou odražena zpět do vesmíru, část pohlcena a část je rozptýlena. Na povrch Země se dostává přímé záření a záření rozptýlené a odražené od mraků. (Murtinger, 2008)

Sluneční energie je nejvýznamnějším primárním zdrojem energie pro veškerý život na Zemi. Většina dnes využívaných energetických zdrojů, například energie větru, energie řek a potoků, biomasy, teplo povrchu Země, je přeměněná energie Slunce. (Murtinger, Truxa, 2010) Energie slunečního záření patří mezi obnovitelné zdroje energie. Solární energie je dostupná všude na Zemi, ale se značnými rozdíly mezi jednotlivými lokalitami. Množství získané energie ze slunečního záření ovlivňuje podle Murtingera a Truxi (2010) několik faktorů:

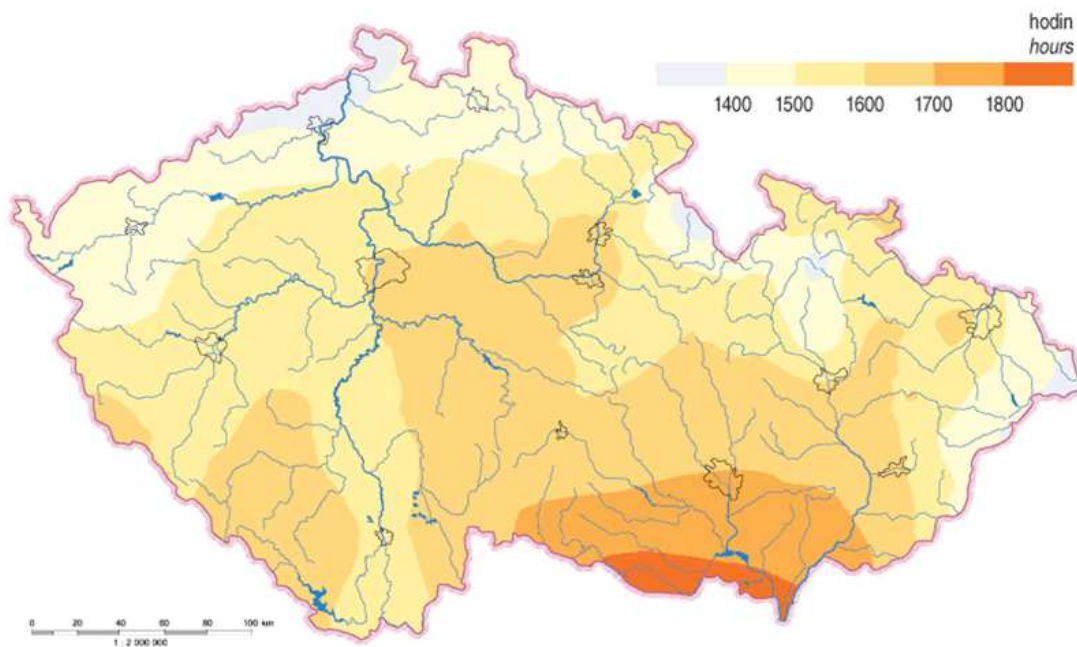
- Zeměpisná šířka – největší množství záření dopadá v oblastech okolo rovníku a nejméně u pólů
- Roční doba – v letních měsících svítí Slunce průměrně 8 až 9 hodin denně. V zimních měsících kdy je den kratší, slunce na obloze je nízko a zároveň je i větší výskyt oblačnosti se energetický zisk solárních zařízení výrazně omezuje.
- Místní klima, oblačnost – záření se skládá ze záření přímého a difuzního. Přímé záření dopadá na Zemi bez rozptylu. Difuzní záření vzniká v atmosféře rozptylem o molekuly plynů, částičky a mraky. Přičítá se

k němu i část odraženého přímého záření od okolních ploch. Množství dopadajícího záření ovlivňují mraky, znečištění atmosféry a lokální vlivy (přízemní mlhy).

- Sklon a orientace plochy, na niž sluneční záření dopadá – maximální výkon se získá na ploše, která je kolmá k dopadajícímu slunečnímu záření. Natačet zařízení za Sluncem v optimálním úhlu je však drahé a těžkopádné. Nejvhodnější je natočit kolektory směrem na jih s trvale nastaveným sklonem na 45°, to zaručuje dobrý celoroční zisk.

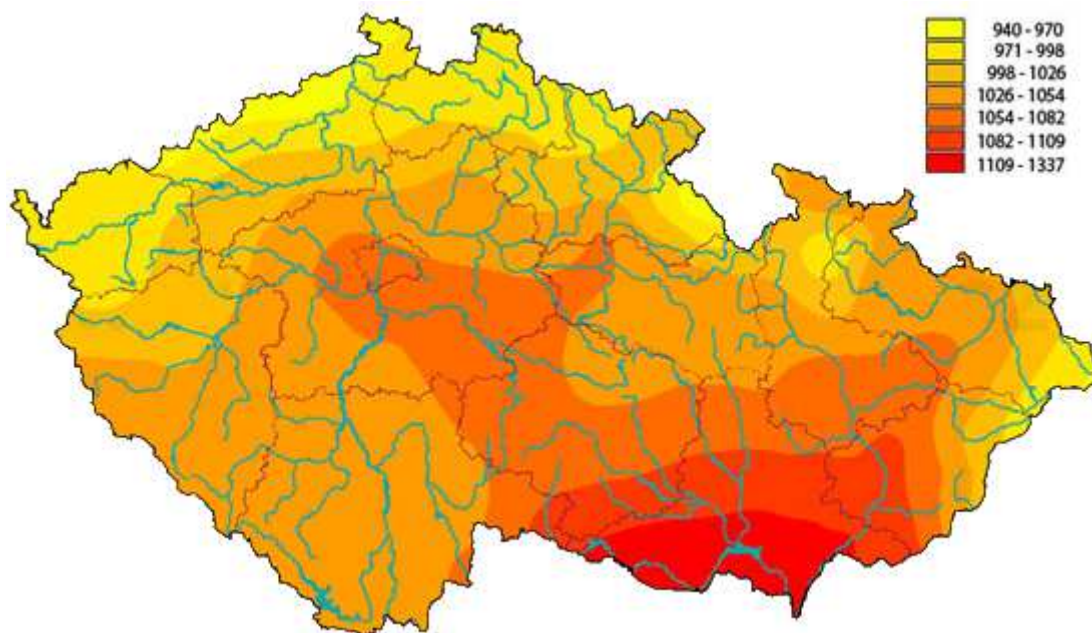
V České republice se průměrný počet hodin slunečního svitu pohybuje okolo 1460 hodin za rok. Sluneční svit v ČR v různých lokalitách zachycuje Obrázek 4 - Mapa slunečního svitu v ČR. Na 1 m<sup>2</sup> dopadá v průměru okolo 1100 kWh za rok, 75 % připadá na období od dubna do října. V tomto období je možné slunečním svitem kompletně pokrýt energetickou potřebu na ohřev vody. Ve zbývajících měsících je možné získat přibližně 60 % požadované energie. Nejméně solárního záření je na severovýchodě území, naopak nejlepší lokality jsou Polabská nížina a jižní Morava. (Velfel a kol., 2010) Vhodnost lokality pro instalaci solárního zařízení znázorňuje Obrázek 5 - Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m<sup>2</sup>]. Mapa vychází z dlouhodobých meteorologických měření. (Isofenergy, 2009)

Obrázek 4 - Mapa slunečního svitu v ČR



Zdroj: (Isofenergy, 2009)

Obrázek 5 - Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m<sup>2</sup>]



Zdroj: (Isofenergy, 2009)

Solární energii můžeme přeměnit na teplo (termální systémy), elektrickou energii (fotovoltaické systémy), mechanickou nebo chemickou energii (v přírodě – fotosyntéza). Termální systémy se dají použít k ohřevu užitkové a bazénové vody, ohřevu vzduchu a vytápění, destilaci a desinfekci vody, vaření, sušení, solárnímu chlazení a klimatizaci, a dále jako tepelný motor nebo solární pece. Pro přeměnu na elektrickou energii se používají fotovoltaické články. (Murtinger, Truxa, 2010)

Ve stavbách přichází v úvahu využití solární energie systémy:

- Pasivními - v rámci stavby, akumulační a prosklené konstrukce, zisky okny (Počinková a kol., 2008)
  - nevyužívá žádné technické zařízení k přenosu tepla (Velfel a kol., 2010)
- hybridními - kombinovanými. Konvektivní systémy, kdy energie je využívána přímo z oslunění, navíc je využito konvekce (pohybu) vzduchu k dalšímu přenosu získaného tepla. Řadí se sem okenní kolektory a vzduchové kolektory s předsazenou prosklenou konstrukcí. (Počinková a kol., 2008)
- aktivními - fototermické systémy - solární kolektory využívají sluneční záření k výrobě tepla, které je odváděné kapalným médiem nebo vzduchem do akumulátoru
  - fotovoltaické články – přímá výroba elektrické energie ze slunečního záření (Nagy, 2009)

Většina solárních systémů je technicky jednoduchá, robustní, s minimálními nároky na obsluhu a dlouhou životností. (Murtinger, Truxa, 2010)

#### 4.4.1 Solární fototermické systémy - aktivní

V podmínkách České republiky je nejvýhodnější a nejběžnější využití slunečního záření pro ohřev vody. Kolektory se umísťují obvykle na střechu a zásobník do sklepa, kde nevádí jeho váha a rozměry. (Murtinger, Truxa, 2010) Při výběru vhodného solárního kolektoru je rozhodující, jakou teplotu na něm potřebujeme dosáhnout (jaký je rozdíl mezi teplotou kolektoru a okolí). Účinnost kolektoru při různých rozdílech teplot mezi absorberem a okolím a při různých intenzitách slunečního záření popisuje účinnostní křivka kolektoru. Životnost systému je garantována na 15 – 20 let. Po této době začne docházet k postupnému snižování jeho účinnosti. Systém by měl vydržet funkční až 50 let. (Solarnienergie, 2008)

##### Solární soustavy

Slouží k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně na tepelnou energii. (Matuška, ©2001 - 2014) Soustava je tvořena kolektorovým (primárním) okruhem a topným (sekundárním) okruhem. Kolektorový okruh tvoří sluneční kolektory, potrubí, oběhové čerpadlo, regulační zařízení. Dodává teplo do akumulární nádrže. Topný okruh tvoří otopná tělesa, zabezpečovací zařízení atd. Teplo odebrané z akumulární nádrže se dodává do otopných těles. (Dufka, 2003)

##### Kolektory

Podle tvaru se rozdělují kolektory na ploché a trubicové. Dalším rozdělením je teplotní prostředí kolektoru, využívají se kapalinové nebo vakuové kolektory. Životnost kolektorů se v současné době pohybuje v rozmezí 25 – 30 let. Výkon kolektoru ovlivňuje zejména velikost absorpční plochy. (Dufka, 2003)

Mezi nejčastěji používané typy patří plochý kapalinový kolektor. Sluneční energii zachycuje solárním sklem a přeměňuje ji na tepelnou. Tepelnou energii pohlcuje absorber se selektivní vrstvou a předává ji teplotní kapalině proudící v integrovaném potrubí. Oblíbenost tohoto kolektoru je dána nízkými pořizovacími náklady při zachování dobré kvality. (Počinková a kol., 2008)

Druhým, často používaným typem jsou trubicové vakuové kolektory. Absorbér se selektivním povrchem je zataven ve vakuové trubici. Vakuum v trubici snižuje tepelné ztráty a zvyšuje se účinnost kolektoru. Tyto kolektory mohou získávat teplo i v zimních měsících, kdy je velmi slabé sluneční záření. Vakuum prodlužuje také životnost materiálů, protože je chrání před působením atmosféry. (Murtinger a Truxa, 2010)

*Dufka (2003) uvádí, že „k nejdůležitějším technickým parametrům kolektorů patří energetický zisk (kWh/m<sup>2</sup> rok), absorpční plocha (m<sup>2</sup>), hmotnost (kg), vodní obsah (litry), účinnost (%), objemový průtok (l/hod), životnost a záruka a další.“*

#### Zásobník teplé vody

Ukládá teplo získané ze solárního kolektoru v podobě teplé vody na dobu, kdy ho budeme potřebovat. (Murtinger, Truxa, 2010)

#### Regulační zařízení

Zapíná čerpadlo v době, kdy teplota na kolektoru převyšuje teplotu ve spodní části zásobníku. Mezi další funkce patří ochrana před přehřátím zásobníku, měření tepla dodaného solárním systémem, regulace dohřívání vody v zásobníku v době kdy nesvítí slunce. (Murtinger, Truxa, 2010)

**Tabulka 5 - Výhody a nevýhody solárních kolektorů**

Výhody	Nevýhody
Dlouhodobá stabilita dodávek – Slunce je nevyčerpatelný zdroj energie	Vysoké náklady na pořízení
Nízké provozní náklady	Časová proměnlivost a malá plošná hustota solární energie
Nenáročná obsluha	Nelze použít jako samostatný zdroj
Nevznikají žádné emise	

Zdroj: (Murtinger, Truxa, 2010; Solarnienergie, 2008)

## 4.5 Biomasa

Pod pojmem biomasa, se rozumí hmota z organického materiálu. Lze sem zařadit pevnou biomasu tedy kusové dřevo, dřevní odpad (piliny, kůra, štěpka, sláma) a suché části rostlin pěstovaných pro spalování (topol, osika, vrba, šťovík, slunečnice, konopí apod.), bioplyn a kapalná biopaliva. (Quaschnig, 2010) Pro energetické využití se pěstují rostliny označované jako energetické plodiny. Jsou pro ně důležité vlastnosti jako dobrá účinnost přeměny oxidu uhličitého na biomasu pomocí slunečního záření, nenáročnost na vodu a živiny, odolnost proti chorobám a škůdcům, velký obsah sušiny v době sklizně, vysoká výhřevnost a nízký obsah popela. Využívat lze i odpadní biomasu, která byla člověkem již použita, ale k jiným než energetickým účelům. Jde o rostlinné odpady ze zemědělské výroby, odpady z údržby krajiny, sadů a travnatých ploch, dřevozpracujících provozů (odřezky, piliny, hobliny), potravinářských výrob (cukrovary, jatka, lihovary), jinak nevyužité vedlejší produkty živočišné výroby (hnůj, kejda, zbytky krmiv). Spalovat lze většinu typů biomasy, které mají přijatelnou míru vlhkosti, odpovídající velikost, formu a zařízení vhodné pro jejich spalování. Avšak ne u všech typů biomasy je to ekonomicky výhodné. (Murtinger, Beranovský, 2008)

Nejstarším zdrojem energie je dřevo. Je to již 790 000 let, co člověk objevil oheň a začal využívat energii hořícího dřeva. Z toho důvodu je biomasa nejdéle používaný zdroj energie. (Quaschnig, 2010) A v případě hospodárného využívání půdy bude k dispozici neustále. (Mastný a kol., 2011) V České republice se biomasa podílí až z 80 % na výrobě energií z obnovitelných zdrojů, jedná se o výrobu elektřiny, tepla nebo pohonných hmot. (Tzb-info, 2010)

### **Vytápění biomasou**

Velkou předností biomasy je, že při spalování má minimální vliv na množství CO<sub>2</sub> v ovzduší. (Mastný a kol., 2011) Má tzv. nulovou bilanci CO<sub>2</sub>. To znamená, že při růstu spotřebuje tolik CO<sub>2</sub>, kolik ho následně při správném spalování unikne do ovzduší. (Vše o úsporách energií, 2007) Současné technologie umožňují pálit dřevo s mnohem větší účinností, zároveň však vyžadují vyšší kvalitu paliva. Pro dosažení optimální výhřevnosti je potřeba spalovat suché dřevo. (Srdečný, 2006)



Pro posouzení stavu dřeva slouží dva údaje – vlhkost dřeva nebo obsah vody. Srdečný (2006) uvádí že, „relativní vlhkost udává hmotnost vody ve dřevu k celkové hmotnosti (dřevní hmota + voda). Dřevařská vlhkost udává hmotnost vody ke hmotnosti suché dřevní hmoty (bez vody).“ Vlhkost syrového dřeva je asi 50 %. (Srdečný 2006) Optimální vlhkost biomasy před spalováním je 20 %. (Mastný a kol., 2011) Velký obsah vody snižuje energetický zisk. Výhřevnost suché biomasy je v rozmezí 15 – 19 MJ/kg. Při ohřátí na 200 °C a při vyšších teplotách biomasa zplyňuje a vytváří dlouhý plamen, což je dáno obsahem prchavé hořlaviny, kterou zachycuje Tabulka 6 - Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva. (Murtinger a Beranovský, 2008)

Nevýhodou topení různými typy biomasy je vysoká potřeba prostoru na skladování, a většinou nutná manipulace s topivem.

**Tabulka 6 - Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva**

<b>Palivo</b>	<b>Výhřevnost [MJ/kg]</b>	<b>Prchavá hořlavina [%]</b>
Koks	28,5	1,5
Černé uhlí	28	20
Hnědé uhlí	17	55
Dřevo	18	75
Sláma	16	80

Zdroj: (Murtinger a Beranovský, 2008)

#### Kusové dřevo

Nejčastěji používaná forma biomasy. Dřevo je dostupné a levné. Na druhé straně je spalování kusového dřeva náročné na obsluhu a obtížně se reguluje výkon topidla. (Mastný a kol., 2011)

Pelety – vyrábějí se ve speciálních lisech z organického materiálu, bez přidaných chemických látek. (Stupavský, 2012) Kromě dřevních pelet, se mohou vyrábět ze slámy, sena, energetických rostlin a zemědělských zbytků. Za vysokého tlaku a teploty jsou protlačované dřevní piliny válcovou nebo kruhovou maticí s množstvím otvorů a následně jsou odřezávány na požadovanou délku. (Vše o úsporách energií, 2007) Vysoká teplota

uvolní v surovině obsažený lignin, který zajišťuje pevnost, tvar a trvanlivost pelet. (Murtinger a Beranovský, 2008) Výrobu většinou zajišťují lokální výrobci z místních zdrojů. Dají se dopravovat pneumaticky a je možné k přesunu využívat šnekové dopravníky. Hoří stabilním plamenem asi 10 – 20 minut. Popel se dá využívat jako minerální hnojivo. (Vše o úsporách energií, 2007)

Brikety z biomasy – palivo vyráběné za vysokého tlaku a teploty z dřevní nebo rostlinné biomasy. Jsou válcového, n-úhelníkového nebo kvádrového tvaru. Pro svou velikost se nehodí k automatizovanému spalování. Hoří stabilním plamenem až 90 minut. Dají se použít i na opékání a grilování. Popel se dá použít jako přírodní hnojivo. (Vše o úsporách energií, 2007)

#### **4.5.1 Zařízení pro spalování biomasy**

##### **Kamna a krby**

Otevřený krb je jedno z nejstarších a stále velmi oblíbených topidel. Produkuje především sálavé teplo (u krbu je teplo, místnost se však nevyhřeje), malou část tepla předává konvekcí (ohříváním vzduchu zdívkou krbu a komína). Dnes již nevyhovuje pro svou nízkou účinnost (méně než 20 %) a vysokou produkci škodlivých emisí. V současnosti se používají uzavřené krby (krbové vložky) nebo kamna. Přívod vzduchu pro spalování je přiváděn zvenku a část tepla z kouřových plynů může být odebírána pomocí výměníku. Výměník může být teplovzdušný nebo teplovodní. Teplovzdušný výměník předává teplo do místnosti s krbem a pomocí rozvodu vzduchu a ventilátoru i do dalších místností. Teplovodní výměník ohřívá vodu v zásobníkovém ohříváči nebo předává teplo do radiátorů. Účinnost krbu může tak být i přes 70 %. (Murtinger a Beranovský, 2008)

Velfel (2010) uvádí, že „při spalování biomasy totiž dochází v topeništi k uvolnění značné dávky energie. Kdybychom tuto energii předali okamžitě do místnosti, ve které je topidlo instalované, jednoduše tuto místnost přetopíme. Proto musíme při volbě topidla zajistit, aby se teplo vytvořené při hoření uvolňovalo do okolí stavby postupně. Dalším důležitým faktorem je využití externího vzduchu pro spalování. Díky těsnosti nízkoenergetických staveb není vhodné brát vzduch z místnosti, ve které výrobek stojí.

*Vzduch pro hoření je ideální přivést z nějaké technické místnosti či sklepa. Pokud nemáme možnost brát tento vzduch pro hoření z takových prostor, tak je můžeme přivádět z venku.“*

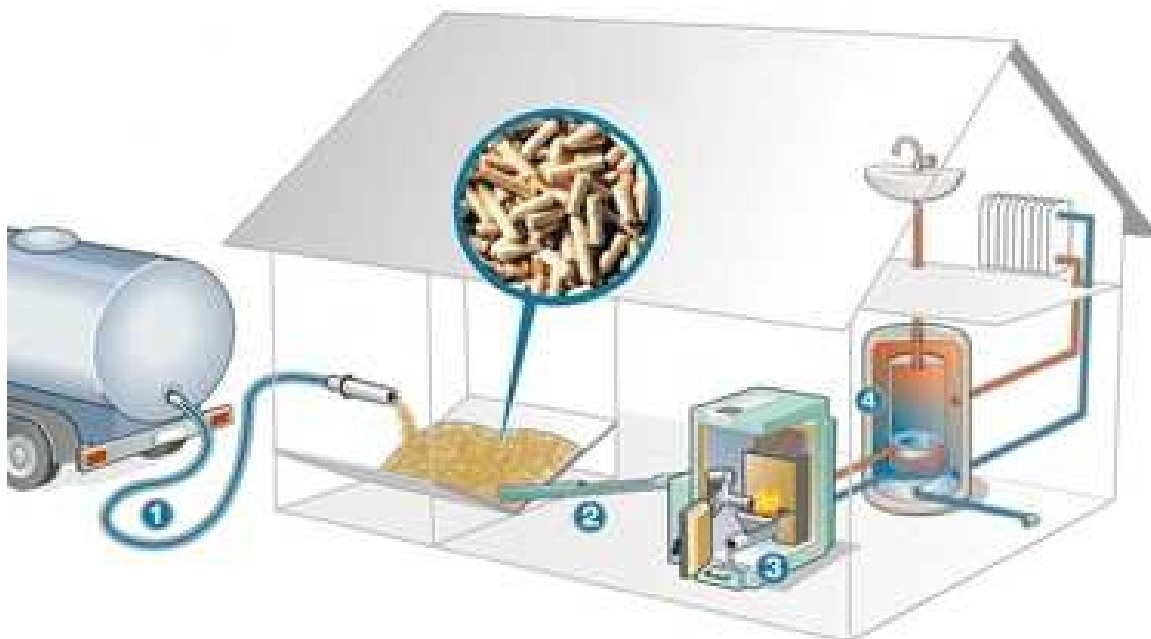
### **Automatické kotle na peletky**

Kotle jsou plně automatizované. Mají dobré spalovací vlastnosti s nízkými emisemi, díky elektronicky řízenému dávkování paliva a spalného vzduchu. Kotel se dá využívat k vytápění rodinného domu a také k přípravě teplé vody. Teplo ze spalování se předává topnému mediu, nejčastěji vodě. (Stupavský, 2012)

Murtinger a Beranovský (2008) říká že, *„díky malým a pravidelným rozměrům a značné pevnosti pelet není problém využívat systém automatického dávkování paliva do hořáku ani u malých topidel Při použití zásobníku vhodné velikosti a dovozu paliva až do domu pak topení peletami představuje srovnatelný komfort vytápění jako při použití plynu nebo elektřiny“.*

Na domech s tímto systémem vytápění se běžně setkáváme se speciálními plnicími otvory na vnější stěně domu, kterými se z automobilu se zásobníkem doplňuje palivo. Pelety je možné přečerpávat až do vzdálenosti 30 m. (Murtinger a Beranovský, 2008) Ve všech kotlích se dají spalovat dřevěné pelety, u některých typů je možné použít i pelety rostlinné, kůrové nebo slámové. Sklad pelet by měl být co nejbližší ke kotli, zejména při používání šnekového dopravníku. Při používání pneumatického potrubního systému, vhodný v případech, kdy sklad a kotelnu odděluje chodba nebo další místnosti, se doporučuje maximální vzdálenost do 25 metrů od kotle. Při použití kotle i k přípravě teplé užitkové vody by měla být soustava doplněna o akumulční nádrž. (Stupavský, 2010b) Celý systém fungování automatického kotle na peletky znázorňuje Obrázek 6 - Doplnování pelet a systém vytápění.

Obrázek 6 - Doplnování pelet a systém vytápění



1 - Doprava pelet hadicí z cisterny přímo do skladovacího prostoru pelet

2 - Dávkování pelet do kotle šnekovým dopravníkem

3 - Automatický kotel na pelety

4 - Akumulační nádoba pro přípravu topné i užitkové vody

Zdroj: (Stupavský, 2012)

Tepelný výkon se běžně pohybuje mezi 10 – 30 kW, lze jej regulovat podle požadované vnitřní teploty. Peletové kotle se vyrábějí i s nízkým výkonem od 2 do 8 kW a proto jsou vhodné i do nízkoenergetických a pasivních domů. Účinnost kotle dosahuje až 94 %. (Murtinger, Beranovský, 2008)

**Tabulka 7 - Výhody a nevýhody kotle na pelety**

Výhody	Nevýhody
Automatický bezobslužný provoz	Pořizovací cena
Vysoká účinnost	Potřeba velkého skladovacího prostoru
Nižší cena pelet než u plynu a kapalných paliv	Vyšší cena pelet oproti kusovému dřevu
Plynulá regulace výkonu	

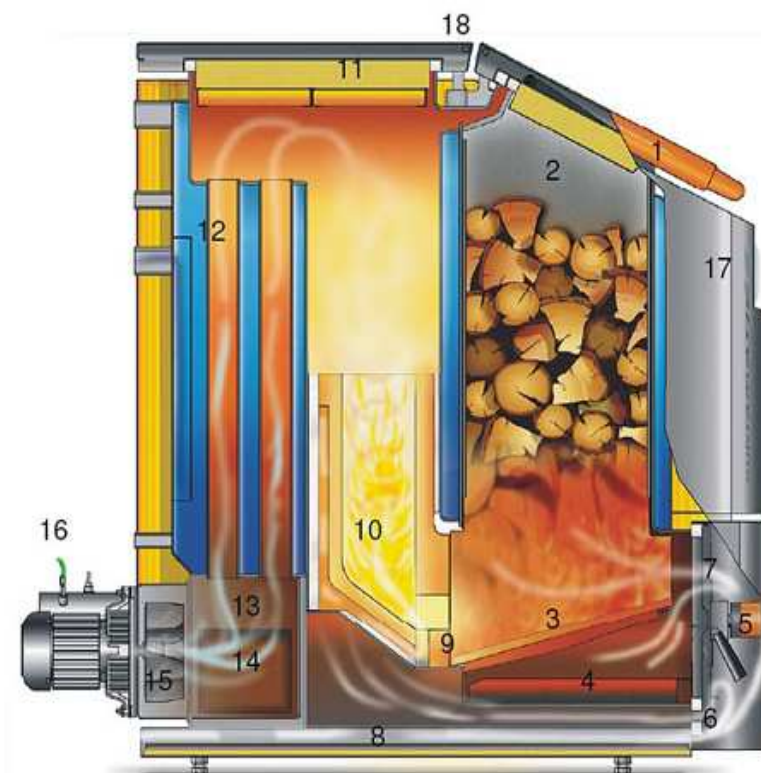
Zdroj: (Dufka, 2003)

### **Zplyňovací kotel**

*Pohořelý a Jermiáš (2010) popisují proces zplyňování takto: „zplyňováním je myšlena termochemická přeměna uhlíkatého materiálu v pevném či kapalném skupenství na výhřevný energetický plyn pomocí zplyňovacích médií a tepla. Zplyňování je komplexní proces, kterého se účastní celá řada reakcí. V obecném pohledu se jedná o čtyři základní pochody: sušení, pyrolýzu, redukci a oxidaci.“*

Přesné fungování kotle znázorňuje Obrázek 7 - Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety. V kotli můžeme spalovat polena nebo dřevěné brikety, některá zařízení spalují i dřevní štěpku. Účinnost kotlů se pohybuje v rozmezí 88 – 92 %. Kotel je vhodný na vytápění i ohřev vody. Jeho výkon je regulovatelný a pohybuje se mezi 15 – 50 kW. (Stupavský, 2012) Polena i brikety se přikládají ručně. Na noc je možné nastavit úsporný režim, i když některé kotle vytváří v tomto režimu nepříznivé emise. Polena i brikety je vhodné skladovat v prostoru, kde se dá uskladnit topivo na celou sezónu, ideálně uvnitř vytápěné budovy. (Stupavský, 2010)

Obrázek 7 - Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety



## Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety

### Legenda

1. Víko plnicího prostoru nahoře s odsávacím kanálem
2. Plnicí prostor s ochrannou vrstvou
3. Horký litinový rošt
4. Popelník
5. Motor primárního a sekundárního vzduchu
6. Sekundární vzduch
7. Primární vzduch
8. Spodní předehřívání vzduchu
9. Tryska sekundárního vzduchu
10. Vysokoteplotní spalovací komora
11. Čistící víko
12. Trubkový výměník tepla
13. Zóna odlučování prachu
14. Čistící otvor
15. Odtahový ventilátor
16. Kouřové čidlo
17. Mikroprocesorová regulace pomocí menu
18. Transportní šroubení

Zdroj: (Stupavský, 2010)

Tabulka 8 – Výhody a nevýhody zplyňovacího kotle

Výhody	Nevýhody
Nižší pořizovací cena než u kotle na peletky	Nutná pravidelná obsluha kotle
Nízká cena kusového dřeva	Skladovací prostor pro dřevo a brikety

Zdroj: (Stupavský, 2010)

## 4.6 Větrání

Slouží k zajištění a udržování stabilní kvality vzduchu v interiérech budov. Člověk stráví v tomto prostředí značnou část svého života. Doba pobytu v domácnosti je odlišná v různých etapách lidského života, avšak obecně lze předpokládat, že každý člověk stráví odpočinkem a spánkem asi třetinu dne. Vnitřní prostředí budov má prokazatelný vliv na lidské zdraví neboť až 50% všech nemocí souvisí s kvalitou toho prostředí. (Zmrhal, 2014) Nedostatečné množství čerstvého vzduchu způsobuje bolesti hlavy, únavu, závratě, podrážděnost sliznice nosohltanu, pocit dráždění v krku a na kůži, zvýšenou citlivost na nejrůznější alergeny. Kvalita vzduchu celkově ovlivňuje schopnost koncentrace, náchylnost k nemocem a celkovou psychofyzickou kondici. (Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2010) Nevhodně řešené větrání budov může způsobovat kondenzaci vodní páry na chladných površích stavebních konstrukcí, vznik plísní, vlhnutí konstrukcí atp. (Zmrhal, 2014) Správné větrání by mělo trvat 3 až 5 minut každé 2 hodiny plně otevřenými okny a to i v noci. (CPD, 2014) Přirozeným větráním dochází ke značným tepelným ztrátám, kterým se v rámci snižování spotřeby energie snažíme zabránit. (Nagy, 2009)

Pasivní dům, vzhledem ke svému dokonalému utěsnění a zateplení, potřebuje dobře vyřešený systém větrání. Proto se v domech instalují automatizované systémy větrání se zpětným získáváním tepla. (CPD, 2014) Zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu zajišťuje v interiéru čerstvý vzduch zbavený pylů a prachu a stálý teplotní komfort. (Vše o úsporách energie, 2011) Teplo získané z odpadního vzduchu je předáno čerstvému chladnému vzduchu a do obytných prostor je přiváděn vzduch již předeřhátý. (ThermWet, 2014) Využít tak můžeme až 80 – 95 % tepla odpadního vzduchu. O kvalitě rekuperačních větracích jednotek rozhoduje účinnost, ochrana proti hluku a hygiena. Intenzita výměny vzduchu v pasivním domě je předepsaná na 25 – 30 m<sup>3</sup>/hod na osobu, podle aktivity osob. (Nagy, 2009)

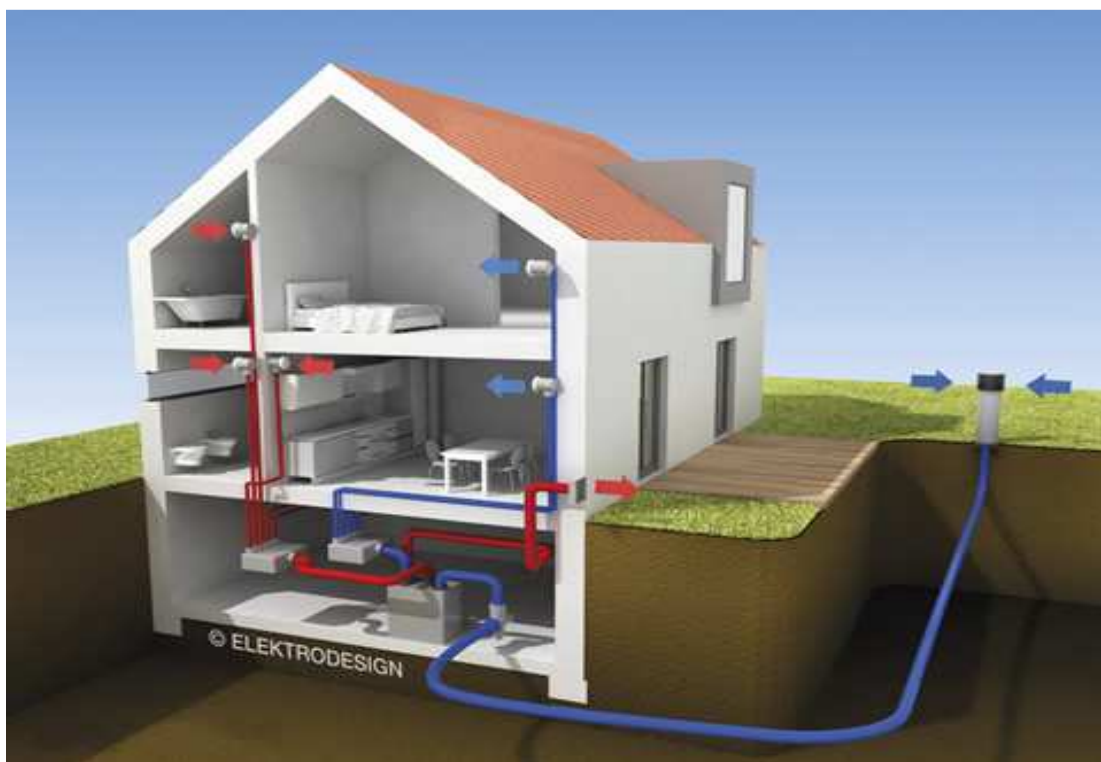
#### 4.6.1 Rekuperace tepla

Fungování rekuperace tepla v domě graficky zobrazuje Obrázek 8 - Systém rekuperace tepla. Pregizer (2009) popisuje systém rekuperace tepla takto, „konstantní množství venkovního vzduchu je nasáváno přes filtr a přiváděno k centrální větrací jednotce. Současně se odsává použitý vzduch z koupelen, WC, kuchyně a případně dalších odvětrávaných prostorů a je přiváděn k centrální větrací jednotce. Ve výměníku tepla (rekuperátoru) centrální větrací jednotky se odebrává tepelná energie z odváděného vzduchu a přenáší se do přiváděného venkovního vzduchu. Oba směry proudění vzduchu jsou navzájem dokonale odděleny, takže nemůže dojít k jejich smíchání. Tím pádem nedochází ani k přenosu pachů, ani k přenosu škodlivin.

*Před výměníkem tepla je umístěn filtr, který brání ukládání prachu a nečistot.*

*Přefiltrovaný a ohřátý venkovní vzduch je přiváděn do obytných místností a do ložnic jako čerstvý vzduch. Dodatečné větrání okna není nutné a okna by se z důvodu úspory energie neměla otvírat. Použitý vzduch ochlazený ve výměníku tepla je vypouštěn do venkovního prostoru.*

**Obrázek 8 - Systém rekuperace tepla**



Zdroj: (Tzb-info, 2014)



### **Hlavní součásti rekuperační větrací jednotky**

Vzduchotechnická jednotka – se skládá z ventilátoru přívodního vzduchu, odtahového ventilátoru, výměníku zpětného získávání tepla, filtrů, skříňové vzduchotechnické jednotky, automatiky a přídatných zařízení. Jednotka vyžaduje údržbu, např. výměna filtrů a proto je třeba ji umístit na přístupné místo (technická místnost, sklep, půda nebo garáž). Jednotka je napájena z běžné zásuvky elektrické sítě 230 V. (Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2010)

Rekuperační výměník – teplo z odváděného vzduchu se v něm odevzdává přiváděnému vzduchu. Na jeho kvalitě závisí energetická efektivnost a spolehlivost. Pro pasivní dům je vhodné vybírat dražší jednotky s účinností výměníku nad 90 %. (Murtinger, 2014)

Filtry – chrání výměník před jeho znečištěním a neprůchodností a zajišťují čistý vzduch přiváděný do místnosti. Nejčastěji používané filtry jsou G3, G4, F5, F6 a F7. Čím je označení vyšší, tím je filtr účinnější. (Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2010) Běžně používaný filtr je třídy G4, pro alergiky je v sezoně zvýšeného výskytu alergenů vhodný filtr třídy F7. Jemnost filtru ovlivňuje jeho pořizovací cenu i účinnost jednotky a má tedy vliv na celkové provozní náklady. (Murtinger, 2014) Filtry by se měly měnit po 2 – 6 měsících. (Centrum úsporného větrání, 2014)

Ventilátory – při rovnotlakém větrání se používají dva, jeden ventilátor na přívod čerstvého a druhý na odvod znečištěného vzduchu. Požadovaný výkon ovlivňuje množství vzduchu a tlakové ztráty v systému. Po ventilátorech požadujeme dlouhodobou spolehlivost, malou spotřebu elektrické energie a tichý provoz. (Murtinger, 2014)

Regulace – řídí vzduchotechnickou jednotku pomocí regulátorů a snímačů k udržování nastavené teploty a množství přiváděného vzduchu. (Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2010)

Rozvod vzduchu – spojuje všechny součásti systému. Potrubí je možné vést stropem, ve stěnách nebo podstřešním prostorem. Správně navržené potrubí má vliv

na hlučnost, hygienu a tlakovou ztrátu celé soustavy. (Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2014)

Rekuperační systém je možné spojit s vytápěcím systémem.

Jak uvádí Nagy (2002) využívají se pro to dvě koncepce:

- tepelné čerpadlo odebírá odváděnému odpadovému vzduchu teplo a odevzdává ho přiváděnému vzduchu a teplé vodě;
- přiváděný vzduch proudí ohřívacím registrem (tj. je dohříváný vestavěným elektrickým nebo teplovodním ohříváčem na požadovanou teplotu).

Nevýhodou u tohoto systému je téměř nulový sálavý podíl vytápění. Velkou výhodou ovšem je, že odpadá realizace rozvodů teplotnosného média (potrubí a vytápěcí tělesa). (Nagy, 2002)

**Tabulka 9 - Výhody a nevýhody rekuperace tepla**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
<i>neustále čerstvý vzduch ve všech místnostech</i>	počáteční investice
<i>odvádění nepříjemných zápachů</i>	dlouhá doba návratnosti – tuto dobu ovlivňuje volba místností, ve kterých je systém nainstalován
<i>odvádění nadbytečné vlhkosti</i>	
<i>vyloučení diskomfortu a průvanu způsobeného vnikáním studeného vzduchu</i>	
<i>vyloučení hlukové zátěže z vnějšího prostředí</i>	
<i>filtrace venkovního vzduchu od nečistot a alergenů</i>	
<i>výrazná úspora nákladů na vytápění a chlazení</i>	
<i>omezení rizika letního přehřívání budovy</i>	

Zdroj: výhody Nagy (2009), nevýhody Murtinger (2014)

#### 4.6.2 Zemní výměník tepla

Zemní výměník se slouží k přehřátí a předchlazení vzduchu proudícího do domu. Využívá stálého tepla země. Teplota země se v hloubce 1,5 až 2 m celoročně pohybuje v rozmezí 8 – 14 °C. Funguje i jako ochrana rekuperačního výměníku před promrznutím. (Hudec, 2008) Nejčastěji se používají se dva typy výměníků – vzduchový a kapalinový. (Papež a Smutná, 2011)

Kapalinový zemní výměník je často spojován s tepelným čerpadlem, kde tvoří vnější okruh celého systému. (Papež a Smutná, 2011) Pro přenos tepla se používá uzavřený okruh potrubí, cca 60 metrů dlouhý, uložený v hloubce minimálně 1 metr, který je naplněn nemrznoucí směsí. Je efektivnější než vzduchový zemní výměník. (Tzb-info, 2013)

Vzduchový zemní výměník nasává čerstvý venkovní vzduch do větrací jednotky přes potrubí. Teplotu výstupního vzduchu ovlivňují vlastnosti použitého potrubí, jeho způsob vedení a délka, dále také parametry zeminy, ve které je potrubí uloženo. Nejvhodnější jsou půdy soudržné, zhutněné a s vysokým obsahem jílu. Vlastnosti zeminy na pozemku rozhodují o smysluplnosti instalace zemního výměníku. Potrubí se ukládá do hloubky cca 2 metry, kde je teplota během zimy i léta relativně stálá. Nejstálejší teplota je v hloubce od 8 metrů hlouběji, ale uložení potrubí v této hloubce by nebylo ekonomicky efektivní. V letních měsících může v potrubí kondenzovat voda, pro odvádění vody sběrného místa musí mít potrubí spád 2 – 3 %. (Pregizer, 2009) Potrubí by mělo být vedeno tak, aby v něm vznikaly co nejmenší tlakové ztráty, tedy instalované co nejpříměji s omezením počtu lomů. (Papež a Smutná, 2011) Používá se potrubí o průměru 150 – 200 mm a celková délka potrubí by měla být od 30 do 40 metrů. Může být instalováno rovnoběžně ve více řadách s minimální vzdáleností 1 metr nebo v jednom podélném potrubí. (Pregizer, 2009) Snížení rychlosti proudícího vzduchu v potrubí, vede k delšímu setrvání vzduchu v zemním výměníku a dochází tak ke zvýšení množství tepla nebo chladu získaného ze země. (Papež a Smutná, 2011)

**Tabulka 10 - Výhody a nevýhody zemního výměníku**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Ochrana rekuperačního výměníku před mrazem	Malá účinnost vzhledem k nákladům
Další snížení potřeby zbytkového vytápění	Pořizovací náklady

Zdroj: (Tzb-info, 2013)

## 4.7 Legislativní prostředí v EU a ČR

V Evropské unii výstavbu energeticky úsporných budov upravuje směrnice evropského parlamentu a rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (Energy Performance of Buildings Directive II – EPBD II) z 19. května 2010. Tato směrnice stanovuje základní principy a požadavky pro stavbu energeticky úsporných budov. Dle směrnice mají členské státy zajistit, aby do 31. 12. 2020 byly všechny nové budovy budovami s téměř nulovou spotřebou energie. Směrnice upravuje obecný rámec výpočtu celkové energetické náročnosti budov, finanční podpory vedoucí ke snížení energetické náročnosti, energetickou certifikaci budov a další oblasti týkající se energeticky úsporných budov. Požadavky stanovené ve směrnici jsou minimální a nebrání členským státům v přijetí přísnějších opatření. (Směrnice 2010/31/EU, 2010)

Česká republika se jako členský stát Evropské unie se musí vydanou směrnicí řídit, jelikož směrnice EU jsou pro všechny členské státy právně závazné. Jakým způsobem stanovený cíl, vyplývající ze směrnice, splní je ponecháno na rozhodnutí každého členského státu. (Europa, 2010) Směrnicí Evropské unie EPBD II zpracovává v ČR zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Stanovuje některá opatření týkající se zvyšování hospodárnosti užití energie a povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie. (Portal.gov, 2014) K zákonu byla vydána vyhláška č.78/2013 Sb. o energetické náročnosti budov, které podrobněji upravuje danou problematiku. Stanovuje:

- a) nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost budovy pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,
- b) metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,
- c) vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- d) vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,
- e) vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a
- f) umístění průkazu v budově. (Portal.gov, 2014)

#### 4.7.1 Nová zelená úsporám 2013

Nová zelená úsporám 2013 je program Ministerstva životního prostředí spravovaný Státním fondem životního prostředí ČR. Program se zaměřuje na podporu úspor energie a obnovitelné zdroje energie v rodinných domech. Žádat o dotaci mohou vlastníci a stavebníci rodinných domů a to jak fyzické, tak právnické osoby. Příjem žádostí byl zahájen 12. srpna 2013 a ukončen byl 29. listopadu 2013. Pro 1. výzvu byla vyčleněna 1 miliarda korun. (NZU, 2013)

Program je členěn do 5 základních oblastí (A, B, C, D, E) a ty se dále rozčleňují na konkrétnější oblasti podpory.

##### **A. Snižování energetické náročnosti stávajících budov rodinných domů**

Oblast A. se dále rozděluje do tří podoblastí podpory, a to A.1, A.2, A.3 . V Tabulce 11 - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů je uvedeno rozdělení do podoblastí podle dosažených energetických parametrů. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

##### **Maximální výše podpory pro oblast A se stanoví podle vzorce**

$$\text{Výše podpory} = \text{míra podpory (\%)} \times \sum_{i=1}^k S_i \times \text{měrné výdaje } i - \text{této opatření}$$

**Míra podpory** – míra podpory, jejíž výše se řídí dosaženou energetickou úrovní budovy po provedení podporovaných opatření

**S<sub>i</sub>** – plocha i-té konstrukce v m<sup>2</sup>

**Měrné výdaje i-té konstrukce** – stanovené podle Přílohy č. II/11 dle typu konstrukce

**k** – počet konstrukcí na obálce budovy, na kterých je realizováno podporované opatření (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 11 - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů**

Sledovaný parametr	Označení jednotky	A.1		A.2	A.3
		A.1.1	A.1.2		
<b>Míra podpory z celkových způsobilých výdajů</b>	%	30		40	55
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [ $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ]	$\leq 0,95 * U_{em,R}$	–	$\leq 0,85 * U_{em,R}$	$\leq 0,75 * U_{em,R}$
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	$E_A$ [ $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ ]	–	$\leq 70$	$\leq 55$	$\leq 35$
Všechny stavební prvky obálky budovy, na kterých dochází k realizaci opatření, musí splnit podmínku na součinitel prostupu tepla	$E_A$ [ $kWh \cdot m^{-2} \cdot rok^{-1}$ ]	–	$\leq 0,95 * U_{rec,20}$	–	–
Všechny stavební prvky obálky budovy, na kterých dochází k realizaci opatření, musí splnit podmínku na součinitel prostupu tepla	[%]	40		50	60

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

### Způsobilé výdaje

Jsou výdaje, které přímo souvisí s realizací podporovaných opatření. V oblasti podpory A. zahrnují výdaje na materiál, výrobky, montáž a provedení podporovaných opatření. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

### **B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností**

Výše dotace je pevně stanovena a nelze ji kombinovat s jinými oblastmi podpory. Tabulka 12 uvádí, jak se podle výsledných parametrů domu rozděluje výše podpory. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 12 - Výstavba RD s velmi nízkou energetickou náročností**

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
<b>Výše podpory</b>	<b>Kč/dům</b>	<b>400 000</b>	<b>550 000</b>
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	$E_A$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≤ 20	≤ 15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pN,A}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≤ 90	≤ 60
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	$U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	≤ $U_{pas,20}$	≤ $U_{pas,20}$
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	$U_{em}$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	≤ 0,22	≤ 0,22
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	$n_{50}$ [1.h <sup>-1</sup> ]	≤ 0,6	≤ 0,6
Nejvyšší teplota vzduchu v bytové místnosti	$\theta_{ai,max}$ [°C]	≤ $\theta_{ai,max,N}$	≤ $\theta_{ai,max,N}$
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	[-]	Ano	Ano
Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu	$\eta$ [%]	≥ 75	≥ 75

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

### Způsobilé výdaje

Jsou výdaje, které přímo souvisí s realizací podporovaných opatření. V oblasti podpory B zahrnují všechny výdaje související s výstavbou objektů včetně technického zařízení budovy. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)



### C. Efektivní využití zdrojů energie

Oblast C se rozděluje do další 4 podkategorií, a to C.1, C.2, C.3 a C.4.

C.1 Výměna zdrojů tepla na tuhá a vyjmenovaná kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (při současné realizaci opatření z oblasti podpory A). Jedná se o fixní formu dotace, která je omezena maximální mírou podpory z celkových způsobilých výdajů (\*). Tabulka 13 uvádí výši dotací pro jednotlivé zdroje tepla v oblasti C.1. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 13 - Efektivní využití zdrojů tepla C.1**

Podoblast podpory	Typ zdroje	Výše dotace [Kč]	Maximální míra podpory * [%]
C.1.1	Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	50 000	75
C.1.2	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	100 000	75
C.1.3	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem	50 000	75
C.1.4	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva	55 000	75
C.1.5	Tepelné čerpadlo voda – voda	100 000	75
C.1.6	Tepelné čerpadlo země – voda	100 000	75
C.1.7	Tepelné čerpadlo vzduch - voda	75 000	75
C.1.8	Plynové kondenzační kotle	18 000	75

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

C.2 Výměna zdrojů tepla na tuhá a vyjmenovaná kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (bez současné realizace opatření z oblasti podpory A). V této oblasti je možné žádat o dotaci pouze na rodinné domy, jejichž měrná roční potřeba tepla na vytápění  $E_A$  nepřesahuje  $150 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ . Jedná se o fixní formu dotace, která je omezena maximální mírou podpory z celkových způsobilých výdajů (\*). Tabulka 14 uvádí výši podpory pro jednotlivé zdroje tepla v oblasti C.2. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 14 – Efektivní využití zdrojů tepla C.2**

Podoblast podpory	Typ zdroje	Výše dotace [Kč]	Maximální míra podpory * [%]
C.2.1	Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	40 000	55
C.2.2	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	80 000	55
C.2.3	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem	40 000	55
C.2.4	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva	45 000	55
C.2.5	Tepelné čerpadlo voda – voda	80 000	55
C.2.6	Tepelné čerpadlo země – voda	80 000	55
C.2.7	Tepelné čerpadlo vzduch – voda	60 000	55
C.2.8	Plynové kondenzační kotle	15 000	55

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

### C.3. Instalace termických solárních systémů

Tato oblast podporuje instalaci termických solárních systému v rodinných domech. Tabulka 15 uvádí rozdělení oblasti C.3 na další podoblasti podpory. Jde o fixní formu dotace, která je omezena maximální mírou podpory z celkových způsobilých výdajů (\*). Tabulka 16 zobrazuje parametry, které je nutno splnit pro poskytnutí dotace v oblasti C.3. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 15 - Solární systémy**

Podoblast podpory	Typ systému	Dotace [Kč]	Maximální míra podpory * [%]
C.3.1	Solární systém na přípravu teplé vody	35 000	40
C.3.2	Solární systém na přípravu teplé vody a přítápění	50 000	40

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

**Tabulka 16 – Podmínky pro poskytnutí dotace**

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok <sup>-1</sup> ]	Bez požadavku	≥ 1500
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m <sup>-2</sup> .rok <sup>-1</sup> ]	≥ 350	≥ 280
Dosažení minimálního pokrytí potřeby teplé vody	[%]	≥ 50	Bez požadavku
Instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztaženém k celkové ploše apertury	[l.m <sup>-2</sup> ]	≥ 50	≥ 50

Zdroj: (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

#### C.4. Instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Podpora se poskytuje pouze na rovnotlaké větrací systémy se zpětným získáváním tepla s centrálním vzduchotechnickým rozvodem s ventilátory s regulací otáček a při současné realizaci opatření z oblasti podpory A. Podmínkou pro poskytnutí dotace je dosažení průvzdušnosti obálky budovy  $n_{50} \leq 2,5 \text{ l.h}^{-1}$ . Dotace je fixní, ve výši 100.000 Kč na jeden rodinný dům, maximální míra podpory je 75% ze způsobilých výdajů. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

#### Způsobilé výdaje

Jsou výdaje, které přímo souvisí s realizací podporovaných opatření. V oblasti podpory C. jsou to výdaje související s dodávkou a montáží daného opatření do rodinného domu. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

### **D. Podpora na přípravu a realizaci podporovaných opatření**

Podává se pouze se žádostí o podporu v oblasti A, B nebo C.2 (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

#### D.1. Zpracování odborného posudku pro oblast podpory A

Maximální výše podpory je 10.000 Kč

#### D.2. Zajištění odborného technického dozoru stavebníka pro oblast podpory A

Maximální výše podpory je 5.000 Kč

#### D.3. Zpracování odborného posudku a měření průvzdušnosti obálky budovy pro oblast podpory B

Maximální výše podpory je 35.000 Kč

#### D.4. Zpracování odborného posudku pro oblast podpory C.2

Maximální výše podpory je 5.000 Kč

#### Způsobilé výdaje

Jsou výdaje, které přímo souvisí s realizací podporovaných opatření. V oblasti D zahrnují výdaje na zpracování odborného posudku.

### **E. Bonus za kombinaci vybraných opatření**

Za kombinaci vybraných opatření z jednotlivých oblastí podpory je stanoven bonus 20.000 Kč. (Směrnice MŽP č.9/2013, 2013)

E.1. Kombinační bonus při současné realizaci opatření z oblasti podpory A a podoblasti podpory C.3

E.2. Kombinační bonus při současné realizaci opatření z oblasti podpory A, podoblasti podpory C.3 a podoblasti podpory C.1

E.3 Kombinační bonus při současné realizaci opatření z podoblasti podpory C.2 a podoblasti podpory C.3

## 5 Praktická část

Pro praktickou část diplomové práce byl vybrán konkrétní projekt rodinného domu. Zvolení konkrétního projektu je důležité pro vypočítání celkových tepelných ztrát domu. Rodinný dům má být realizován v obci Dobříš (okres Příbram). Jedná se o dvoupodlažní objekt (1NP a obytné podkroví). Celková plocha domu je 132 m<sup>2</sup>. Z hlediska energetické náročnosti je dům zařazen do pasivního standardu. Podle toho byly navrženy parametry jednotlivých konstrukcí a výplní otvorů.

### 5.1 Výpočet tepelné ztráty domu

Pro výpočet tepelné ztráty domu je nutné nejprve navrhnout skladby jednotlivých konstrukcí, včetně výplňových konstrukcí (okna, dveře). Součtem všech vrstev skladby konstrukce stanovíme výsledný součinitel prostupu tepla. Po určení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí je třeba charakterizovat lokální podmínky, ve kterých se objekt bude nacházet. Poté přejdeme k výpočtu tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti domu. Součtem tepelných ztrát místností dostaneme výslednou tepelnou ztrátu objektu.

#### 5.1.1 Tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí

**Tabulka 17 - Součinitel prostupu tepla - stěna ochlazovaná**

Materiál	Tloušťka (mm)	U (W/m <sup>2</sup> K)
tenkovrstvá tepelněizolační omítka	10	
expandovaný polystyren EPS 70F	200	
zděná konstrukce Porotherm 30 P+D	300	
vápenocementové jádro + vnitřní stěrková omítka	15	
Celkem	525	
<b>Součinitel prostupu tepla konstrukce U</b>	-	<b>0,15</b>

**Tabulka 18 - Součinitel prostupu tepla - stěna neochlazovaná**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka (mm)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>
vápenocementové jádro + vnitřní stěrková omítka	17,5	
Porotherm 11,5 AKU	115	
vápenocementové jádro + vnitřní stěrková omítka	17,5	
Celkem	150	
<b>Součinitel prostupu tepla konstrukce U</b>	-	<b>1,55</b>

**Tabulka 19 – Součinitel prostupu tepla – okno, dveře vnitřní, dveře domovní**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka (mm)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>
Okno s izolačním trojsklem	-	<b>0,6</b>
Dveře vnitřní dřevěné plné	-	<b>2,0</b>
Domovní dveře bez skleněné výplně	-	<b>2,3</b>

**Tabulka 20 - Součinitel prostupu tepla - střecha**

<b>Materiál</b>	<b>Tloušťka (mm)</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>
Betonová střešní krytina Bramac	50	
Latě 30x40mm	30	
Kontralatě 30x40mm	30	
Difúzní fólie	-	
Krokve 180/120+min. vata Rockwool	420	
Nosný rošt podhledu+min. vata Rockwool	30	
Parotěsná folie	-	
Podhled-sádrokarton	15	
Celkem	575	
<b>Součinitel prostupu tepla konstrukce U</b>	-	<b>0,12</b>

**Tabulka 21 - Součinitel prostupu tepla - podlaha**

Int.	Materiál	Tloušťka (mm)	U (W/m <sup>2</sup> K)
↑	dřevěné vlysy /dlažba vč. lepidla a hydroizolační stěrky	20	
	systémová vrstva vytápění vč. bet. mazaniny/bet. mazanina	60	
	separační vrstva – PE folie	-	
	tepelná izolace – EPS	200	
	kročejová izolace – EPS	20	
	Celkem	300	
	hydroizolace – 2x asfaltový pás	8	
	podkladní beton	150	
	↓	zhutněný štěrkopískový podsyp	200
Ext.	Celkem	350	
	<b>Součinitel prostupu tepla konstrukce U</b>	-	<b>0,14</b>

Zdroj: autorská práce dle <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>, (20. 10. 2014)

Vypočítané hodnoty součinitelů prostupu tepla U odhalují „nejslabší“ články obalové konstrukce rodinného domu. Největší úniky vykazují výplňové konstrukce, tedy vstupní dveře a okna. Další poměrně vysoké hodnoty součinitele prostupu tepla mají příčky mezi místnostmi a vnitřní dveře, jejich hodnota je dokonce vyšší než u okna. Avšak tyto konstrukce nejsou ochlazované, to znamená, že oddělují pouze vnitřní vytápěné prostory od vnitřních nevytápěných prostorů a nemají tedy velký vliv na celkovou tepelnou ztrátu objektu.



### 5.1.2 Popis lokality

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím ztrátu domu je oblast, ve které se dům nachází. Na dům působí řada vnějších vlivů jako například ochlazování větrem, nadmořská výška, poloha vůči okolní zástavbě a podobně.

Lokalita:	Dobříš (okres Příbram)
Venkovní výpočtová teplota vzduchu:	$\theta_e = -15\text{ °C}$
Krajina:	Normální
Poloha budovy:	Chráněná
Druh budovy:	Osamělá
Charakteristické číslo budovy B:	$4\text{ Pa}^{0,67}$
Přirážka $p_2$ na urychlení zátopy:	0
Přirážka na světovou stranu $p_3$ :	

J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Vyrovnaní vlivu chladných stěn  $p_1$ :  $p_1 = 0,15 \times kc$

Průměrný součinitel prostupu tepla –  $kc$

Rodinný dům se nachází v obci Dobříš (okres Příbram). Z hlediska charakteristiky okolní zástavby je situován do intravilánu obce na rovinném pozemku obklopeném okolní zástavbou rodinných domů. Poloha objektu je tedy zařazena do kategorie chráněná. Osamělá je budova, když se jedná o samostatný dům, který nenavazuje na okolní zástavbu.

### 5.1.3 Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti

Pro jednotlivé místnosti v domě byly vypočítány hodnoty tepelných ztrát. Ve výpočtu se zohledňují rozměry místností, venkovní a vnitřní výpočtová teplota, intenzita větrání, teplota větracího vzduchu a orientace místnosti na světovou stranu. Podrobný výpočet tepelné ztráty pro všechny místnosti je v příloze této práce. Tabulka 22 – Tepelné ztráty jednotlivých místností uvádí pouze konečné vypočtené hodnoty tepelné ztráty a plocha místností.

**Tabulka 22 – Tepelné ztráty jednotlivých místností**

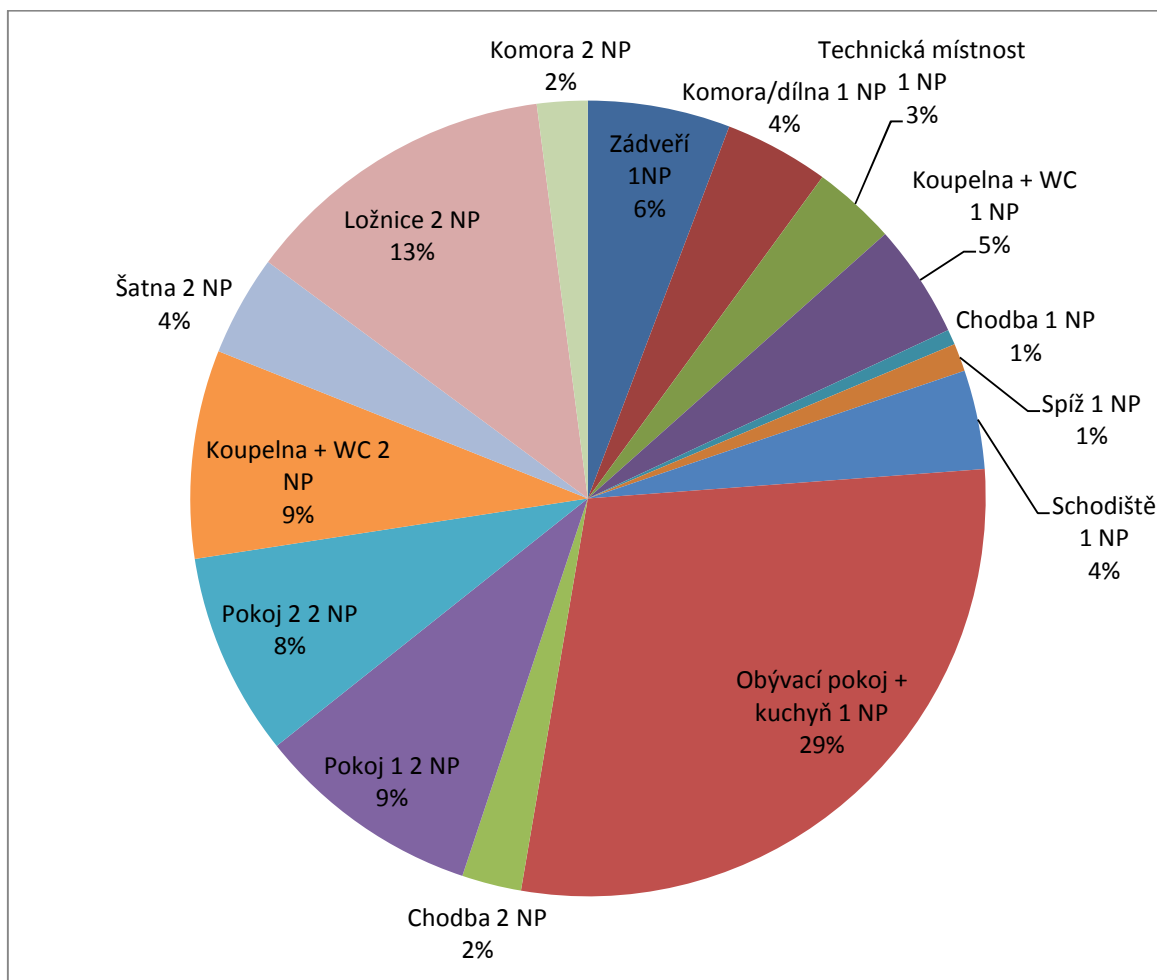
Název místnosti	Půdorysná plocha místnosti (m <sup>2</sup> )	Celková tepelná ztráta místnosti (W)
1.01 - zádveří	4,8	254
1.02 – komora/dílna	6,6	187
1.03 – technická místnost	5,1	149
1.04 – koupelna+WC	3,6	203
1.05 – chodba	4,4	27
1.06 – spíž	2,6	50
1.07 – schodiště	6,1	177
1.08 – obývací pokoj+kuchyň	35,1	1269
2.01 – chodba	6,3	106
2.02 – pokoj 1	10,3	404
2.03 – pokoj 2	10,4	363
2.04 – koupelna+WC	7,2	372
2.05 – šatna	5,9	180
2.06 – ložnice	14,2	564
2.07 – komora	3,3	90
<b>Celková tepelná ztráta objektu</b>		<b>4397</b>

Zdroj: autorská práce viz příloha

Součtem tepelných ztrát místností dostaneme celkovou tepelnou ztrátu objektu.

Celková tepelná ztráta objektu činí 4397 W.

**Graf 1 - Tepelná ztráta budovy**



Zdroj: autorská práce

Graf znázorňuje rozložení tepelných ztrát objektu mezi jednotlivé místnosti. K největší tepelné ztrátě, 29 % z celkové ztráty domu, dochází v obývacím pokoji s kuchyní, je to způsobeno tím, že jsou zde tři ochlazované stěny a je zde největší prosklení z celého domu. Naopak nejmenší tepelné ztráty vykazují chodby v 1 NP a 2 NP. Je to dáno umístěním uprostřed dispozice domu, proto nejsou ochlazovány venkovní teplotou. Další významné tepelné ztráty vznikají v ložnici, pokoji 1 a pokoji 2. Ložnice je druhý největší pokoj v domě s větší prosklenou plochou francouzského okna a střešního okna. Oba pokoje jsou sice menší, ale jejich tepelnou ztrátu ovlivňuje orientace k severu.

Tepelná ztráta domu 4,4 kW by měla odpovídat pasivnímu standardu. Pro ověření této domněnky, by muselo být použito některého ze specializovaných programů na výpočet parametrů pasivních domů. Ve zjednodušeném výpočtu, který byl použit, nejsou zahrnuty

další faktory ovlivňující tepelnou ztrátu domu. Jako například tepelné zisky ze slunečního záření, zisky z domácích spotřebičů a teplo produkované lidmi apod.

## 5.2 Vstupní údaje pro hodnocení investic

Potřeba tepla na vytápění při tepelné ztrátě objektu 4,4 kW vychází 6,836 MWh/rok. Tato hodnota slouží pro nadimenzování potřebného výkonu zdroje tepla.

Pro stanovení spotřeby paliva je nutné znát délku topného období. V okrese Příbram činí tato hodnota 230 dní, tj. 5520 hodin. Při stanovování provozních nákladů je počítáno s cenou za elektrickou energii 4,89 Kč / kWh. Pro tepelná čerpadla je stanovena zvláštní sazba D56 (1,50 Kč/kWh).

K vyjádření vlivu časové hodnoty peněz byla zvolena diskontní sazba ve výši 5 %.

### 5.2.1 Plynový kondenzační kotel

Jako základní zdroj pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody, se kterým budou ostatní varianty vytápění porovnány, byl zvolen plynový kotel, který patří mezi nejběžnější zdroje vytápění. Vybrán byl plynový kondenzační kotel Viadrus, technické parametry byly převzaty ze stránek výrobce (viz příloha).

#### Technické parametry

Výkon: 3,5 – 16 kW

Palivo: zemní plyn

Max. příkon kotle: 0,11 kW

#### Tabulka 23 - Investiční náklady - plynový kotel

Investiční položky	Cena
Plynový kondenzační kotel Viadrus, typ Claudius K 2L23	57 800 Kč
Otopná tělesa (cca 2000 Kč/ks)	18 000 Kč
Trubní rozvody (cca 73 Kč/mb)	9 920 Kč
Montáž radiátorů a zapojení kotle	9 630 Kč
<b>Investiční náklady celkem</b>	<b>95 350 Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

**Tabulka 24 - Provozní náklady - plynový kotel**

Nákladové položky	Cena
Roční náklady na vytápění a ohřev TUV	42 948 Kč
Spotřeba elektřiny na provoz plynového kotle	2 969 Kč
<b>Provozní náklady celkem</b>	<b>45 917 Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Spotřeba elektřiny na provoz plynového kondenzačního kotle se vypočítá z příkonu kotle, ceny elektřiny a délky topného období ( $0,11\text{kW} \times 5520\text{h} \times 4,89\text{Kč/kW}$ ).

Plynový kotel je v místech, kde je plyn zaveden, standardním zdrojem tepla pro vytápění a ohřev TUV. Pokud zřizujeme plynovou přípojku jen pro použití plynového kotle, je investice do samotné přípojky poměrně vysoká. Na rozdíl od ostatních typů přípojek, které musíme do objektu zavést, není plynová přípojka nezbytně nutná.

### 5.2.2 Návrh vytápění objektu pomocí kotle na pelety

Pro spalování biomasy byl zvolen automatický kotel na pelety Atmos D15P. Kotel byl vybrán z důvodu vysoké účinnosti a plně automatické činnosti. Hořák instalovaný na pravé či levé straně kotle si pomocí šnekového dopravníku odebírá pelety ze zásobníku. V případě potřeby je možné hořák odebrat a topit dřevem. Technické parametry byly převzaty ze stránek výrobce (viz příloha). Předpokládaná životnost kotle je 15 let.

#### Technické parametry

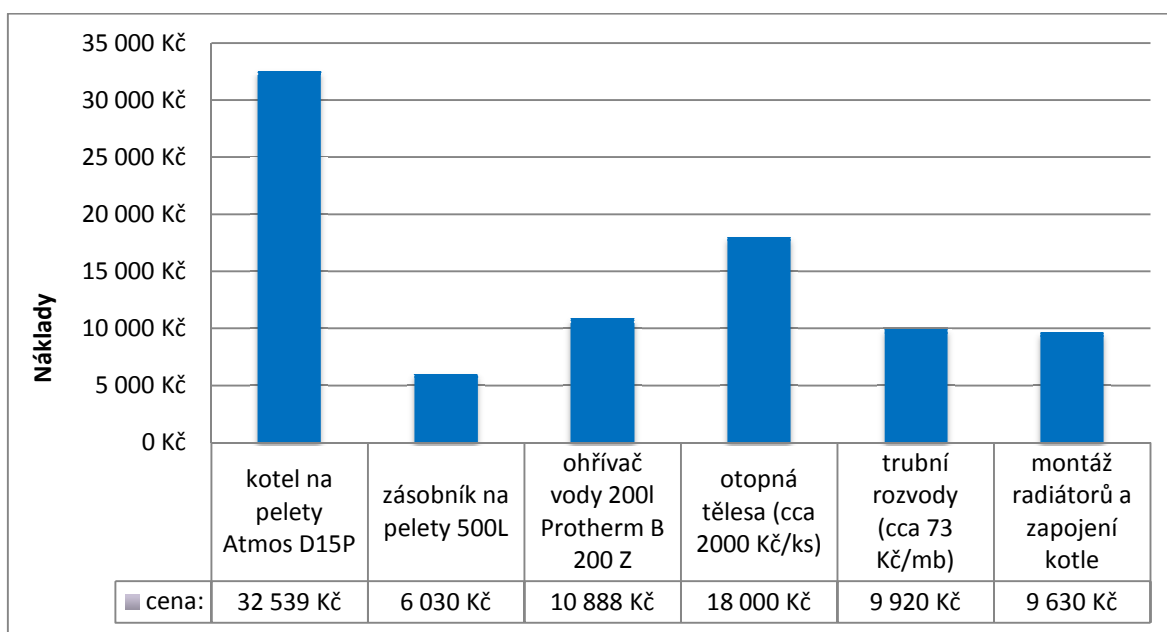
Výkon kotle:	4,5 – 15 kW	Elektrický příkon:	42 W
Účinnost:	90,4 %	Spotřeba pelet:	3,7 kg/hod
Skladování:	zásobník 500 L	Dodávka paliva:	pytle 15 – 25 kg
Palivo:	pelety o průměru 6 - 8 mm o délce 5 – 25 mm a výhřevnosti 16 – 19 MJ.kg-1		
Rozměry:	1405 x 606 x 470 mm (V x Š x HL)		

**Tabulka 25 - Investiční náklady - kotel na pelety**

Investiční položky	Cena	
	Kotel na pelety Atmos D15P	32 539
Zásobník na pelety 500L	6 030	Kč
Ohřívač vody 200l Protherm B 200 Z	10 888	Kč
Otopná tělesa (cca 2000 Kč/ks)	18 000	Kč
Trubní rozvody (cca 73 Kč/mb)	9 920	Kč
Montáž radiátorů a zapojení kotle	9 630	Kč
<b>Investiční náklady celkem</b>	<b>87 007</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

**Graf 2 - Investiční náklady na peletový kotel**



Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Nejvyšší nákladovou položkou je automatický kotel. Ve srovnání s cenami kotlů, které se běžně uvádějí, je tento kotel velmi levný. Je to proto, že dům má malou tepelnou ztrátu, proto můžeme použít kotel s velmi nízkým výkonem. Cenovou výhodnost ovlivňuje i fakt, že se jedná o českého výrobce.

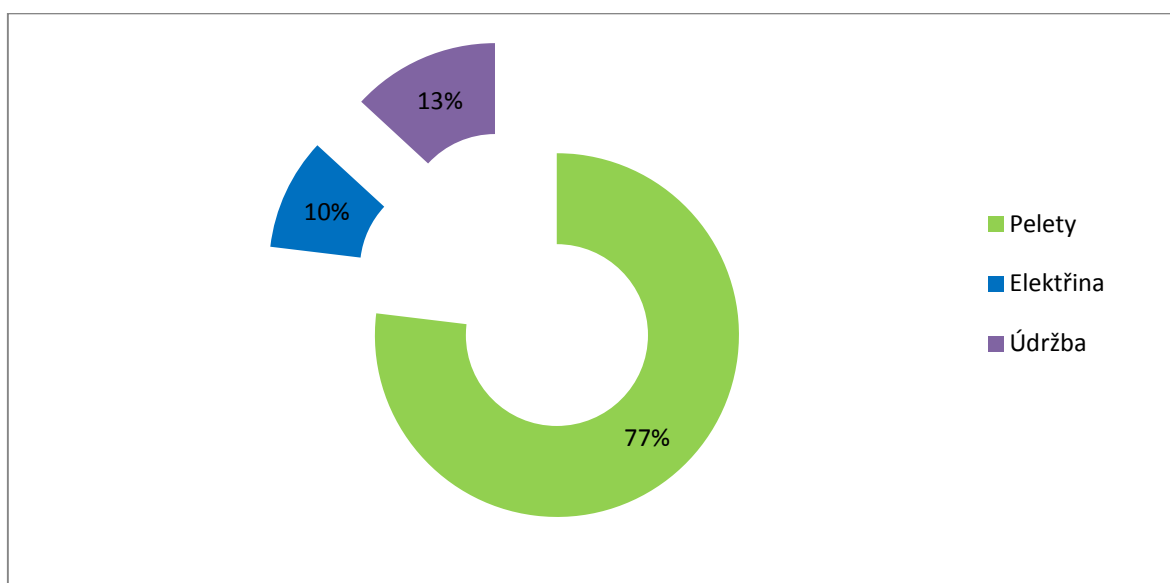
**Tabulka 26 - Provozní náklady - kotel na pelety**

Nákladové položky	Cena	
Roční náklady na pelety	8 775	Kč
Spotřeba elektřiny na provoz kotle	1 134	Kč
Náklady na údržbu	1 500	Kč
<b>Provozní náklady celkem:</b>	<b>11 409</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Roční náklady na pelety jsou vypočítány při spotřebě 65 pytlů za rok, které váží 25 kg. Průměrná cena je 135 Kč/pytel. Spotřeba elektřiny na provoz kotle je stanovena na základě počtu hodin vytápění a elektrického příkonu kotle (0,042 kW x 5520 h x 4,89 Kč/kWh).

**Graf 3 - Provozní náklady kotle na pelety**



Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Provozní náklady tvoří z 80 % spotřeba pelet. Pouhých 10 % představuje spotřebovaná elektrická energie. Kotel využívá elektrickou energii na pohon šnekového dopravníku, zapalování a regulaci hoření.

### 5.2.2.1 Možnosti dotace

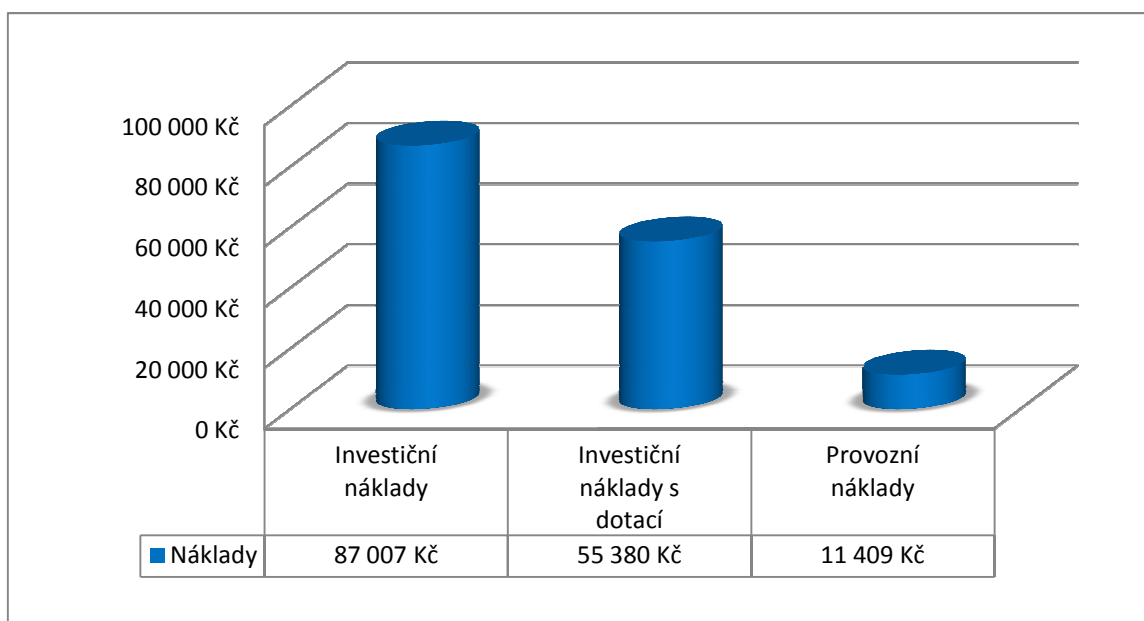
Na automatický kotel určený pro spalování biomasy lze získat dotaci ve výši 100 000 Kč. Program Nová zelená úsporám 2013 stanovuje maximální podporu ve výši 75 % z pořizovací ceny kotle, nákladů na montáž a zapojení kotle a jedná se o nejvyšší možnou částku, která může být vyplacena.

#### Výpočet dotace

$$32\,539 + 9\,630 = 42\,169 \times 0,75 = 31\,627 \text{ Kč}$$

Při instalaci kotle na spalování biomasy můžeme získat dotaci ve výši **31 627 Kč**. Investiční náklady se s poskytnutou dotací sníží na **55 380 Kč**.

**Graf 4 – Porovnání nákladů u kotle na pelety**



Zdroj: autorská práce

Investiční náklady s využitím státní podpory znamenají velmi výraznou úsporu na nákladech celé otopné soustavy domu. Relativně nízké provozní náklady jsou dány pasivním standardem domu.



#### **5.2.2.2 Cash - flow**

Do výpočtu cash - flow byly zahrnuty veškeré prozítní náklady, které je třeba v průběhu roku vynaložit k fungování kotle. Roční náklady na nákup pelet byly v jednotlivých letech navyšovány o 5 %. V posledních letech docházelo ke zdražování pelet, podle předpovědí do budoucnosti by se vývoj cen pelet měl ustálit. Náklady na údržbu kotle byly navyšovány taktéž o 5 % ročně. U ceny elektrické energie se předpokládá pouze 2% meziroční růst. Rozdílný růst u nákladů je zvolen z důvodu poklesu ceny elektřiny v roce 2014 a nepředpokládaného zvyšování v blízkém časovém období. Jako příjem je zvolen alternativní náklad na vytápění pomocí plynového kotle, se kterým je peletový kotel porovnáván. Příjem je pro všechny roky ve stejné výši. Průběh zvyšování nákladů, výpočet cash – flow a diskontovaného cash – flow zobrazuje Tabulka 27 – Cash – flow kotle na pelety.

**Tabulka 27 – Cash – flow kotle na pelety**

Rok	1	2	3	4	5	6	7
Náklad na pelety	8775	9214	9674	10158	10666	11199	11759
Náklad na údržbu	1500	1575	1654	1736	1823	1914	2010
Náklad na elektřinu	1134	1157	1180	1203	1227	1252	1277
Úspora	45917	45917	45917	45917	45917	45917	45917
<b>CF</b>	<b>34508</b>	<b>33972</b>	<b>33409</b>	<b>32819</b>	<b>32200</b>	<b>31551</b>	<b>30870</b>
Diskont	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41
<b>Diskontované CF</b>	<b>32865</b>	<b>30813</b>	<b>28860</b>	<b>27000</b>	<b>25230</b>	<b>23544</b>	<b>21939</b>

Rok	8	9	10	11	12	13	14	15
N pelety	12347	12965	13613	14294	15008	15759	16547	17374
N údržba	2111	2216	2327	2443	2566	2694	2828	2970
N elektřina	1303	1329	1355	1382	1410	1438	1467	1496
Úspora	45917	45917	45917	45917	45917	45917	45917	45917
<b>CF</b>	<b>30156</b>	<b>29407</b>	<b>28622</b>	<b>27798</b>	<b>26933</b>	<b>26026</b>	<b>25075</b>	<b>24077</b>
Diskont	1,48	1,55	1,63	1,71	1,80	1,89	1,98	2,08
<b>DCF</b>	<b>20411</b>	<b>18956</b>	<b>17571</b>	<b>16253</b>	<b>14997</b>	<b>13802</b>	<b>12665</b>	<b>11581</b>

Rok	<b>Celkem</b>
N pelety	-
N údržba	-
N elektřina	-
Úspora	-
<b>CF</b>	<b>447 425</b>
Diskont	-
<b>DCF</b>	<b>316 448</b>

Zdroj: autorská práce

Provozní náklady kotle na pelety a jejich předpokládaný růst v budoucnosti je zachycuje Tabulka 27 – Cash – flow kotle na pelety. Tyto hodnoty budou dále používány pro výpočet dalších metod hodnocení investic.

### 5.2.2.3 Prostá doba návratnosti investice

Pro stanovení doby návratnosti investice bylo vypočítáno průměrné cash flow za dobu životnosti kotle na pelety.

**Průměrné CF = 29 828, 30**

- a) **Výpočet bez dotace** – pokud bychom na nákup kotle nevyužili státní podporu, doba návratnosti by byla:

$$DN = IN / CF = 87\,007 / 29\,828,3 = 2,92 = \mathbf{3 \text{ roky}}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití státní podpory se sníží investiční náklady a tedy i doba návratnosti investice bude kratší:

$$DN = IN - \text{dotace} / CF = 87\,007 - 31\,627 / 29\,828,3 = 1,86 = \mathbf{2 \text{ roky}}$$

Při výpočtu doby návratnosti investice nás zajímá, za jak dlouho se investice zaplatí ze svých příjmů, z toho důvodu se vypočtená doba zaokrouhluje nahoru.

Bez využití dotace, se kotel na pelety splatí ve 3 roce používání. S dotací to bude o rok dříve. Investice do zdroje tepla se vrátí před koncem životnosti kotle a lze ji tak považovat za vhodnou.

### 5.2.2.4 Diskontovaná doba návratnosti

Pro stanovení doby návratnosti investice bylo vypočítáno průměrné diskontované cash flow za dobu životnosti kotle na pelety.

**Průměrné DCF = 19 823, 17**

- a) **Výpočet bez dotace** – pokud nevyužijeme na nákup kotle státní podporu, diskontovaná doba návratnosti by byla:

$$DN = IN / DCF = 87\,007 / 19\,823,17 = 4,12 = \mathbf{5 \text{ let}}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití státní podpory se sníží investiční náklady a i diskontovaná doba návratnosti investice bude kratší:

$$DN = IN - \text{dotace} / DCF = 87\,007 - 31\,627 / 19\,823,17 = 2,62 = \mathbf{3 \text{ roky}}$$

Diskontovaná doba návratnosti pro peletový kotel vychází také příznivě. Bez využití dotace se kotel splatí za 5 let a s dotací dokonce za 3 roky.

#### 5.2.2.5 Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota se vypočítá podle vztahu (3.20).

a) Výpočet bez dotace

$$NPV = \sum DCF - IN = 316\,488,22 - 87\,007 = \mathbf{229\,481 \text{ Kč}}$$

b) Výpočet s dotací

$$NPV = \sum DCF - IN \text{ s dotací} = 316\,488,22 - 87\,007 = \mathbf{261\,108 \text{ Kč}}$$

Čistá současná hodnota vychází v hodnotách vyšších než 0. Investici do automatického kotle je možné doporučit jak v případě hodnocení NPV s dotací tak i NPV bez dotace. Investicí do kotle získáme 229 481 Kč bez zahrnutí dotace a 261 108 Kč s dotací.

#### 5.2.2.6 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento se stanoví pomocí vzorce (3.21)

$$0 = \sum CF / (1 + IRR) - IN$$

a) Výpočet bez dotace

$$IRR = \mathbf{32 \%}$$

b) Výpočet s dotací

$$IRR \text{ s dotací} = \mathbf{61 \%}$$

Projekt je přijatelný v obou variantách výpočtu. Výsledná velikost vnitřního výnosového procenta přesahuje zvolenou diskontní sazbu 5 %.

### 5.2.3 Návrh vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla země/voda

Pro vytápění a ohřev teplé vody v domě bylo vybráno tepelné čerpadlo země/voda Regulus EcoHeat 306 s tepelnou centrálou. Tepelná centrála v sobě obsahuje intuitivní regulační systém, akumulární nádrž a vestavěné elektrické topné těleso, které se spíná pouze v případě vysokého odběru teplé vody. Topný systém je řízen ekvitermně. K získávání tepla byla zvolena varianta se zemními vrty, vzhledem k menší ploše pozemku, kde by povrchový kolektor nebyl vhodný. Technické parametry byly převzaty ze stránek výrobce (viz příloha). Předpokládaná životnost čerpadla je 20 let.

#### Technické parametry

Výkon kotle:	6,1 kW	Topný faktor:	5,1
Elektrický příkon:	1,2 kW	Akumulační nádrž:	223 l
Rozměry:	1850 x 600 x 642 mm, (V x Š x HL)		

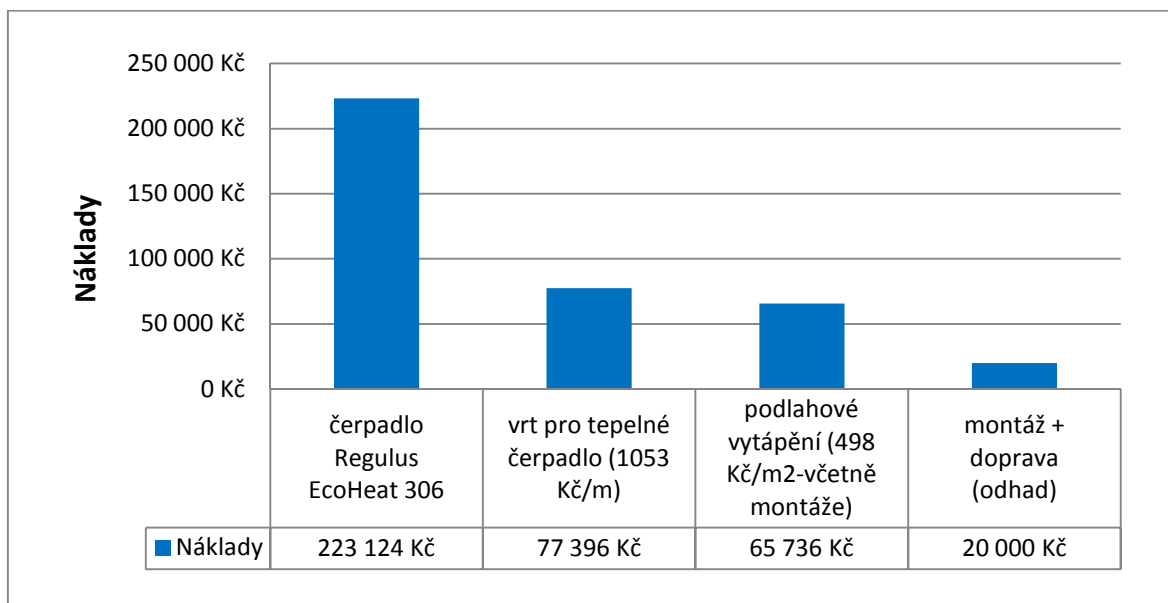
Na 1kW výkonu tepelného čerpadla je nutná hloubka 12 m. Celkem je tedy na 6,1 kW nutno zhotovit jeden vrt o hloubce cca 73,5m.

#### **Tabulka 28 – Investiční náklady - kotel na pelety**

Investiční položky	Cena	
čerpadlo Regulus EcoHeat 306	223 124	Kč
vrty pro tepelné čerpadlo (1053 Kč/m)	77 396	Kč
podlahové vytápění (498 Kč/m <sup>2</sup> -včetně montáže)	65 736	Kč
montáž + doprava (odhad)	20 000	Kč
<b>Investiční náklady celkem:</b>	<b>386 256</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

**Graf 5 – Investiční náklady tepelného čerpadlo země – voda**



Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Náklady na pořízení systému vytápění pomocí tepelného čerpadla země/voda jsou velmi vysoké. Dominantní náklad tvoří samotné tepelné čerpadlo. Zemní vrty a podlahové vytápění jsou také významné položky celkového rozpočtu topné soustavy.

**Tabulka 29 - Provozní náklady - TP země/voda**

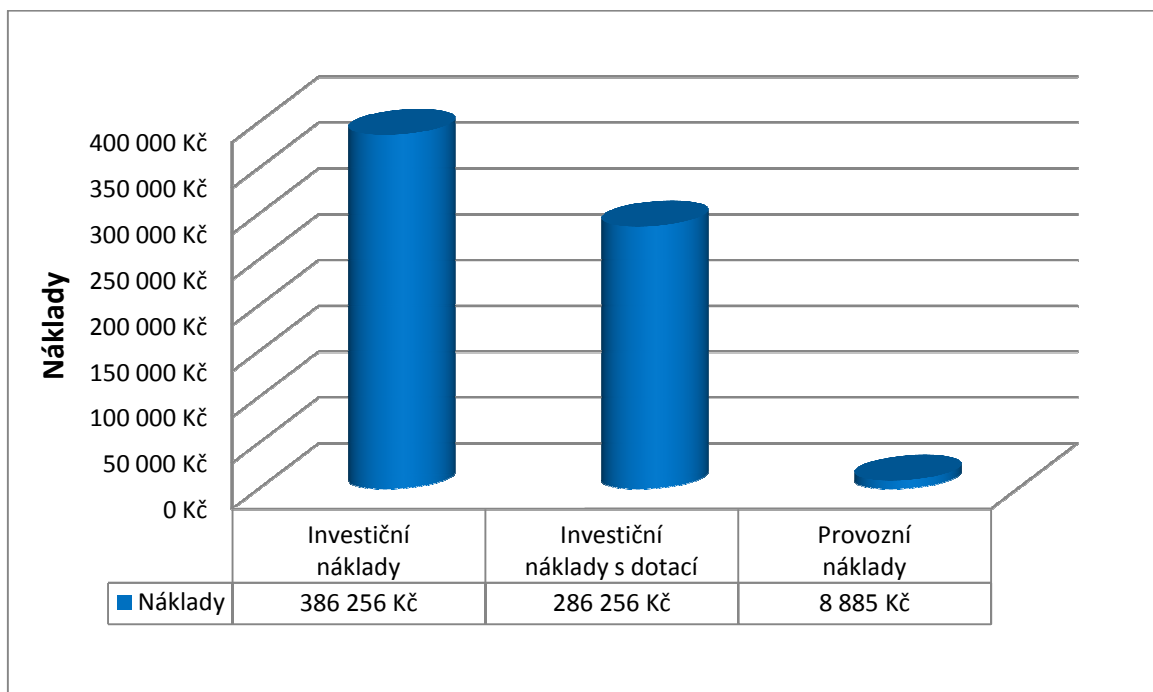
Nákladové položky	Cena	
Roční náklady na provoz tepelného čerpadla - elektřina:	7 885	Kč
Náklady na údržbu	1 000	Kč
<b>Provozní náklady celkem</b>	<b>8 885</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce viz příloha

### 5.2.3.1 Možnosti dotace

Maximální výše podpory, které lze v dotačním programu Nová zelená úsporám 2013 dosáhnout, je **100 000 Kč**. Investiční náklady se po uplatnění dotace sníží na **286 256 Kč**.

**Graf 6 - Porovnání nákladů u tepelného čerpadla země – voda**



Zdroj: autorská práce

Provozní náklady jsou minimální, protože zahrnují pouze spotřebovanou elektrickou energii na pohon kompresoru tepelného čerpadla. Velmi vysoké investiční náklady ovlivňuje vysoká cena zdroje tepla.

### 5.2.3.2 Cash - flow

Cash - flow zahrnuje kompletní prozí náklady, které je třeba v průběhu roku hradit, aby mohlo tepelné čerpadlo správně pracovat. U tepelného čerpadla provozní výdaje obsahují pouze náklady na údržbu, které byly v jednotlivých letech navyšovány o 5 % a náklady na elektřinu. Ceny elektrické energie byla navyšována v pouze o 2 %. Rozdílný růst u nákladů je zvolen z důvodu poklesu ceny elektřiny v roce 2014 a nepředpokládaného zvyšování v blízkém časovém období. Jako příjem je zvolen alternativní náklad na vytápění a ohřev TUV pomocí plynového kotle, se kterým je tepelné čerpadlo země/voda porovnáváno. Příjem je pro všechny roky ve stejné výši. Průběh zvyšování nákladů, výpočet cash – flow a diskontovaného cash – flow je zobrazuje Tabulka 30 - Cash – flow - tepelné čerpadlo země/voda.

**Tabulka 30 - Cash – flow - tepelné čerpadlo země/voda**

Rok	1	2	3	4	5	6	7
Náklad na údržbu	1 000	1 050	1 103	1 158	1 216	1 276	1 340
Náklad na elektřinu	7 885	8 043	8 204	8 368	8 535	8 706	8 880
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>37 032</b>	<b>36 824</b>	<b>36 611</b>	<b>36 392</b>	<b>36 167</b>	<b>35 935</b>	<b>35 697</b>
Diskont	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41
<b>DCF</b>	<b>35 269</b>	<b>33 401</b>	<b>31 626</b>	<b>29 940</b>	<b>28 337</b>	<b>26 815</b>	<b>25 369</b>

Rok	8	9	10	11	12	13	14	15
N údržba	1 407	1 477	1 551	1 629	1 710	1 796	1 886	1 980
N elektřina	9 057	9 239	9 423	9 612	9 804	10 000	10 200	10 404
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>35 453</b>	<b>35 201</b>	<b>34 942</b>	<b>34 676</b>	<b>34 403</b>	<b>34 121</b>	<b>33 831</b>	<b>33 533</b>
Diskont	1,48	1,55	1,63	1,71	1,80	1,89	1,98	2,08
<b>DCF</b>	<b>23 996</b>	<b>22 691</b>	<b>21 452</b>	<b>20 275</b>	<b>19 157</b>	<b>18 095</b>	<b>17 087</b>	<b>16 130</b>

Rok	16	17	18	19	20	Celkem
N údržba	2 079	2 183	2 292	2 407	2 527	-
N elektřina	10 612	10 824	11 041	11 262	11 487	-
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	-
<b>CF</b>	<b>33 226</b>	<b>32 910</b>	<b>32 584</b>	<b>32 249</b>	<b>31 903</b>	<b>693 689</b>
Diskont	2,18	2,29	2,41	2,53	2,65	-
<b>DCF</b>	<b>15221</b>	<b>14358</b>	<b>13539</b>	<b>12762</b>	<b>12024</b>	<b>437 543</b>

Zdroj: autorská práce

Cash – flow tepelného čerpadla země/voda (Tabulka 30) zobrazuje provozní náklady a jejich předpokládaný růst v jednotlivých letech. Tyto hodnoty budou dále používány pro výpočet dalších metod hodnocení investic.



### 5.2.3.3 Prostá doba návratnosti investice

Ke stanovení prosté doby návratnosti investice se cash-flow za dobu životnosti tepelného čerpadla sečetlo a vydělilo počtem let a získané průměrné cash – flow se dosadilo do vzorce rovnice (3.18).

**Průměrné CF = 34 684, 46**

- a) **Výpočet bez dotace** – pokud nevyužijeme na nákup tepelného čerpadla státní podporu, doba návratnosti by byla:

$$DN = IN / CF = 386\,256 / 34\,684,46 = 11,14 = \mathbf{12\,let}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití státní podpory se sníží investiční náklady a tedy i doba návratnosti investice bude kratší:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (386\,256 - 100\,000) / 34\,684,46 = 8,25 = \mathbf{9\,let}$$

Vzhledem k předpokládané dvacetileté životnosti tepelného čerpadla země/voda je doba návratnosti 12 let a doba návratnosti s dotací 9 let přijatelná pro doporučení investice.

### 5.2.3.4 Diskontovaná doba návratnosti

Pro stanovení doby návratnosti investice bylo vypočítáno průměrné diskontované cash-flow za dobu životnosti tepelného čerpadla a dosadilo se do vzorce rovnice (3.19).

**Průměrné DCF = 21 877, 15**

- a) **Výpočet bez dotace** – bez státní podpory na tepelné čerpadlo, by doba návratnosti byla:

$$DN = IN / CF = 386\,256 / 21\,877,15 = 17,66 = \mathbf{18\,let}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití státní podpory se sníží investiční náklady a tedy i doba návratnosti investice bude kratší:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (386\,256 - 100\,000) / 21\,877,15 = 13,08 = \mathbf{14\,let}$$

Diskontovaná doba návratnosti 18 let ve variantě bez státní podpory je na hranici životnosti tepelného čerpadla. S dotací návratnost poklesne na 14 let. Investice je přijatelná ve variantě s dotací.

#### 5.2.3.5 Čistá současná hodnota

Pro stanovení čisté současné hodnoty je třeba do rovnice 3.21 dosadit zjištěné diskontované cash-flow a investiční náklady.

a) **Výpočet bez dotace**

$$\text{NPV} = \sum \text{DCF} - \text{IN} = 437\,543 - 386\,256 = \mathbf{51\,287\,Kč}$$

b) **Výpočet s dotací**

$$\begin{aligned} \text{NPV s dotací} &= \sum \text{DCF} - (\text{IN} - \text{dotace}) = 437\,543 - (386\,256 - 100\,000) \\ &= \mathbf{151\,287\,Kč} \end{aligned}$$

Čistá současná hodnota tepelného čerpadla je 51 287 Kč a s poskytnutou dotací se zvýší na 151 287 Kč. Vzhledem ke kladné hodnotě NPV je možné tepelné čerpadlo doporučit k investici.

#### 5.2.3.6 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento se stanovuje pomocí nominálně vyjádřeného cash-flow, doby životnosti investice a vynaložených investičních nákladů, tyto hodnoty zaneseme do rovnice 3.22

a) **Výpočet bez dotace**

$$\text{IRR} = \mathbf{7\%}$$

b) **Výpočet s dotací**

$$\text{IRR s dotací} = \mathbf{11\%}$$

Investici je možné doporučit. Vypočtené vnitřní výnosové procento je ve variantě bez dotace o 2 % vyšší než zvolená diskontní sazba a o 6 % vyšší při investici se státní podporou.

#### 5.2.4 Návrh vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla vzduch/voda

Pro vytápění a ohřev TUV v domě bylo vybráno tepelné čerpadlo vzduch/voda Regulus EcoAir 406. Vybraný typ čerpadla má vysoký topný faktor i při velmi nízkých venkovních teplotách (- 22 °C), vysokou výstupní teplotu vody (až 65 °C) a nízkou hlučnost. K čerpadlu je připojená tepelná centrála, která zajišťuje vytápění objektu a přípravu teplé užitkové vody. Technické parametry byly převzaty ze stránek výrobce (viz příloha). Předpokládaná životnost tepelného čerpadla vzduch/voda je 20 let.

##### Technické parametry

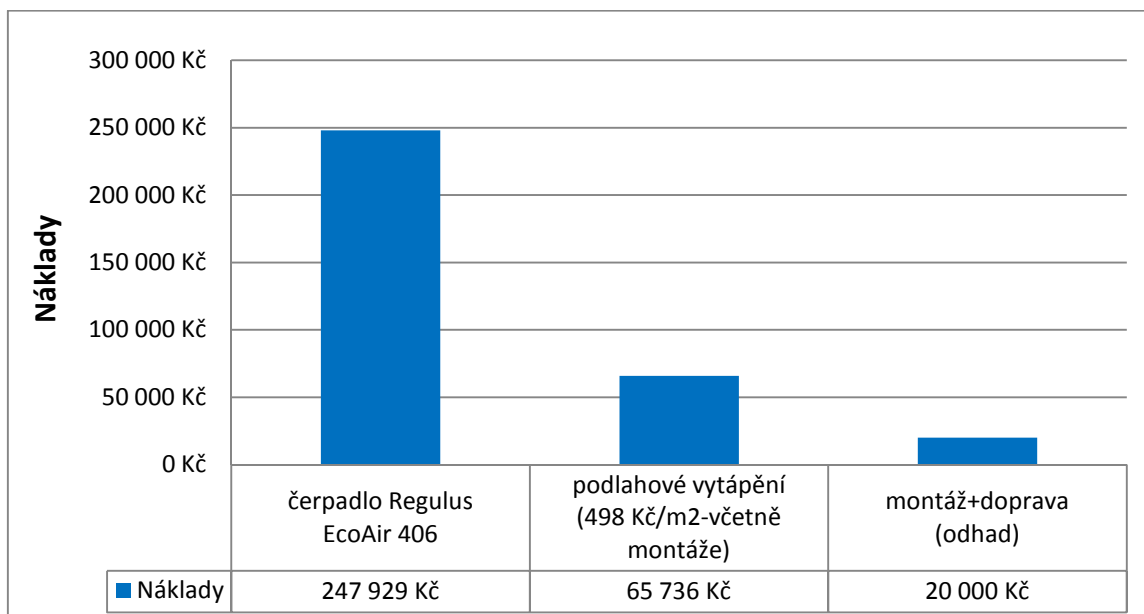
Výkon kotle:	6,22 kW	Topný faktor:	4,78
Elektrický příkon:	1,3 kW	Hladina akustického výkonu:	56,2 [dB(A)]
Rozměry:	1075 x 1245 x 545 mm, (V x Š x HL)		

#### **Tabulka 31 - Investiční náklady tepelné čerpadlo vzduch/voda**

Název	Cena	
	čerpadlo Regulus EcoAir 406	247 979
podlahové vytápění (498 Kč/m <sup>2</sup> - včetně montáže)	65 736	Kč
montáž + doprava (odhad)	20 000	Kč
<b>Investiční náklady celkem:</b>	<b>333 665</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

**Graf 7 - Investiční náklady tepelného čerpadla vzduch/voda**



Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Nejvyšší položkou v investičních nákladech je zdroj tepla. Poměrně vysoké náklady na pořízení a instalaci má podlahové vytápění, které tvoří 20 % z celkové hodnoty pořizovacích nákladů.

**Tabulka 32 - Provozní náklady tepelné čerpadlo vzduch/voda**

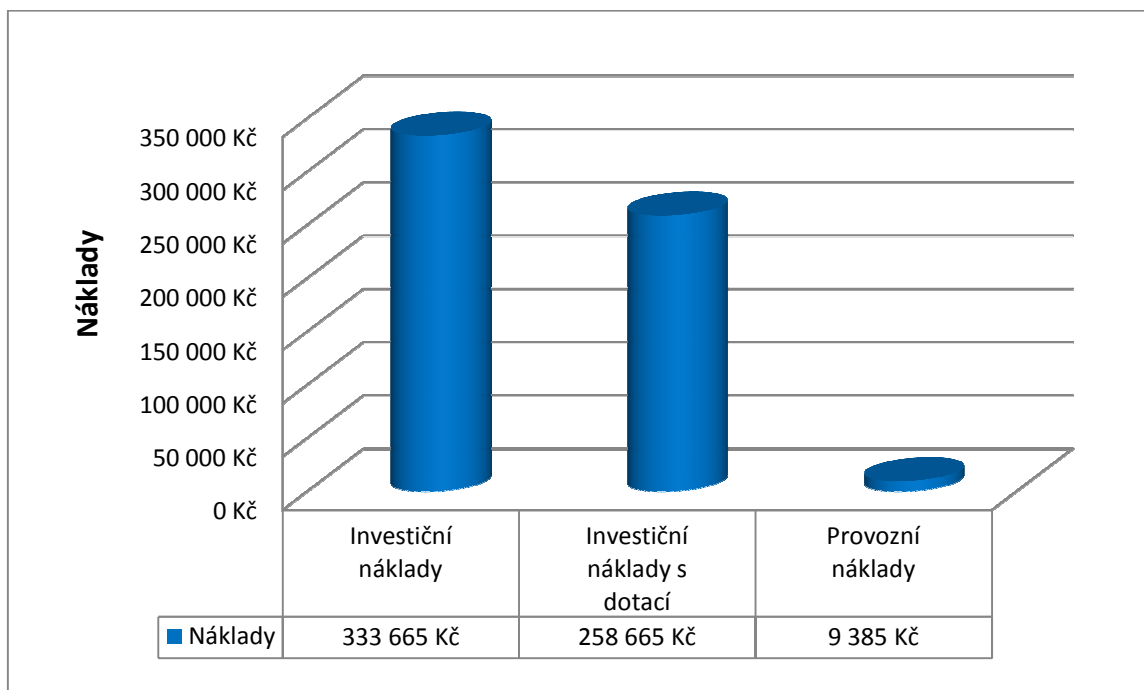
Provozní náklady	Cena	
Roční náklady na provoz tepelného čerpadla - elektřina:	7 885	Kč
Náklad na údržbu	1 500	Kč
<b>Provozní náklady celkem</b>	<b>9 385</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce viz příloha

#### 5.2.4.1 Možnosti dotace

Maximální výše dotace z programu Nová zelená úsporám 2013 pro systém tepelného čerpadla vzduch – voda je **75 000 Kč**. Dotace je poskytována na nákup zdroje tepla, montáž a dopravu. Vzhledem k celkovým pořizovacím nákladům uplatníme celou nabízenou dotační částku. Investiční náklady po odečtení dotace budou **258 665 Kč**.

**Graf 8 – Porovnání nákladů u tepelného čerpadla vzduch - voda**



Zdroj: autorská práce

Celkové investiční náklady jsou i s využitím maximální dotace velmi vysoké.

Provozní náklady tvoří pouze spotřeba elektrické energie na pohon kompresoru a ventilátoru.

#### 5.2.4.2 Cash - Flow

Provozní náklady tepelného čerpadla zahrnují náklady na údržbu, které byly v jednotlivých letech navyšovány o 5 % a náklady na elektřinu. Ceny elektrické energie byla navyšována v pouze o 2 %. Rozdílný růst u nákladů je zvolen z důvodu poklesu ceny elektřiny v roce 2014 a nepředpokládaného zvyšování v blízkém časovém období. Jako příjem je zvolen alternativní náklad na vytápění a ohřev TUV pomocí plynového kotle, se kterým je tepelné čerpadlo vzduch/voda porovnáváno. Příjem je pro všechny roky ve stejné výši. Průběh zvyšování nákladů, výpočet cash – flow a diskontovaného cash – flow zobrazuje Tabulka 33 – Cash – flow tepelné čerpadlo vzduch/voda.

**Tabulka 33 – Cash – flow tepelné čerpadlo vzduch/voda**

Rok	1	2	3	4	5	6	7
Náklad na údržbu	1 500	1 575	1 654	1 736	1 823	1 914	2 010
Náklad na elektřinu	7 885	8 043	8 204	8 368	8 535	8 706	8 880
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>36 532</b>	<b>36 299</b>	<b>36 060</b>	<b>35 813</b>	<b>35 559</b>	<b>35 297</b>	<b>35 027</b>
Diskont	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41
<b>DCF</b>	<b>34 792</b>	<b>32 925</b>	<b>31 150</b>	<b>29 463</b>	<b>27 861</b>	<b>26 339</b>	<b>24 893</b>

Rok	8	9	10	11	12	13	14	15
N údržba	2 111	2 216	2 327	2 443	2 566	2 694	2 828	2 970
N elektřina	9 057	9 239	9 423	9 612	9 804	10 000	10 200	10 404
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>34 749</b>	<b>34 462</b>	<b>34 167</b>	<b>33 862</b>	<b>33 547</b>	<b>33 223</b>	<b>32 888</b>	<b>32 543</b>
Diskont	1,48	1,55	1,63	1,71	1,80	1,89	1,98	2,08
<b>DCF</b>	<b>23 519</b>	<b>22 215</b>	<b>20 975</b>	<b>19 798</b>	<b>18 680</b>	<b>17 619</b>	<b>16 611</b>	<b>15 654</b>

Rok	16	17	18	19	20	Celkem
N údržba	3 118	3 274	3 438	3 610	3 790	-
N elektřina	10 612	10 824	11 041	11 262	11 487	-
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	-
<b>CF</b>	<b>32 186</b>	<b>31 818</b>	<b>31 438</b>	<b>31 045</b>	<b>30 640</b>	<b>677 156</b>
Diskont	2,18	2,29	2,41	2,53	2,65	-
<b>DCF</b>	<b>14 745</b>	<b>13 882</b>	<b>13 063</b>	<b>12 286</b>	<b>11 548</b>	<b>428 019</b>

Zdroj: autorská práce

Cash – flow tepelného čerpadla vzduch/voda (Tabulka 33) znázorňuje provozní náklady a jejich předpokládaný růst v jednotlivých letech. Tyto hodnoty budou dále používány pro výpočet dalších metod hodnocení investic.

#### 5.2.4.3 Prostá doba návratnosti

Pro výpočet doby návratnosti bylo vypočítáno průměrné cash – flow za dobu životnosti tepelného čerpadla.

**Průměrné cash flow = 33 857,82**

- a) **Výpočet bez dotace** – bez využití státního programu nová zelená úsporám na nákup tepelného čerpadla vzduch - voda, doba návratnosti bude:

$$DN = IN / CF = 333\ 665 / 33\ 858 = 9,85 = \mathbf{10\ let}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití poskytované dotace se sníží investiční náklady a doba návratnosti investice bude:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (333\ 665 - 75\ 000) / 33\ 858 = 7,64 = \mathbf{8\ let}$$

Investice do tepelného čerpadla vzduch – voda má relativně krátkou dobu návratnosti. Bez dotačního programu se zdroj tepla splatí za 10 let. Pokud bude poskytnuta dotace, doba návratnosti se zkrátí o 2 roky. Investice se vrátí v polovině životnosti tepelného čerpadla.

#### 5.2.4.4 Diskontovaná doba návratnosti

Pro výpočet doby návratnosti bylo vypočítáno diskontované průměrné cash – flow za dobu životnosti tepelného čerpadla.

**Průměrné diskontované cash flow = 21 400, 96**

- a) **Výpočet bez dotace** – bez využití státního programu nová zelená úsporám na nákup tepelného čerpadla vzduch - voda, doba návratnosti bude:

$$DN = IN / CF = 333\ 665 / 21\ 401 = 15,59 = \mathbf{16\ let}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití poskytované dotace se sníží investiční náklady a doba návratnosti investice bude:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (333\ 665 - 75\ 000) / 21\ 401 = 12,09 = \mathbf{13\ let}$$

Bez dotačního programu se zdroj tepla splatí za 16 let. Pokud bude poskytnuta dotace, doba návratnosti se zkrátí o 3 roky. Diskontovaná doba návratnosti tepelného čerpadla je delší než prostá doba návratnosti. Obě varianty výpočtu jsou však kratší než doba životnosti tepelného čerpadla a zdroj tepla je tak možné doporučit jako vhodnou investici.

#### 5.2.4.5 Čistá současná hodnota

Hodnotu NPV získáme z celkového diskontovaného cash-flow od kterého odečteme investiční náklady.

a) **Výpočet bez dotace**

$$NPV = \sum DCF - IN = 428\,019 - 333\,665 = \mathbf{94\,354\,Kč}$$

b) **Výpočet s dotací**

$$NPV \text{ s dotací} = \sum DCF - (IN - \text{dotace}) = 428\,019 - (333\,665 - 75\,000) = \mathbf{169\,354\,Kč}$$

Zjištěná čistá současná hodnota tepelného čerpadla vzduch/voda je vysoká. Investice do tohoto projektu přinese 94 354 Kč a 169 354 Kč při získání státní podpory.

#### 5.2.4.6 Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento se stanovuje pomocí nominálně vyjádřeného cash-flow, doby životnosti investice a vynaložených investičních nákladů.

a) **Výpočet bez dotace**

$$IRR = \mathbf{8\%}$$

b) **Výpočet s dotací**

$$IRR \text{ s dotací} = \mathbf{12\%}$$

Vnitřní výnosové procento pro tepelné čerpadlo vzduch/voda je ve variantě bez dotace 8 % a se zahrnutím státní podpory 12 %. Obě varianty převyšují zvolenou diskontní sazbu.



### 5.2.5 Návrh vytápění objektu pomocí solárních panelů

Pro vytápění a ohřev vody v domě byly vybrány solární kolektory SUNTIME 2.1. Pro maximální využití plochy střechy instalujeme 20 ks solárních kolektorů. Kolektory Suntime jsou vysoce selektivní kolektory s vysokým procentem přeměny slunečního záření na teplo a jsou určeny pro celoroční provoz v podmínkách střední Evropy. Speciální rám zabraňuje zachytávání sněhu na kolektorech. Pro snížení tepelných ztrát je pod kolektory a na jejich bočních stranách instalovaná izolační minerální vata. Kolektory jsou vyráběny v České republice u společnosti Propuls s.r.o. v Heřmanově Městci. Technické parametry byly převzaty ze stránek výrobce (viz příloha). Předpokládaná životnost kolektorů je 30 let.

#### Technické parametry

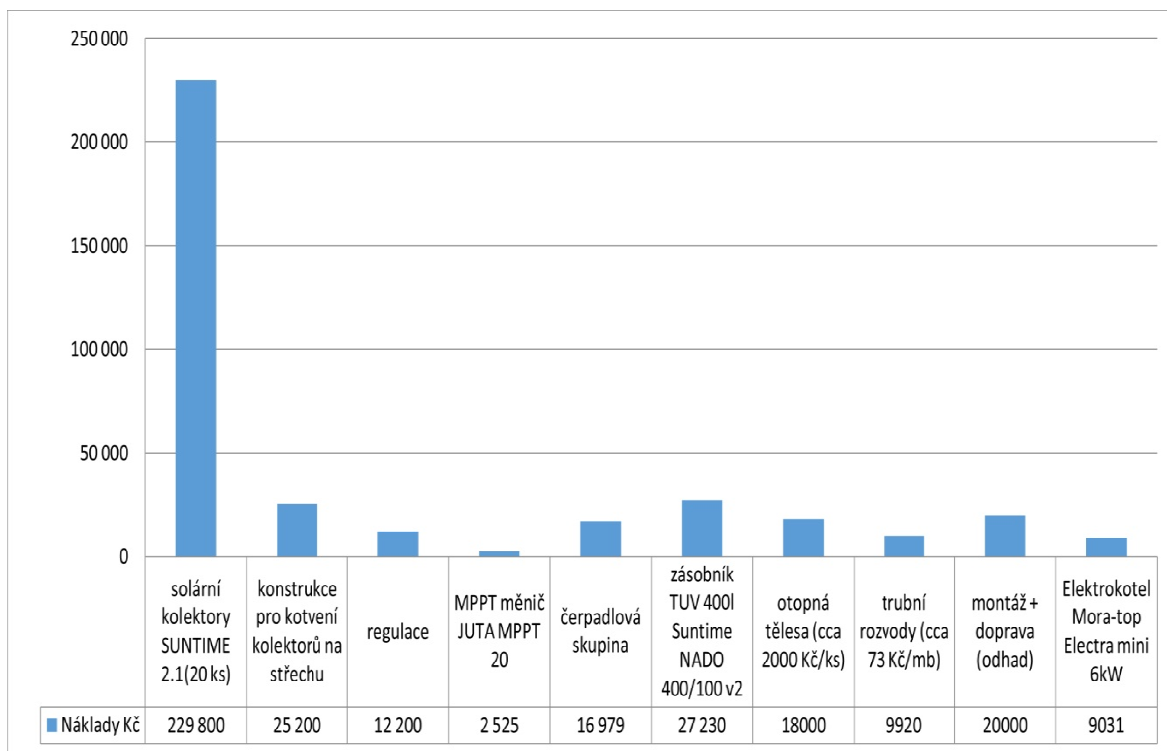
Energetický zisk:	800 – 1200 kWh / rok
Solární absorptivita:	95 % ± 2 %
Absorpční plocha:	1,83 m <sup>2</sup>
Vnější rozměr:	1895 mm x 1063 mm (D x Š)
Hmotnost:	38 kg

**Tabulka 34 - Investiční náklady solární kolektory**

Investiční náklad	Cena	
solární kolektory SUNTIME 2.1(20 ks)	229 800	Kč
konstrukce pro kotvení kolektorů na střechu	25 200	Kč
regulace	12 200	Kč
MPPT měnič JUTA MPPT 20	2 525	Kč
čerpadlová skupina	16 979	Kč
zásobník TUV 400l Suntime NADO 400/100 v2	27 230	Kč
Elektrokotel Mora-top Electra mini 6kW	9 031	Kč
otopná tělesa (cca 2000 Kč/ks)	18 000	Kč
trubní rozvody (cca 73 Kč/mb)	9 920	Kč
montáž+doprava (odhad)	20 000	Kč
<b>Investiční náklady celkem</b>	<b>351 934</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

**Graf 9- Investiční náklady solárních kolektorů**



Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

Markantní nákladovou položkou jsou výdaje na nákup solárních kolektorů. Jednotlivé komponenty otopného systému představují relativně malé náklady oproti solárním kolektorům. V součtu tvoří tyto komponenty zhruba polovinu nákladu na solární kolektory, jedná se tedy o významný investiční náklad.

#### Vstupní údaje pro návrh

využitelná plocha střechy:	121 m <sup>2</sup>
použitý druh kolektorů:	Propuls SUNTIME 2.1
počet kolektorů:	20 ks
sklon střechy:	45°
orientace objektu:	odklon 45° od jihu na západ
poloha objektu:	49.7786578N, 14.1666314E

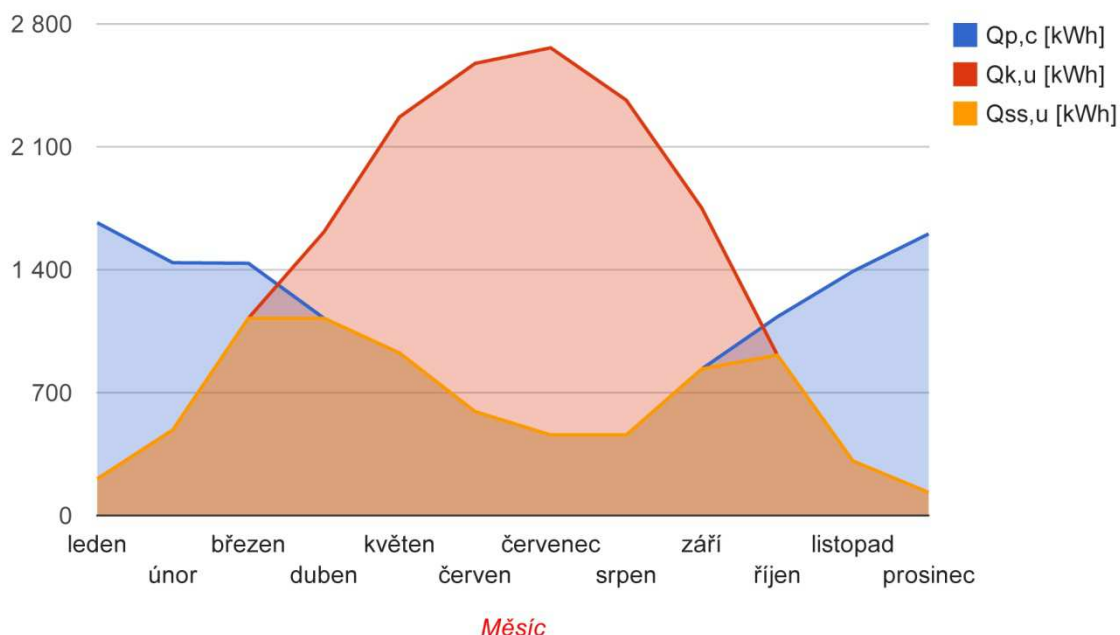
**Tabulka 35 – Solární zisky**

MĚSÍC	Teoreticky využitelné tepelné zisky (kWh)	Potřeba tepla na teplou vodu (kWh)	Potřeba tepla na vytápění (kWh)	Celková potřeba tepla (kWh)	Skutečné využití zisky (kWh)
leden	209	612	1056	1668	209
únor	488	553	887	1440	488
březen	1124	612	825	1437	1124
duben	1615	592	532	1124	1124
květen	2270	612	314	926	926
červen	2575	592	0	592	592
červenec	2664	459	0	459	459
srpen	2366	459	0	459	459
září	1751	592	242	834	835
říjen	914	612	521	1133	914
listopad	311	592	798	1390	311
prosinec	132	612	992	1604	132
<b>Celkem</b>	<b>16419</b>	<b>6899</b>	<b>6167</b>	<b>13066</b>	<b>7573</b>

Zdroj: autorská práce dle: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru> (17-11-2014)

V tabulce jsou obsaženy hodnoty teoreticky využitelných a skutečně využitých tepelných zisků ze solárních kolektorů, které jsou rozděleny po jednotlivých měsících. Tabulka dělí využití tepelných zisků na pokrytí potřeby teplé vody a vytápění. Z údajů uvedených v tabulce je zpracován Graf 10 – Bilance energií pro využití solárních kolektorů.

**Graf 10 – Bilance energií pro využití solárních kolektorů**



Zdroj: autorská práce dle: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru> (17-11-2014)

Popis zkratk použitých v grafu:

$Q_{p,c}$  [kWh] – celková potřeba tepla, která má být kryta

$Q_{k,u}$  [kWh] – teoretický využitelné tepelné zisky solárních kolektorů

$Q_{ss,u}$  [kWh] – skutečně využití zisky solární soustavy

Z grafu je patrné, že v zimních měsících, kdy není tolik slunečního svitu, není pokryta ani osmina celkové potřeby tepla. Naopak v letním období převyšují zisky ze solární soustavy potřebu tepla na vytápění a TUV. V měsících březnu, dubnu a říjnu nastává optimální stav, kdy celou potřebu tepla pokrývají zisky ze solárních panelů.

Procentuální podíl pokrytí potřeby tepla solární soustavou je 58 %. Zbylou potřebu teplé užitkové vody a tepla na vytápění je nutné zajistit pomocí elektrické energie dodávané ze sítě.

**Tabulka 36 - Provozní náklady - solární kolektory**

Název nákladu	Cena	
	roční náklady – elektřina – čerpadlová skupina	942
spotřeba elektrické energie na dohřev TUV	14 169	Kč
spotřeba elektrické energie na dotápění el. kotlem	12 666	Kč
náklady na údržbu	891	Kč
<b>Provozní náklady celkem</b>	<b>28 668</b>	<b>Kč</b>

Zdroj: autorská práce dle ceníků viz příloha

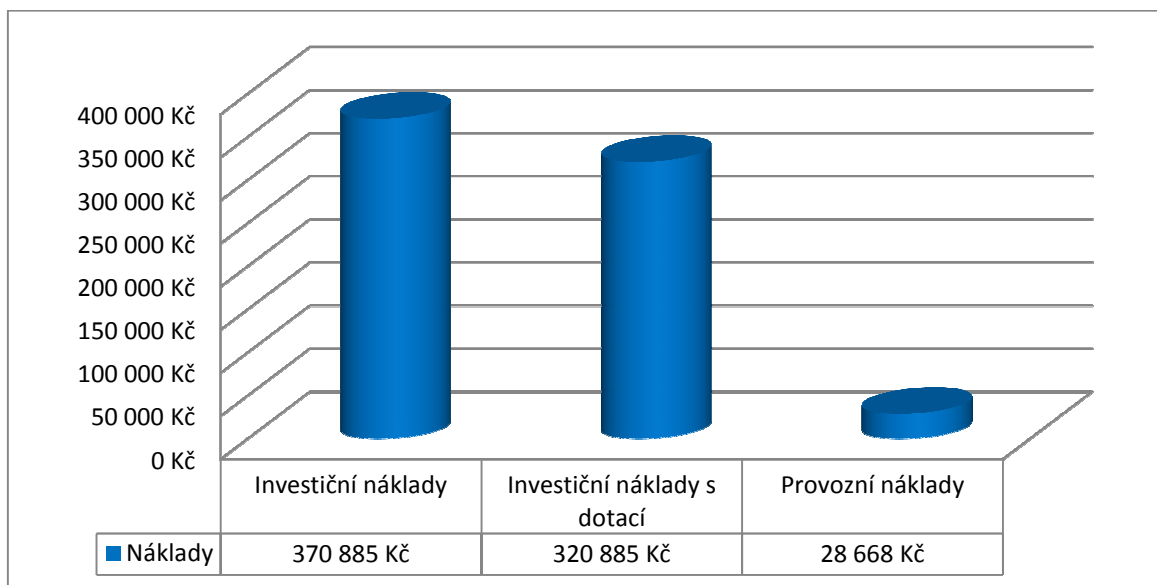
Provozní náklady na elektrickou energii se stanovují z:

- maximálního příkonu čerpadlové skupiny ( $0,022\text{kW} \times 8760\text{h} \times 4,89\text{Kč/kWh}$ );
- potřeby tepla na dohřev TUV, která není kryta zisky solární soustavy ( $2897,6\text{ kWh} \times 4,89\text{Kč/kWh}$ )
- potřeby tepla na dotápění elektrickým kotlem, která není kryta zisky solární soustavy ( $2590,1\text{ kWh} \times 4,89\text{Kč/kWh}$ )

#### **5.2.5.1 Možnosti dotace**

Pro instalaci termických systémů na přípravu teplé užitkové vody a přitápění je možné získat dotaci z programu Nová zelená úsporám 2013 v maximální výši **50 000 Kč**. Celkové investiční výdaje se o tuto částku sníží a jejich konečná hodnota bude **320 855 Kč**.

**Graf 11 - Porovnání nákladů solárních kolektorů**



Zdroj: autorská práce

Pořízení solární otopné soustavy je investičně velmi náročné. Na rozdíl od ostatních aplikovaných systémů vytápění jsou i provozní náklady značně vysoké. Tato skutečnost je způsobena tím, že solární kolektory pokryjí jen část celkové potřeby tepla. Zbývající část potřeby tepla musíme pokrýt energií ze sítě.

#### **5.2.5.2 Cash – flow**

Solární kolektory potřebují pro provoz pouze elektrickou energii, protože nebudou schopny pokrýt celkovou spotřebu tepla, je nutné v nákladech počítat i s dotápením pomocí elektrokotle. Cena elektřiny byla navyšována jako u předcházejících zdrojů tepla o 2 %. Rozdílný růst u nákladů je zvolen z důvodu poklesu ceny elektřiny v roce 2014 a nepředpokládaného zvyšování v blízkém časovém období. Jako příjem je zvolen alternativní náklad na vytápění a ohřev TUV pomocí plynového kotle, se kterým jsou solární kolektory porovnávány. Příjem je pro všechny roky ve stejné výši. Průběh zvyšování nákladů, výpočet cash – flow a diskontovaného cash – flow je zobrazuje Tabulka 37 – Cash – flow solární kolektory.

Tabulka 37 – Cash – flow solární kolektory

Rok	1	2	3	4	5	6	7
Náklad na údržbu	891	935	982	1 031	1 083	1 137	1 194
Náklad na elektřinu	27 777	28 333	28 900	29 478	30 067	30 668	31 282
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>17 249</b>	<b>16 649</b>	<b>16 035</b>	<b>15 408</b>	<b>14 767</b>	<b>14 112</b>	<b>13 441</b>
Diskont	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,34	1,41
<b>DCF</b>	<b>16 427</b>	<b>15 101</b>	<b>13 852</b>	<b>12 676</b>	<b>11 570</b>	<b>10 530</b>	<b>9 552</b>

Rok	8	9	10	11	12	13	14	15
N údržba	1 254	1 316	1 382	1 451	1 524	1 600	1 680	1 764
N elektřina	31 908	32 546	33 197	33 860	34 538	35 228	35 933	36 652
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>12 756</b>	<b>12 055</b>	<b>11 338</b>	<b>10 605</b>	<b>9 856</b>	<b>9 089</b>	<b>8 304</b>	<b>7 501</b>
Diskont	1,48	1,55	1,63	1,71	1,80	1,89	1,98	2,08
<b>DCF</b>	<b>8 634</b>	<b>7 771</b>	<b>6 961</b>	<b>6 201</b>	<b>5 488</b>	<b>4 820</b>	<b>4 194</b>	<b>3 608</b>

Rok	16	17	18	19	20	21	22	23
N údržba	1 852	1 945	2 042	2 144	2 251	2 364	2 482	2 606
N elektřina	37 385	38 132	38 895	39 673	40 466	41 276	42 101	42 943
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917
<b>CF</b>	<b>6 680</b>	<b>5 840</b>	<b>4 980</b>	<b>4 100</b>	<b>3 199</b>	<b>2 278</b>	<b>1 334</b>	<b>368</b>
Diskont	2,18	2,29	2,41	2,53	2,65	2,79	2,93	3,07
<b>DCF</b>	<b>3 060</b>	<b>2 548</b>	<b>2 069</b>	<b>1 623</b>	<b>1 206</b>	<b>817</b>	<b>456</b>	<b>120</b>

Rok	24	25	26	27	28	29	30	Celkem
N údržba	2 736	2 873	3 017	3 168	3 326	3 492	3 667	-
N elektřina	43 802	44 678	45 572	46 483	47 413	48 361	49 328	-
Úspora	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	45 917	-
<b>CF</b>	<b>-621</b>	<b>-1 634</b>	<b>-2 672</b>	<b>-3 734</b>	<b>-4 822</b>	<b>-5 936</b>	<b>-7 078</b>	<b>191 446</b>
Diskont	3,23	3,39	3,56	3,73	3,92	4,12	4,32	-
<b>DCF</b>	<b>-193</b>	<b>-483</b>	<b>-751</b>	<b>-1 000</b>	<b>-1 230</b>	<b>-1 442</b>	<b>-1 638</b>	<b>142 548</b>

Zdroj: autorská práce

Z peněžních toků (Tabulka 37) je patrné, že se v posledních 7 letech cash-flow dostává do záporných hodnot. To je důležité hledisko pro výpočet vnitřního výnosového procenta. Pro investiční projekt s nekonvenčním peněžním tokem, tedy když se vyskytuje v některém roce záporná hodnota cash-flow, nelze vnitřní výnosové procento stanovit.

### 5.2.5.3 Prostá doba návratnosti

Pro stanovení prosté doby návratnosti solárních kolektorů bylo stanoveno průměrné cash – flow za dobu životnosti investice.

**Průměrné cash – flow = 6 381,54**

- a) **Výpočet bez dotace** – pokud nebudeme do výpočtu zahrnovat možnou dotaci na nákup solárních termických panelů, doba návratnosti bude:

$$DN = IN / CF = 370\,885 / 6\,382 = 58,12 = \mathbf{59 \text{ let}}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití nabízené dotace se sníží celkové investiční náklady a doba návratnosti investice bude:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (370\,885 - 50\,000) / 6\,382 = 50,28 = \mathbf{51 \text{ let}}$$

Vynaložená investice do solární soustavy se vrátí za 59 let. Návratnost investice s poskytovanou dotací je 51 let. Investice do solárních panelů se ani v jedné variantě nedoporučuje, protože obě přesahují dobu životnosti investice a to skoro o dvojnásobný počet let. Investice je považovaná za nenávratnou.

### 5.2.5.4 Diskontovaná doba návratnosti

Pro stanovení prosté doby návratnosti solárních kolektorů bylo stanoveno průměrné diskontované cash – flow za dobu životnosti investice.

**Průměrné diskontované cash – flow = 4 751,60**

- a) **Výpočet bez dotace** – pokud nebudeme do výpočtu zahrnovat možnou dotaci na nákup solárních termických panelů, doba návratnosti bude:



$$DN = IN / CF = 370\,885 / 4\,752 = 78,05 = \mathbf{79 \text{ let}}$$

- b) **Výpočet s dotací** - při využití nabízené dotace se sníží celkové investiční náklady a doba návratnosti investice bude:

$$DN = (IN - \text{dotace}) / CF = (370\,885 - 50\,000) / 4\,752 = 67,53 = \mathbf{68 \text{ let}}$$

V případě diskontované doby návratnosti se nenávratnost investice do solárních panelů pouze potvrzuje.

#### 5.2.5.5 Čistá současná hodnota

Pro stanovení čisté současné hodnoty je třeba stanovit diskontované cash-flow pro všechny roky životnosti investice a investiční náklady. Získané hodnoty následně dosadit do rovnice (3.21)

- a) **Výpočet bez dotace**

$$NPV = \sum DCF - IN = 142\,548,1 - 370\,885 = \mathbf{- 228\,337 \text{ Kč}}$$

- b) **Výpočet s dotací**

$$\begin{aligned} NPV &= \sum DCF - (IN - \text{dotace}) = 142\,548,1 - 370\,885 - 50\,000 \\ &= \mathbf{- 178\,337 \text{ Kč}} \end{aligned}$$

Čistá současná hodnota je v záporných hodnotách. Investice nezajišťuje požadovanou míru výnosu, proto nelze investici doporučit k realizaci.

#### 5.2.5.6 Vnitřní výnosové procento

Stanovit vnitřní výnosové procento není u solárních kolektorů možné, vzhledem k nekonvenčním hotovostním tokům.

### 5.3 Výběr optimální varianty

Optimální varianta bude vybrána pomocí vícekritériálního hodnocení variant. Pro tyto účely bude aplikovaná Saatyho metoda párového porovnání kritérií.

**Tabulka 38 - Kritériální matice**

Zdroj tepla	Investiční náklady (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Životnost (roky)	Prostá doba návratnosti (roky)
Kotel na pelety	87 007	11 409	15	3
TP země-voda	386 256	8 885	20	12
TP vzduch-voda	333 665	9 385	20	10
Solární kolektory	370 885	28 668	30	59

Zdroj: autorská práce

Variantami jsou jednotlivé zdroje vytápění, které byly charakterizovány v předchozí kapitole.

Jako hodnotící kritéria byly vybrány investiční náklady, provozní náklady, životnost zdroje tepla a prostá doba návratnosti investice. Investiční náklady jsou pro všechny rozhodujícím faktorem ovlivňujícím výběr jakéhokoliv projektu. Provozní náklady jsou důležité z hlediska roční náročnosti zdrojů tepla na rozpočet. Doba životnosti zdrojů tepla ovlivňuje náš pohled na investiční náklady projektů. Podle odborné literatury se v praxi dává při hodnocení investic přednost prosté době návratnosti před diskontovanou dobou návratnosti. Z tohoto důvodu byla vybrána jako další kritérium a také pro její názorné vyjádření počtu let splacení investice ze získaných úspor.

**Tabulka 39 – Saatyho matice preferencí**

	Investiční N.	Provozní N.	Životnost	DN
Investiční N.	1	1/7	5	1/7
Provozní N.	7	1	3	3
Životnost	1/5	1/3	1	1/3
DN	7	1/3	3	1

Zdroj: autorská práce

Tabulka 39 – Saatyho matice preferencí obsahuje hodnotící kritéria. Ta byla vzájemně porovnána a ohodnocena podle standardizované devítibodové stupnice.

- Provozní náklady jsou velmi silně preferované před investičními náklady – nízké provozní náklady mohou přinést vyšší úsporu energie i peněz;
- Investiční náklady jsou silně preferované před životností investice – doba životnosti investice je pouze předpokládaná, proto jsou investiční náklady důležitějším kritériem;
- Doba návratnosti je velmi silně preferovaná před investičními náklady – výdaje na pořízení zdroje vytápění se mohou jevit na první pohled vysoké, přináší-li však také vysoké úspory není toto kritérium tolik významné;
- Provozní náklady jsou slabě preferované před životností investice – nižší výdaje v jednotlivých letech jsou při výběr projektu upřednostňované před životností zdroje tepla;
- Provozní náklady jsou slabě preferované před dobou návratnosti – doba návratnosti nebere v úvahu příjmy po době návratnosti investice, proto jsou v hodnocení důležitější provozní náklady;
- Doba návratnosti je slabě preferovaná před životností investice – krátkou dobu návratnosti volíme jako výhodnější, protože jsou pro výběr projektu důležitější úspory nákladů.

**Tabulka 40 - Výpočet vah**

$b_j$	Váhy
0,5652	0,1048
2,8173	0,5222
0,3861	0,0716
1,6266	0,3015
5,3952	1,0000

Zdroj: autorská práce

Ze zadaných hodnot kritérií v řádku vypočteme geometrický průměr  $b_j$ . Ten stanovíme pro všechna kritéria v řádcích. Váhy pro jednotlivá kritéria dostaneme poměrem geometrického průměru řádku a součtu všech geometrických průměrů (Tabulka 40 - Výpočet vah)

**Tabulka 41 – Kriteriaální matice s váhami**

Zdroj tepla	Investiční náklady (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Životnost (roky)	Prostá doba návratnosti (roky)
Kotel na pelety	87 007	11 409	15	3
TP země-voda	386 256	8 885	20	12
TP vzduch-voda	333 665	9 385	20	10
Solární panely	370 885	28 668	30	59
Povaha	min	min	max	min
Váhy	0,1048	0,5222	0,0716	0,3015

Zdroj: autorská práce

Zjištěné váhy kritérií zaneseme do tabulky. Uvedeme povahu jednotlivých kritérií, zda se jedná o maximalizační nebo minimalizační kritérium. Tato kriteriaální matice slouží jako podklad pro vyhodnocení podle zvolené metody.

Pro vyhodnocení bude použita metoda váženého součtu.

**Tabulka 42 – Ideální a bazální varianta**

Zdroj tepla	Investiční náklady (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Životnost (roky)	Prostá doba návratnosti (roky)
Kotel na pelety	87 007	11 409	15	3
TP země-voda	386 256	8 885	20	12
TP vzduch-voda	333 665	9 385	20	10
Solární panely	370 885	28 668	30	59
Povaha	min	min	max	min
Váhy	0,1048	0,5222	0,0716	0,3015
Ideální varianta H	87 007	8 885	30	3
Bazální varianta D	386 256	28 668	15	59

Zdroj: autorská práce

Pro vyhodnocení pomocí metody váženého součtu je potřeba stanovit ideální a bazální variantu. Podle ideální a bazální varianty převedeme veškeré hodnoty minimalizační povahy na maximalizační.

**Tabulka 43 - Upravená matice vstupních dat**

Zdroj tepla	Investiční náklady (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Životnost (roky)	Prostá doba návratnosti (roky)
Kotel na pelety	299 249	18 759	15	56
TP země-voda	0	19 783	20	48
TP vzduch-voda	52 591	19 283	20	50
Solární panely	15 371	0	30	0
Povaha	max	max	max	max
Váhy	0,1048	0,5222	0,0716	0,3015
Ideální varianta H	299 249	19 783	30	56
Bazální varianta D	0	0	15	0

Zdroj: autorská práce

V upravené matici vstupních dat (Tabulka 43) jsou všechny hodnoty kritérií již převedeny na maximalizační povahu. Hodnoty ideální, bazální varianty a hodnoty v matici

jsou pomocí rovnice 3. 15 vypočítané a zanesené do standardizované kritériální matice R (Tabulka 44).

**Tabulka 44 – Standardizovaná kritériální matice R**

Zdroj tepla	Investiční náklady (Kč)	Provozní náklady (Kč)	Životnost (roky)	Prostá doba návratnosti (roky)	U (variant)
Kotel na pelety	1	0,94824	0	1	0,89193
TP země-voda	0	1	0,33333	0,85714	0,81141
TP vzduch-voda	0,17574	1	0,33333	0,89286	0,82318
Solární panely	0,05136	0	1	0	0,08316
Váhy	0,1048	0,5222	0,0716	0,3015	
Povaha	max	max	max	max	

Zdroj: autorská práce

Pro každou variantu byla stanovena agregovaná funkce užitku podle rovnice 3.16, na jejímž základě bylo určeno pořadí variant.

**Tabulka 45 - Pořadí variant**

Zdroj tepla	Užitek	Pořadí
Kotel na pelety	0,89193	1
TP země-voda	0,81141	3
TP vzduch-voda	0,82318	2
Solární panely	0,08316	4

Zdroj: autorská práce

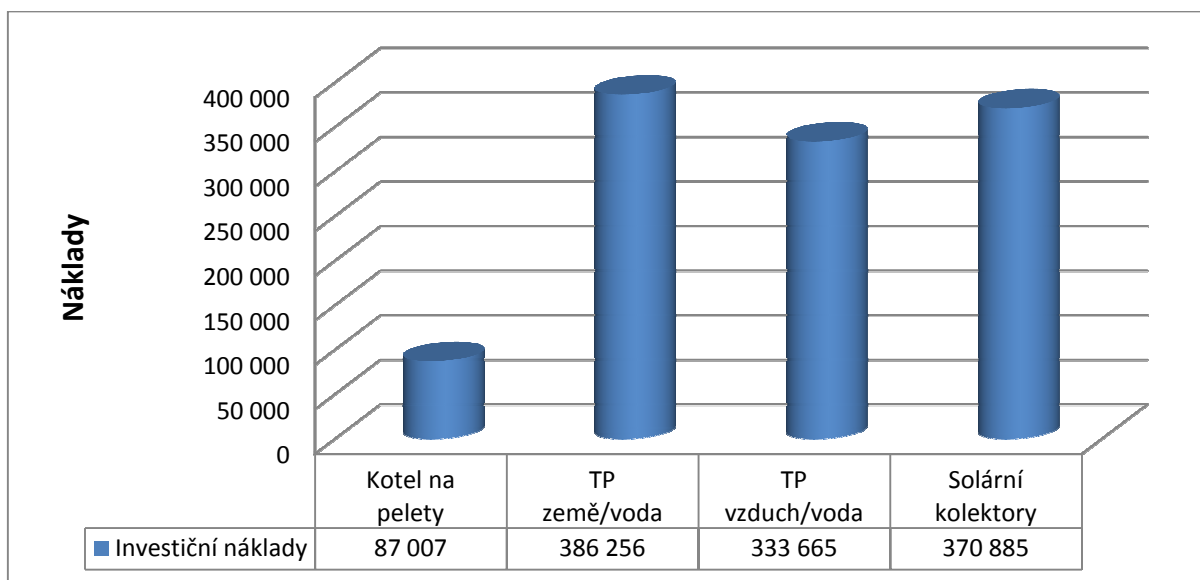
Tabulka 45 - Pořadí variant shrnuje výsledky metody váženého součtu, vypočítaný užitek pro jednotlivé varianty a podle užitku stanovené pořadí zdrojů tepla. Metoda váženého součtu je založena na principu maximalizace užitku. Varianta s nejvyšší hodnotou užitku se považuje za optimální řešení.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že nejlepší variantou pro vytápění zvoleného pasivního rodinného domu je kotel na pelety. Na druhém a třetím místě se umístila, s nízkým rozdílem od nejlepší varianty a s malými rozdíly v užitku mezi sebou, obě tepelná čerpadla. Poslední v hodnocení skončily solární panely.

## Zhodnocení optimální varianty

Optimálním zdrojem vytápění byl na základě vícekritériálního hodnocení variant zvolen automatický kotel na pelety.

**Graf 12 - Investiční náklady zdrojů vytápění**



Zdroj: autorská práce

Jak vyplývá z Grafu 12 – Investiční náklady zdrojů vytápění, je kotel na pelety nejlevnější variantou pro vytápění. Ke stejnému závěru dospějeme i při porovnání investičních nákladů, které jsou uvedeny v Tabulce 46 – Investiční náklady s dotací, ponížených o maximální možnou dotaci z programu Nová zelená úsporám. Investiční náklady zahrnují veškeré položky potřebné pro instalaci otopného systému v domě.

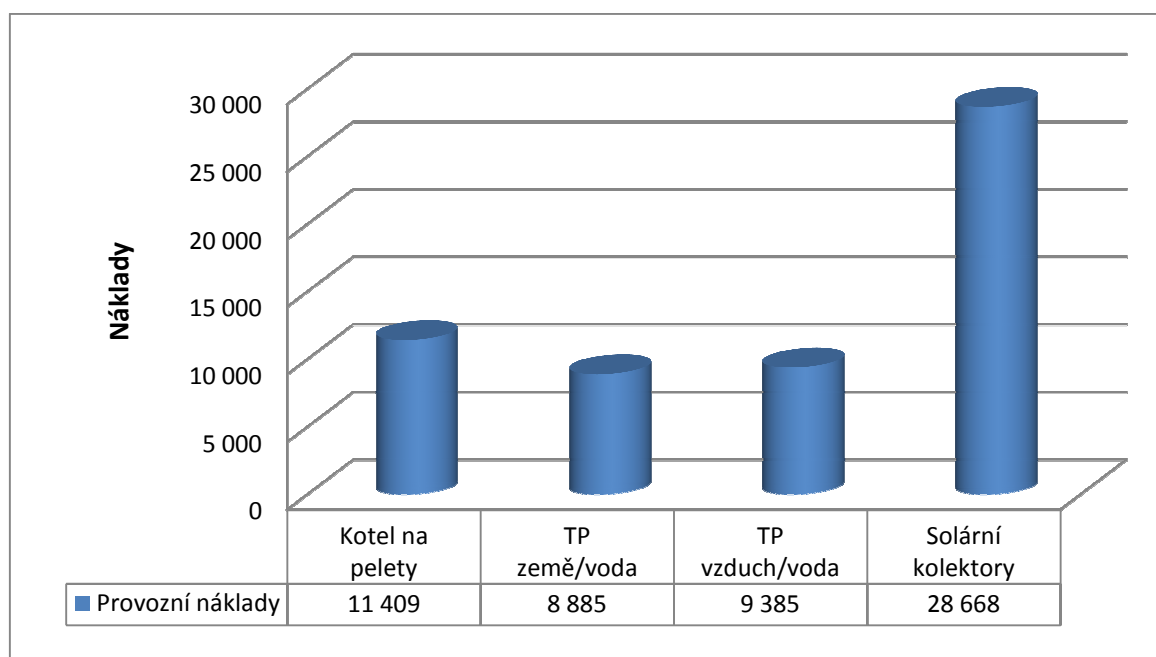
**Tabulka 46 - Investiční náklady s dotací**

Zdroj tepla	Investiční náklady s dotací
Kotel na pelety	55 380 Kč
TP země/voda	286 256 Kč
TP vzduch/voda	258 665 Kč
Solární kolektory	320 885 Kč

Zdroj: autorská práce

Důležitým parametrem při výběru investice jsou náklady, které bude nutné pravidelně hradit. Graf 13 – Provozní náklady zdrojů tepla, zobrazuje roční provozní náklady jednotlivých variant vytápění. Kotel na pelety má ze všech variant zdrojů tepla druhé nejvyšší provozní náklady. Tepelná čerpadla vycházejí z hlediska provozních nákladů nejpříznivěji. Nejnižší provozní náklady má tepelné čerpadlo země/voda.

**Graf 13 – Provozní náklady zdrojů tepla**



Zdroj: autorská práce

Hodnoty získané v předcházejících kapitolách, byly uspořádané do Tabulky 47 – Souhrn hodnocení investic bez zahrnutí dotace.

**Tabulka 47 – Souhrn hodnocení investic bez zahrnutí dotace**

	Kotel na pelety	TP země/voda	TP vzduch/voda	Solární kolektory
<b>Životnost</b>	15	20	20	30
<b>Doba návratnosti</b>	3	12	10	59
<b>NPV</b>	229 481	51 287	94 354	-228 337
<b>IRR v %</b>	38	7	8	nelze

Zdroj: autorská práce



Vybraná optimální varianta kotle na pelety má nejkratší dobu návratnosti. Čistá současná hodnota vychází u tohoto zdroje vytápění nejvyšší. Aby bylo možné NPV kotle na pelety porovnat s ostatními zdroji tepla, musela by být doba životnosti všech uvažovaných zdrojů stejná. V delším časovém horizontu čistá současná hodnota kotle bude snižovat. Vnitřní výnosové procento u všech variant kromě solárních kolektorů vychází vyšší než zvolená pětiprocentní diskontní sazba. Je možné předpokládat, že se nám v těchto případech vynaložené finanční investice vrátí. Kotel na pelety má nejvyšší vnitřní výnosové procento, což značí nejvyšší výnosnost investice.

**Tabulka 48 – Souhrn hodnocení investic s využitím dotace**

	Kotel na pelety	TP země/voda	TP vzduch/voda	Solární kolektory
<b>Životnost</b>	15	20	20	30
<b>Doba návratnosti</b>	2	9	8	51
<b>NPV</b>	261 108	151 287	169 354	-178 337
<b>IRR v %</b>	61	11	12	Nelze

Zdroj: autorská práce

Po zahrnutí státní podpory se u všech variant zlepšily výsledné hodnoty ukazatelů (Tabulka 48 – Souhrn hodnocení investic s využitím dotace). Doba návratnosti se zkrátí, čistá současná hodnota a vnitřní výnosové procento vzrostou.

Podle výsledků vícekritériální analýzy, se na druhém a třetím místě umístila tepelná čerpadla. Rozdíl ve velikosti užitku mezi tepelnými čerpadly a kotlem na pelety je přitom velmi malý. Tepelná čerpadla mají nižší dobu návratnosti než je jejich životnost, mají kladnou čistou současnou hodnotu a vnitřní výnosové procento je vyšší než uvažovaný 5% diskont. Z toho vyplývá, že lze tepelná čerpadla považovat rovněž za vhodný zdroj vytápění rodinného domu.

I přes relativně vyšší provozní náklady (druhé nejvyšší po solárních kolektorech) ve všech dalších parametrech dosáhl nejlepších výsledků kotel na pelety. Na základě těchto skutečností lze jako optimální zdroj tepla pro zásobování zvoleného pasivního domu doporučit automatický kotel na pelety.

## 6 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo analyzovat a vyhodnotit ekonomickou efektivnost různých variant využití alternativních energetických zdrojů pro vytápění a ohřev teplé užitkové vody v pasivním rodinném domě.

Tato problematika byla zvolena v návaznosti na stále rostoucí požadavky na snižování spotřeby energií. Přitom pro zachování trvalé udržitelnosti rozvoje lidské společnosti je (kromě energetických úspor) důležité také přecházet z neobnovitelných energetických zdrojů (plyn, uhlí apod.) na zdroje obnovitelné.

Státní dotační program Nová zelená úsporám 2013 poskytuje finanční prostředky na tři základní oblasti. Oblast A podporuje snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů, oblast B se zaměřuje na podporu výstavby rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností a oblast C zahrnuje podporu efektivního využívání zdrojů energie. V této diplomové práci byla využívána dotace z oblasti C.

Jako výchozí varianta pro vytápění byl zvolen plynový kondenzační kotel. Tento zdroj vytápění totiž v současnosti patří mezi nejrozšířenější. Jako alternativní energetické zdroje byl vybrán automatický kotel na biomasu (pelety), tepelné čerpadlo země/voda, tepelné čerpadlo vzduch/voda a solární kolektory.

První alternativou zdroje tepla je automatický kotel na pelety. Samotný kotel v tomto případě představuje největší investici do otopné soustavy. S případným využitím státní dotace však tato investice bude téměř celá pokryta. Z hlediska provozních nákladů tvoří dominantní část pelety. Na provozních nákladech se podílí zhruba z jedné desetiny spotřeba elektrické energie, kterou kotel potřebuje k regulaci a provozu šnekového dopravníku, pomocí kterého je kotel zásobován peletami. V provozních nákladech je zahrnuta i pravidelná roční údržba. Při výpočtu ekonomické návratnosti bylo zjištěno, že investice do otopné soustavy se navrátí za tři roky bez použití státní dotace. Při využití státní dotace se návratnost sníží o jeden rok, tedy na výsledné dva roky.

Druhou zvolenou variantou bylo tepelné čerpadlo země/voda se zemními vrty. Největší položkou v rozpočtu celé otopné soustavy tvoří vlastní tepelné čerpadlo. Nemalou investici představuje také zemní vrt pro čerpadlo a návazně i podlahové topení v celém objektu, které je pro variantu s využitím tepelného čerpadla nejvhodnější. Vyplatí se tedy pokusit se dosáhnout na státní dotaci z programu Nová zelená úsporám. Tím se nám celkové investiční náklady sníží zhruba o čtvrtinu. Roční provozní náklady naproti tomu vycházejí u tepelného čerpadla velice příznivě. Jedná se totiž pouze o spotřebu elektrické energie kompresorem, který tvoří srdce tepelného čerpadla. Návratnost vychází výrazně vyšší než u předchozí varianty. Bez využití dotace se nám vynaložená investice vrátí za 12 let a v případě využití dotace se návratnost o tři roky zkrátí a činí 9 let.

Třetí variantu představuje vytápění objektu pomocí tepelného čerpadla vzduch/voda. Pořizovací cena tohoto čerpadla je sice o něco vyšší než u systému země/voda, odpadá zde však potřeba investice do zemních vrtů. Celkové investiční náklady jsou proto nižší než u předchozí varianty. Také na toto čerpadlo je poskytována státní dotace. Případná dotace nám pokryje více než pětinu celkových pořizovacích nákladů. Náklady na provoz zahrnují opět pouze spotřebovanou elektrickou energii na provoz kompresoru a tvoří jen relativně nízkou výdajovou položku. Z hlediska návratnosti vychází tepelné čerpadlo vzduch/voda příznivěji než u varianty čerpadla země/voda. Vložené finanční prostředky se nám vrátí po deseti letech, pokud dosáhneme na státní dotaci, splatí se nám investice do osmi let.

Poslední (čtvrtou) variantou je vytápění pomocí solárních kolektorů. Tento způsob se však neobejde bez dalšího zdroje vytápění, který bude pokrývat potřebu tepla v zimním období, kdy je nedostatek slunečního svitu. Za tento dodatečný zdroj byl zvolen elektrokotel. Solární kolektory tvoří v rozpočtu nejvýznamnější nákladovou položku. Ve srovnání s ostatními systémy je třeba do otopné soustavy začlenit větší množství komponentů, které dohromady tvoří více než třetinu celkových investičních nákladů. Z hlediska provozních nákladů je tato varianta nejméně úsporná. V porovnání se základní variantou (plynový kondenzační kotel) tvoří provozní náklady otopného systému se solárními kolektory více než polovinu provozních nákladů plynového kondenzačního kotle. Vysoké provozní náklady jsou dány tím, že solární kolektory pokryjí pouze 58 %

celkové potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody. Zbývající potřebu tepla musíme pokrýt pomocí jiných zdrojů (v našem případě elektrokotlem, který je napájen elektřinou z veřejné distribuční sítě). Také z tohoto důvodu se jeví tento systém jako nejméně efektivní. Nejlepší by v tomto případě bylo využít solární kolektory pouze k přípravě teplé vody a jako zdroj vytápění zvolit jinou variantu. Využití maximálního příspěvku v podobě státní dotace se na výsledných celkových investičních nákladech v našem případě příliš neprojeví. Solární kolektory mají extrémně vysokou dobu návratnosti. Bez využití státní dotace vychází návratnost na 59 let, a pokud započítáme státní dotaci, bude návratnost investice 51 let. Doba návratnosti přesahuje životnost solárních kolektorů, která se pohybuje okolo 30 let. Vynaložená investice by byla neefektivní.

Ze získaných poznatků z porovnání jednotlivých variant je možné učinit následující závěry. Při srovnání výchozí varianty plynového kondenzačního kotle a alternativních zdrojů energie vycházejí investiční náklady alternativních zdrojů energie značně vyšší kromě kotle na pelety. Automatický kotel na pelety má nejnižší investiční náklady na celý otopný systém. Naopak nejvyšší investici do otopného systému představuje čtvrtá varianta vytápění pomocí solárních kolektorů. Z hlediska provozních nákladů je nejpříznivější variantou tepelné čerpadlo. Nejméně výhodnou je opět varianta solárních kolektorů. V otázce porovnání ekonomické návratnosti má nejkratší návratnost kotel na pelety. Nejdelší návratnost má otopný systém se solárními kolektory. Čistá současná hodnota vychází nejvyšší u peletového kotle, kladná je i u tepelných čerpadel, záporné hodnoty dosahuje pouze v případě solárních kolektorů. Podle čisté současné hodnoty nelze zvolené zdroje tepla porovnat vzhledem k odlišné době životnosti. Vnitřní výnosové procento je v případě kotle na pelety, tepelného čerpadla země/voda a vzduch/voda vyšší než stanovená 5% diskontní sazba. U solárních kolektorů není možné vnitřní výnosové procento určit z důvodu nekonvenčního hotovostního toku. Na základě vícekritériálního hodnocení variant byl automatický kotel na pelety zvolen jako optimální varianta vytápění. Tento předpoklad výsledky metod hodnocení investic potvrdily.

Na základě výše uvedeného shrnutí by bylo budoucímu investorovi doporučeno vytápění pasivního rodinného domu v Dobříši pomocí kotle na pelety.

Výše uvedené rozhodnutí o volbě zdroje tepla však nelze obecně brát jako univerzální řešení pro každý objekt rodinného domu. Při rozhodování o vhodném alternativním zdroji tepla hraje roli mnoho faktorů.

V první řadě je to samotná poloha objektu, jeho umístění v krajině, orientace ke světovým stranám.

Dále je důležitá i dopravní dostupnost zdrojů potřebného paliva. Pokud by byl zvolen kotel na pelety v oblasti, kde není v ekonomicky dostupné vzdálenosti dodavatel tohoto paliva, mohla by se doprava pelet prodražit natolik, že výsledné provozní náklady by byly vyšší než u jiných variant. Z praktického hlediska musíme zohlednit také potřebu skladovacího prostoru pro pelety. Tato skutečnost znamená pro investora další metry čtvereční zastavěné plochy navíc, a proto musí být při výběru vhodného zdroje tepla rovněž vzata v úvahu. Na rozdíl od tepelných čerpadel a solárních kolektorů je potřeba také počítat s obsluhou kotle. V průběhu roku je nutné zajistit objednávku pelet a doplnění pelet do zásobníku.

Také pořízení vrtů pro tepelné čerpadlo země/voda na pozemku, kde se nachází skalní podloží, by byla investičně výrazně nákladnější než na pozemku s příznivější geologickou strukturou. Alternativně by sice mohl být zvolen plošný kolektor, avšak jeho realizace zase naráží na vyšší potřebu plochy pozemku a nutnost jeho následné úpravy z hlediska osazení zeleně. Plošný kolektor vyžaduje plochu ve výši minimálně trojnásobku vytápěné plochy objektu. To představuje z hlediska plošných požadavků na pozemek, při současných cenách pozemků, významnou položku v celém rozpočtu rodinného domu.

Tepelné čerpadlo vzduch voda má také určitá specifika pro umístění. Ta souvisí s jeho vysokou hodnotou akustického výkonu, která se mění v jednotlivých fázích provozu a znamená omezení z hlediska dodržení hygienických norem maximální přípustné hlukové zátěže vůči sousedním objektům. I tato podmínka je vzhledem k dnešnímu trendu minimalizace plochy pozemku z důvodu vysokých nákladů na jejich pořízení, obtížně splnitelná. Zejména v satelitní zástavbě jsou totiž domy doslova „nalepeny“ jeden na druhém.

Orientace domu ke světovým stranám ovlivní možnost použití solárních kolektorů. Pokud je dům orientován štítý na sever a jih, nebude možné dosáhnout takových solárních zisků, jako u domu, který má štítý orientovány na východ a západ.

Alternativní zdroje energie pro vytápění jsou rozhodně ekologicky citlivější variantou v porovnání s klasickými neobnovitelnými zdroji energie, i když i tyto zdroje mají určité nevýhody a omezení.

V úvahu je třeba vzít i společenské a ekonomické okolnosti, které využívání obnovitelných zdrojů energie přináší. Pro řadu „podnikatelů“ se tyto zdroje staly příležitostí k dosažení mimořádných zisků, které díky nedostatečné legislativě zaplatili všichni daňoví poplatníci, jako tomu bylo například v případě solárních elektráren. V případě výroby pelet byly zase zaznamenány případy kácení i zcela zdravých vzrostlých stromů za účelem výroby pelet.

I přes určité negativní aspekty alternativních zdrojů energie, je jejich volba z hlediska trvalé udržitelnosti správná. Rozhodující při rozhodování investorů o volbě mezi obnovitelnými a neobnovitelnými zdroji tak nadále zůstává problém relativně vysokých pořizovacích nákladů na zařízení využívající energii z těchto obnovitelných zdrojů. Každý investor má logicky jiné priority i možnosti a většinou to bývají právě finanční možnosti, které nakonec o výběru energetického zdroje rozhodnou. Volba vhodného zdroje alternativní energie však v každém případě představuje důležitý krok na cestě k tomu, abychom jednou vraceli našim dětem tuto Zemi v takové stavu, jako kdybychom si ji od nich pouze vypůjčili.

## 7 Seznam literatury

- Výzva Ministerstva životního prostředí k podávání žádostí o poskytnutí podpory v rámci programu Nová zelená úsporám, 2014. Podprogram Nová zelená úsporám – Rodinné domy. In: Směrnice č. 1/2014. Dostupné z: <http://www.nzu2013.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/smernice-a-vyzva-nzu/>
- 406/2000 Sb. - o hospodaření energií, © 2014. Text předpisu - Portál veřejné správy. Portál veřejné správy [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=1&idBiblio=49857&recShow=28&fulltext=&nr=406~2F2000&part=&name=&rpp=15#parCnt>
- 78/2013 Sb. - o energetické náročnosti budov, © 2014. Text předpisu - Portál veřejné správy. Portál veřejné správy [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakonPar.jsp?page=0&idBiblio=79679&recShow=0&fulltext=&nr=78~2F2013&part=&name=&rpp=15#parCnt>

### A.

- Pasivnidomy.cz - Architektura pasivního domu, 2014. Pasivnidomy.cz [online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/architektura-pasivniho-domu/t4026?s=102>

### B.

- BELICA, Petr a Libor LENŽA, 2006. Průvodce energetickými úsporami a obnovitelnými zdroji energie. 1. vyd. Lanškroun: Regionální energetické centrum ve spolupráci s TG Tisk, 88 s., viii s. barev. obr. příl. ISBN 80-903-6801-8
- BOHUSLÁVEK, Petr, 2013. Spuštěna Nová zelená úsporám 2013. TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/10033-spustena-nova-zelena-usporam-2013>
- BOYLE, Godfrey, 1996. Renewable energy: power for a sustainable future. Oxford: Oxford University Press in association with the Open University, xii, 479 p. ISBN 01-985-6451-1.

### C.

- Co je pasivní dům : ATREA, © 1998-2011-2014. Domy.atrea.cz [online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://domy.atrea.cz/cz/co-je-pasivni-dum>
- Centrum pasivního domu - Větrání (a vytápění), 2014. Centrum pasivního domu [online]. [cit. 2014-09-16]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapeni/t4029?s=102>
- Centrum úsporného větrání - Časté dotazy, 2014 | Centrum-usporneho-vetrani [online]. [cit. 2014-10-14]. Dostupné z: [http://www.centrum-usporneho-vetrani.cz/caste-dotazy#Jak\\_casto\\_musi\\_byt\\_meneny\\_filtry\\_ve\\_vetraci\\_jednotce\\_s\\_rekuperaci\\_tepla](http://www.centrum-usporneho-vetrani.cz/caste-dotazy#Jak_casto_musi_byt_meneny_filtry_ve_vetraci_jednotce_s_rekuperaci_tepla)
- ČEZ - Jak funguje větrná elektrárna | Obnovitelné zdroje, © 2014. Skupina ČEZ. Cez.cz [online]. [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/vitr/flash-model-jak-funguje-vetrna-elektrarna.html>
- ČSN 06 0210, 1993. VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT BUDOV PŘI ÚSTŘEDNÍM VYTÁPĚNÍ. Český normalizační institut,.
- ČSN 73 0540-1, 2005. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,
- ČSN 73 0540-2, 2011. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,
- ČSN 73 0540-3, 2005. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví,
- ČSN EN 12831 06 0206, 2005. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. © Český normalizační institut.

### D.

- DADEBY, Janet and Cotterell Adam, 2012. The passivhaus handbook: a practical guide to constructing and retrofitting buildings for ultra-low energy performance. Totnes, Devon: Green Books,. ISBN 978-085-7840-196.
- DANIEL, David. 2010 Tepelná čerpadla: Jak vybrat správný model? | Nazeleno.cz. Nazeleno.cz [online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné



z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-jak-vybrat-spravny-model.aspx>

- DUFKA, Jaroslav. 2003. Vytápění netradičními zdroji tepla. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 110 s. ISBN 80-730-0079-2.

## **E.**

- Energia - Tepelné čerpadlo zem/voda: výhody a nevýhody, 2012. Zemný plyn a teplo | komplexne a vecne. Energia.sk[online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://www.energia.sk/otazka/zemny-plyn-a-teplo/tepelne-cerpadlo-zem-voda-vyhody-a-nevyhody/6139/>
- EUROPA - Nařízení, směrnice a další právní akty. 2010 Europa [online]. [cit. 2014-11-16]. Dostupné z: [http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index\\_cs.htm#30](http://europa.eu/eu-law/decision-making/legal-acts/index_cs.htm#30)

## **H.**

- HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART, 2013. Pasivní domy z přírodních materiálů. 1. vyd. Praha: Grada, 157 s. ISBN 978-80-247-4243-4.
- HUDEC, Mojmír, 2008. Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět. 1. vyd. Praha: Grada, 108 s. ISBN 978-80-247-2555-0.

## **I.**

- Isofenenergy - Fotovoltaika - sluneční záření v České republice, 2009. Isofenenergy [online]. [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

## **J.**

- JANÍČEK, František, 2007. Slovenská technická univerzita (Bratislava,Slovensko). Fakulta elektrotechniky a informatiky. Obnovitelné zdroje energie 1: Technológie pre udržateľnú budúcnosť. Bratislava: Renesans.

## K.

- KARLÍK, Robert, 2009. Tepelné čerpadlo pro váš dům. 1. vyd. Praha: Grada, 109 s. ISBN 978-80-247-2720-2.
- KULHÁNEK, František, Jan Tywoniak, 1999. České vysoké učení technické v Praze. Stavební fakulta. Stavební Fyzika 20: Stavební Tepelná Technika : Pomůcka Pro Cvičení 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT.
- KUSALA, Jaroslav, 2006. Solární energie. Cez - Solární energie [online]. Součást vzdělávacího programu Svět energie. [cit. 2014-10-22]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k12.htm#model>

## M.

- MASTNÝ, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jan MACHÁČEK, Michal PTÁČEK, Lukáš RADIL, Tomáš BARTOŠÍK a Tomáš PAVELKA, 2011. Obnovitelné zdroje elektrické energie. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2
- MATUŠKA, PH.D., Doc. Ing. Tomáš, ©2001-2014. Typy solárních kolektorů - TZB-info.. TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-22]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- MURTINGER, Karel a Jan TRUXA, 2010. Solární energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: Computer Press, 107 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-3241-8.
- MURTINGER, Karel a Jan TRUXA, 2006. Solární energie pro váš dům. 2. vyd. Brno: ERA, vi, 92 s. 21. století. ISBN 80-736-6076-8.
- MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ, 2008. Energie z biomasy. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, vi, 92 s. 21. století. ISBN 978-80-7366-115-1
- MURTINGER, Karel, 2008. Solární energie – kolik kWh lze získat? Výhody a nevýhody. Nazeleno.cz. Nazeleno[online]. [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: [http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/chap\\_58/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx](http://www.nazeleno.cz/energie/solarni-energie/chap_58/solarni-energie-kolik-kwh-lze-ziskat-vyhody-a-nevyhody.aspx)
- MURTINGER, Karel, 2014. Vše, co potřebujete vědět o větrání s rekuperací tepla | Nazeleno.cz.. Na zeleno [online]. [cit. 2014-10-13]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/stavba/rekuperace/vse-co-potrebuji-vedet-o-vetrani-s-rekuperaci-tepla.aspx>

## N.

- NAGY, Eugen, 2009. Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům. Bratislava: Jaga group, 207 s. ISBN 978-80-8076-077-9
- NAGY, Eugen, 2002. Nízkoenergetický ekologický dům. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 289 s. ISBN 80-889-0574-5.
- Nazeleno.cz - Větrné elektrárny, malé, energie, kWh. 2008. Nazeleno [online]. [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vetrna-energie/>
- NELSON, Vaughn, ©2011. Introduction to renewable energy. Boca Raton, FL: CRC Press, xxiii, 384 p. Energy and the environment (Boca Raton, Fla.). ISBN 14-398-3449-0.
- Nová zelená úsporám, 2013. O programu - Nová zelená úsporám 2013. 2013 [online]. [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.nzu2013.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/o-programu/>

## P.

- PAPEŽ, Karel a Kristýna SMUTNÁ, 2011. Energie země a její využití pro předehřev a předchlazení větracího vzduchu. Český instalatér. č. 6., TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-21] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/technicke-zarizeni-budov-v-ned-a-epd/8357-energie-zeme-a-jeji-vyuziti-pro-predehrev-a-predchlazeni-vetraciho-vzduchu>
- PASIVNÍ STAVBY s.r.o. - pasivní domy, nízkoenergetické stavby, Zlín, ©2009. Pasivni-stavby.com [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm>
- POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ, 2008. Úsporný dům. 2., aktualiz. vyd. Brno: ERA, x, 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1
- POHOŘELÝ, Michael, JEREMIÁŠ, Michal, 2010. Zplyňování biomasy – možnosti uplatnění. (kolektiv autorů), Výsledky výzkumu, vývoje a inovací pro obnovitelné zdroje energie (OZE 2010) [cit. 2014-11-21]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovani-biomasy-moznosti-uplatneni>

- PONCAROVÁ, Jana, 2011. Vybíráme tepelné čerpadlo: Jaká kritéria sledovat? - TZB-info<. TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/7216-vybirame-tepelne-cerpadlo-jaka-kriteria-sledovat>
- PREGIZER, Dieter, 2009. Zásady pro stavbu pasivního domu. 1. vyd. Praha: Grada, 126 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2431-7.

## Q.

- QUASCHNING, Volker, 2010. Obnovitelné zdroje energií. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- QUASCHNING, Volker, ©2010. Renewable energy and climate change. Hoboken, N.J.: Wiley, xii, 308 p. ISBN 978-047-0747-070.

## R.

- ROSOCHATECKÁ, Eva, 2010. Ekonomika podniků. Vyd. 9. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 209 s. ISBN 978-80-213-1892-2.

## S.

- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov, 2010. In: úřední věstník Evropské unie. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&qid=1416063261896&from=CS>
- Směrnice Ministerstva životního prostředí č. 9/2013 o poskytování finančních prostředků v rámci programu Nová zelená úsporám 2013, 2013. In: <http://www.nzu2013.cz/prilohy-ii-smernice-mzp-c-9-2013/>. Ministerstvo životního prostředí. [cit. 2014-02-06]. Dostupné z: <http://www.nzu2013.cz/prilohy-ii-smernice-mzp-c-9-2013/>
- SMOLA, Josef, 2011. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 352 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

- Solarnienergie.info - Výhody i nevýhody sluneční energie, 2008. Solární-energie.info. [online]. [cit. 2014-10-24]. Dostupné z: <http://www.solarni-energie.info/vyhody.php>
- SRDEČNÝ, Karel a Jan TRUXA, 2005. Tepelná čerpadla. 1. vyd. Brno: ERA, vi, 68 s. ISBN 80-7366-031-8
- SRDEČNÝ, Karel, 2006. Energeticky soběstačný dům - realita, či fikce?. 1. vyd. Brno: ERA, viii, 92 s. 21. století. ISBN 80-736-6052-0.
- STERN, Michael, 2008. Tepelná čerpadla: ideální řešení pro rodinný dům? | Nazeleno.cz. Nazeleno.cz [online]. [cit. 2014-10-25]. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/tepelna-cerpadla/tepelna-cerpadla-idealni-reseni-pro-rodinny-dum.aspx>
- STUPAVSKÝ, Vladimír, 2010a. Zplynovací kotel na kusové dřevo, polena a dřevěné brikety. Biom.cz [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/zplynovaci-kotel-na-kusove-drevo-polena-a-drevene-brikety>>. ISSN: 1801-2655
- STUPAVSKÝ, Vladimír, 2010b. Kotel na pelety - peletový kotel pro ústřední vytápění. Biom.cz [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kotel-na-pelety-peletovy-kotel-pro-ustredni-vytapeni>>. ISSN: 1801-2655
- STUPAVSKÝ, Vladimír, 2012. O vytápění biomasou od A až do Z - TZB-info. TZB-info [online]. [cit. 2014-10-14]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/8814-o-vytapeni-biomasou-od-a-az-do-z>
- ŠUBRT, Tomáš et al., 2007. Ekonomicko matematické metody II: aplikace a cvičení. Vyd. 2. Praha: ČZU PEF Praha. 152 s. ISBN 978-80-213-0721-6.
- ŠUBRT, Tomáš a kol., 2011. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

## T.

- Tepelná čerpadla IVT - Časté dotazy; © 2003-2014. Cerpadla-ivt [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://www.cerpadla-ivt.cz/cz/caste-dotazy>
- ThermWet - O rekuperaci. 2014. ThermWet [online]. [cit. 2014-09-16]. Dostupné z: <http://thermwet.cz/o-rekuperaci>

- TYWONIAK, Jan, 2005. Nízkoenergetické domy: principy a příklady. 1. vyd. Praha: Grada, 193 s. ISBN 80-247-1101-X.
- Tzb-info - Novinka na trhu s biomasou - jarní ceny pelet jednotné pro celou ČR, 2010. Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6422-novinka-na-trhu-s-biomasou-jarni-ceny-pelet-jednotne-pro-celou-cr>. TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-15]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa/6422-novinka-na-trhu-s-biomasou-jarni-ceny-pelet-jednotne-pro-celou-cr>
- Tzb-info - Větrací jednotky; rekuperace tepla, optimalizace vlhkosti, 2013. TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-21]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/10635-rizene-vetrani-s-rekuperaci-tepla-pro-rodinne-domy-a-byty-ii>
- Tzb-info - Větrání - nedílná součást moderního života, 2014. Tzb-info.cz [online]. [cit. 2014-09-16]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/rekuperace-tepla/11211-vetrani-nedilna-soucast-moderniho-zivota>
- TZB-info - Biomasa, ©2001 – 2014. TZB-INFO [online]. [cit. 2014-10-18]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/biomasa>

## V.

- VALACH, Josef, 1999. Finanční řízení podniku. 2. aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 324 s. ISBN 80-861-1921-1.
- VALACH, Josef a kol, 2010. Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 513 s. ISBN 978-80-86929-71-2.
- VELFEL, Petr, 2010. Energie pro rodinný dům. 1. vyd. Hradec Králové: Paradise Studio, 173 s. ISBN 978-80-254-7679-6
- Vše o nízkoenergetickém domě, 2008. Bratislava: JAGA Group, ISSN 1335-9177.
- Vše o stavbě energeticky úsporného domu, 2010. Bratislava: JAGA Group, X, č. 1. ISSN 1335-9177.
- Vše o úsporách energie, 2011. Bratislava: Jaga Group, s.r.o., XI., č. 1. ISSN 1335-9177

- Vše o úsporách energií, Renovujeme, stavíme, zařizujeme, 2007. Překlad Markéta Teuchnerová. Bratislava: Jaga, roč. 8. ISSN 1335-9177.

## **Z.**

- ZIZKA, Martin, © 2013. Webove infolisty 02 - technické řešení. Centrum pasivního domu,
- ZMRHAL, Vladimír, 2014. Větrání rodinných a bytových domů. 1. vyd. Praha: Grada, 93 s. Profi. ISBN 978-80-247-4573-2.

## 8 Seznam tabulek, grafů a obrázků

### Seznam tabulek

Tabulka 1 - Základní vlastnosti pasivního domu.....	23
Tabulka 2 - Výhody a nevýhody TP vzduch/voda .....	31
Tabulka 3 - Výhody a nevýhody TP země/voda.....	31
Tabulka 4 - Výhody a nevýhody TP voda/voda .....	31
Tabulka 5 - Výhody a nevýhody solárních kolektorů.....	37
Tabulka 6 - Obsah prchavé hořlaviny pro různá paliva.....	39
Tabulka 7 - Výhody a nevýhody kotle na pelety .....	43
Tabulka 8 – Výhody a nevýhody zplyňovacího kotle .....	44
Tabulka 9 - Výhody a nevýhody rekuperace tepla .....	48
Tabulka 10 - Výhody a nevýhody zemního výměníku.....	50
Tabulka 11 - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů .....	53
Tabulka 12 - Výstavba RD s velmi nízkou energetickou náročností .....	54
Tabulka 13 - Efektivní využití zdrojů tepla C.1 .....	55
Tabulka 14 – Efektivní využití zdrojů tepla C.2.....	56
Tabulka 15 - Solární systémy .....	57
Tabulka 16 – Podmínky pro poskytnutí dotace .....	57
Tabulka 17 - Součinitel prostupu tepla - stěna ochlazovaná .....	60
Tabulka 18 - Součinitel prostupu tepla - stěna neochlazovaná.....	61
Tabulka 19 – Součinitel prostupu tepla – okno, dveře vnitřní, dveře domovní.....	61
Tabulka 20 - Součinitel prostupu tepla - střecha .....	61
Tabulka 21 - Součinitel prostupu tepla - podlaha.....	62
Tabulka 22 – Tepelné ztráty jednotlivých místností.....	64
Tabulka 23 - Investiční náklady - plynový kotel .....	66
Tabulka 24 - Provozní náklady - plynový kotel .....	67
Tabulka 25 - Investiční náklady - kotel na pelety.....	68
Tabulka 26 - Provozní náklady - kotel na pelety .....	69
Tabulka 27 – Cash – flow kotle na pelety .....	72
Tabulka 28 – Investiční náklady - kotel na pelety .....	75
Tabulka 29 - Provozní náklady - TP země/voda.....	76



Tabulka 30 - Cash – flow - tepelné čerpadlo země/voda.....	78
Tabulka 31 - Investiční náklady tepelné čerpadlo vzduch/voda.....	81
Tabulka 32 - Provozní náklady tepelné čerpadlo vzduch/voda .....	82
Tabulka 33 – Cash – flow tepelné čerpadlo vzduch/voda .....	84
Tabulka 34 - Investiční náklady solární kolektory .....	87
Tabulka 35 – Solární zisky .....	89
Tabulka 36 - Provozní náklady - solární kolektory .....	91
Tabulka 37 – Cash – flow solární kolektory.....	93
Tabulka 38 - kritériální matice.....	96
Tabulka 39 – Saatyho matice preferencí.....	96
Tabulka 40 - Výpočet vah.....	97
Tabulka 41 – Kritériální matice s váhami.....	98
Tabulka 42 – Ideální a bazální varianta .....	99
Tabulka 43 - Upravená matice vstupních dat .....	99
Tabulka 44 – Standardizovaná kritériální matice R.....	100
Tabulka 45 - Pořadí variant .....	100
Tabulka 46 - Investiční náklady s dotací .....	101
Tabulka 47 – Souhrn hodnocení investic bez zahrnutí dotace.....	102
Tabulka 48 – Souhrn hodnocení investic s využitím dotace .....	103
Tabulka 49 – Tepelná ztráta - zádveří .....	124
Tabulka 50 – Tepelná ztráta – komora/dílna .....	125
Tabulka 51 – Tepelná ztráta – technická místnost.....	126
Tabulka 52 – Tepelná ztráta – koupelna + WC .....	127
Tabulka 53 – Tepelná ztráta - chodba.....	128
Tabulka 54 – Tepelná ztráta - spíž.....	129
Tabulka 55 – Tepelná ztráta - schodiště .....	130
Tabulka 56 – Tepelná ztráta – obývací pokoj + kuchyň.....	131
Tabulka 57 – Tepelná ztráta - chodba.....	132
Tabulka 58 – Tepelná ztráta – pokoj 1 .....	133
Tabulka 59 – Tepelná ztráta – pokoj 2 .....	135
Tabulka 60 – Tepelná ztráta – koupelna + WC (2NP) .....	136
Tabulka 61 – Tepelná ztráta - šatna .....	137

Tabulka 62 – Tepelná ztráta - ložnice.....	138
Tabulka 63 – Tepelná ztráta - komora .....	139

### **Seznam grafů**

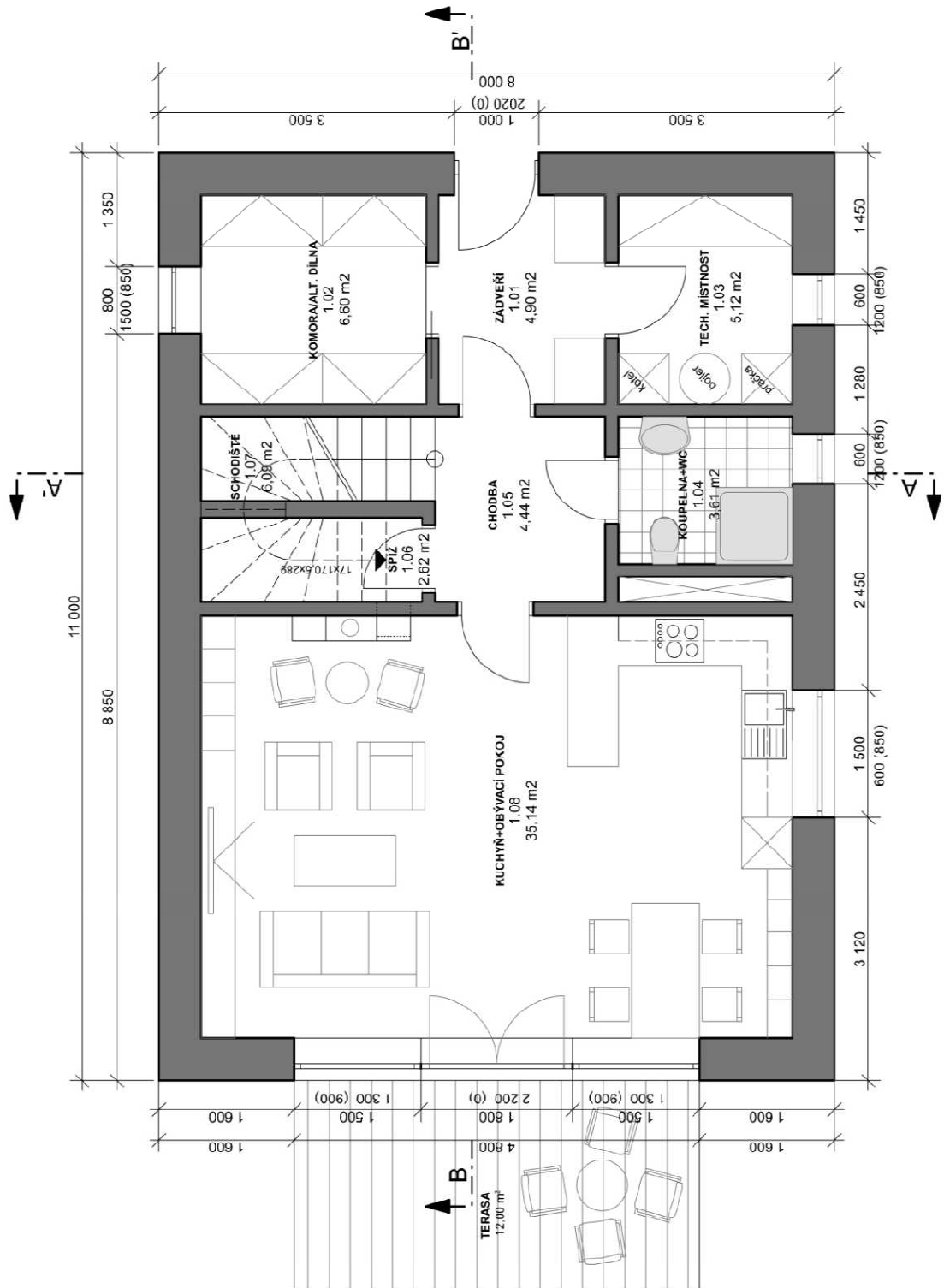
Graf 1 - Tepelná ztráta budovy .....	65
Graf 2 - Investiční náklady na peletový kotel.....	68
Graf 3 - Provozní náklady kotle na pelety .....	69
Graf 4 – Porovnání nákladů u kotle na pelety .....	70
Graf 5 – Investiční náklady tepelného čerpadlo země – voda .....	76
Graf 6 - Porovnání nákladů u tepelného čerpadla země – voda .....	77
Graf 7 - Investiční náklady tepelného čerpadla vzduch/voda.....	82
Graf 8 – Porovnání nákladů u tepelného čerpadla vzduch - voda .....	83
Graf 9- Investiční náklady solárních kolektorů .....	88
Graf 10 – Bilance energií pro využití solárních kolektorů .....	90
Graf 11 - Porovnání nákladů solárních kolektorů.....	92
Graf 12 - Investiční náklady zdrojů vytápění .....	101
Graf 13 – Provozní náklady zdrojů tepla .....	102

### **Seznam obrázků**

Obrázek 1 – Měrná spotřeba tepla na vytápění.....	22
Obrázek 2 - Ideální umístění domu na pozemku .....	25
Obrázek 3 - Vliv tvaru objektu na tepelné ztráty.....	26
Obrázek 4 - Mapa slunečního svitu v ČR.....	34
Obrázek 5 - Roční úhrn globálního slunečního záření v ČR [W/m <sup>2</sup> ] .....	34
Obrázek 6 - Doplnování pelet a systém vytápění .....	42
Obrázek 7 - Zplyňovací kotel na kusové dřevo a brikety.....	44
Obrázek 8 - Systém rekuperace tepla .....	46
Obrázek 9 - Půdorys 1 NP .....	121
Obrázek 10 - Půdorys 2 NP .....	122
Obrázek 11 – Perspektivní pohled na objekt pasivního rodinného domu .....	123

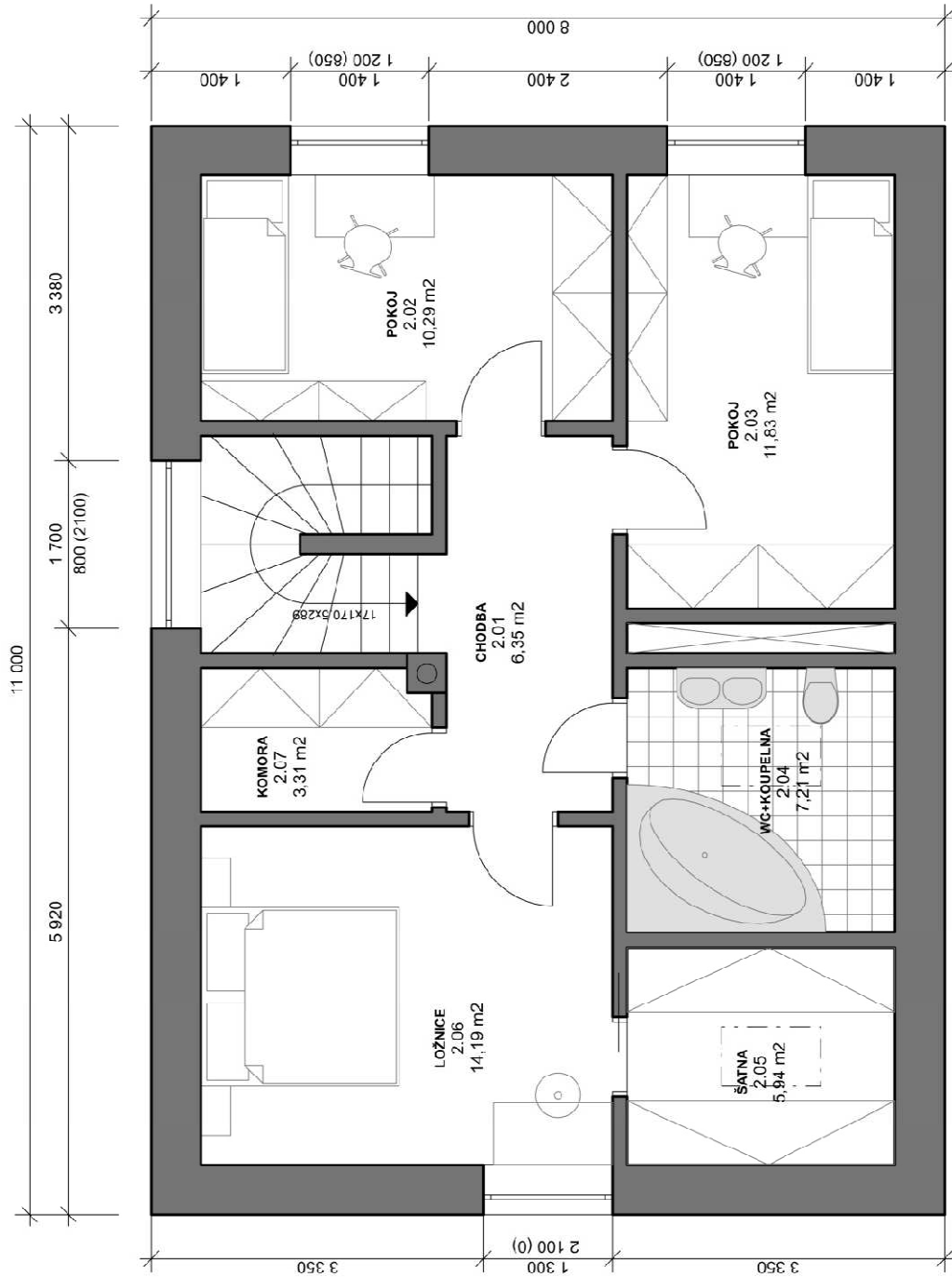
# 9 Přílohy

## 9.1 Půdorys 1 NP



Obrázek 9 - Půdorys 1 NP

## 9.2 Půdorys 2 NP



Obrázek 10 - Půdorys 2 NP

### 9.3 Perspektivní pohled na objekt pasivního rodinného domu



Obrázek 11 – Perspektivní pohled na objekt pasivního rodinného domu

### 9.4 Popis pojmů

SO – stěna ochlazovaná – stěna oddělující vnitřní prostor od vnějšího (obvodová)

SN – stěna neochlazovaná – stěna oddělující vnitřní vytápěný prostor od vnitřního nevytápěného prostoru. Rozdíl teplot do 5 °C

OT – okno s izolačním trojsklem (střešní okno)

DN – dveře neochlazované – dveře oddělující vnitřní vytápěný prostor od vnitřního nevytápěného prostoru. Rozdíl teplot do 5 °C

DO – dveře ochlazované – dveře oddělující vnitřní prostor od vnějšího

SCH – střecha

PDL – podlaha

## 9.5 Výpočet tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti

### Název místnosti: 1.01 – zádveří

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: S přírážka p3 =	0,1

### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	2,5 m
Půdorysný rozměr b:	1,9 m
Půdorysná plocha místnosti:	4,75 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	12,11 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 49 – Tepelná ztráta - zádveří**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	30	0,15	1,97	2,75	5,4	2,0	3,4	15,4
DO	1	30	2,30	1,00	2,00	2,0	0,0	2,0	138,0
PDL	1	10	0,14	2,50	1,90	4,8	0,0	4,8	6,7

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	160 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,525 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	189 W
Tepelná ztráta větráním QV	65,61 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>254 W</b>

**Název místnosti 1.02 – komora/dílňa**

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: SZ přírážka p3 =	0,05

**Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	2,45 m
Půdorysný rozměr b:	2,7 m
Půdorysná plocha místnosti:	6,615 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	16,87 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 h

**Tabulka 50 – Tepelná ztráta – komora/dílňa**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	30	0,15	5,14	2,75	14,1	1,2	12,9	58,2
OT	1	30	0,60	0,80	1,50	1,2	0,0	1,2	21,6
PDL	1	10	0,14	2,45	2,70	6,6	0,0	6,6	9,3

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem $Q_p$	89 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,143 W/m <sup>2</sup> K
$Q_p$ včetně přírážek	95 W
Tepelná ztráta větráním $Q_v$	91,37 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>187 W</b>

### Název místnosti 1.03 – technická místnost

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: SV přírážka p3 =	0,05

### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	2,5 m
Půdorysný rozměr b:	2,05 m
Půdorysná plocha místnosti:	5,125 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	13,07 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 51 – Tepelná ztráta – technická místnost**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	30	0,15	4,55	2,75	12,5	0,7	11,8	53,1
OT	1	30	0,60	0,60	1,20	0,7	0,0	0,7	13,0
PDL	1	10	0,14	2,50	2,05	5,1	0,0	5,1	7,2

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	73 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,138 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	78 W
Tepelná ztráta větráním QV	70,79 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>149 W</b>



### Název místnosti 1.04 – koupelna + WC

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	24 °C
Orientace místnosti: V přírážka p3 =	0,05

#### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	1,75 m
Půdorysný rozměr b:	2,06 m
Půdorysná plocha místnosti:	3,605 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,3 m
Objem místnosti:	8,292 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 52 – Tepelná ztráta – koupelna + WC**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	39	0,15	1,75	2,75	4,8	0,7	4,1	23,9
OT	1	39	0,60	0,60	1,20	0,7	0,0	0,7	16,8
PDL	1	19	0,14	1,75	2,06	3,6	0,0	3,6	9,6
SN	1	9	1,55	2,50	2,05	5,1	1,0	4,1	57,5
DN	1	9	2,00	0,70	2,00	1,4	0,0	1,4	25,2

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	133 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,245 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	145 W
Tepelná ztráta větráním QV	58,39 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>203 W</b>

**Název místnosti 1.05 – chodba**

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: S přírážka p3 =	0,10

**Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	2 m
Půdorysný rozměr b:	2,2 m
Půdorysná plocha místnosti:	4,4 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	11,22 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 53 – Tepelná ztráta - chodba**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
PDL	1	10	0,14	2,00	2,20	4,4	0,0	4,4	6,2

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	6 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,140 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	7 W
Tepelná ztráta větráním QV	20,26 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>27 W</b>

### Název místnosti 1.06 – spíž

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: Z přírážka p3 =	0,00

### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	1 m
Půdorysný rozměr b:	2,6 m
Půdorysná plocha místnosti:	2,6 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	6,63 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 54 – Tepelná ztráta - spíž**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	30	0,15	1,00	2,50	2,5	0,0	2,5	11,3
PDL	1	10	0,14	1,00	2,06	2,1	0,0	2,1	2,9

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	14 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,103 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	14 W
Tepelná ztráta větráním QV	35,91 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>50 W</b>

### Název místnosti 1.07 – schodiště

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: Z přírážka p3 =	0,00

### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	2,2 m
Půdorysný rozměr b:	2,77 m
Půdorysná plocha místnosti:	6,094 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	15,54 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

### **Tabulka 55 – Tepelná ztráta - schodiště**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	30	0,15	2,20	4,50	9,9	1,4	8,5	38,4
OT	1	30	0,60	0,80	1,70	1,4	0,0	1,4	24,5
PDL	1	10	0,14	1,00	2,77	2,8	0,0	2,8	3,9
SCH	1	30	0,12	3,00	2,20	6,6	0,0	6,6	23,8

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	91 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,157 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	93 W
Tepelná ztráta větráním QV	84,17 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>177 W</b>

### Název místnosti 1.08 – obývací pokoj + kuchyň

Poloha v objektu:	1 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	20 °C
Orientace místnosti: V přírážka p3 =	0,05

#### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	5,02 m
Půdorysný rozměr b:	7 m
Půdorysná plocha místnosti:	35,14 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,75 m
Světlá výška místnosti:	2,55 m
Objem místnosti:	89,61 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 56 – Tepelná ztráta – obývací pokoj + kuchyň**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SO	1	35	0,15	17,04	2,75	46,9	8,8	38,1	200,0
OT	2	35	0,60	1,50	1,30	3,9	0,0	7,8	163,8
OT	1	35	0,60	1,80	2,20	4,0	0,0	4,0	83,2
OT	1	35	0,60	1,50	0,60	0,9	0,0	0,9	18,9
PDL	1	15	0,14	5,02	7,00	35,1	0,0	35,1	73,8
SN	1	5	1,55	4,80	2,75	13,2	1,0	12,2	94,6
DN	1	5	2,00	0,90	2,00	1,8	0,0	1,8	18,0

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	652 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,187 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	703 W
Tepelná ztráta větráním QV	566,3 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>1269 W</b>

### **Název místnosti 2.01 – chodba**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: S přírážka p3 =	0,10

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	3,8 m
Půdorysný rozměr b:	1,67 m
Půdorysná plocha místnosti:	6,346 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	14,91 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

### **Tabulka 57 – Tepelná ztráta - chodba**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	30	0,12	3,80	1,67	6,3	0,0	6,3	22,8

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	23 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,120 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	26 W
Tepelná ztráta větráním QV	80,78 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>106 W</b>

### **Název místnosti 2.02 – pokoj 1**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	20 °C
Orientace místnosti: SZ přírážka p3 =	0,05

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	2,48 m
Půdorysný rozměr b:	4,15 m
Půdorysná plocha místnosti:	10,29 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	24,19 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 58 – Tepelná ztráta – pokoj 1**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	35	0,12	4,70	2,48	11,7	0,0	11,7	49,0
SO	1	35	0,15	2,48	1,50	3,7	0,0	3,7	19,5
SO	1	35	0,15	4,15	2,50	10,4	1,7	8,7	45,6
OT	1	35	0,60	1,40	1,20	1,7	0,0	1,7	35,3
SN	1	5	1,55	4,15	2,50	10,4	1,6	8,8	68,0
DN	1	5	2,00	0,80	2,00	1,6	0,0	1,6	16,0

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	233 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,185 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	252 W
Tepelná ztráta větráním QV	152,8 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>404 W</b>

### **Název místnosti 2.03 – pokoj 2**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	20 °C
Orientace místnosti: SV přírážka p3 =	0,05

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	2,38 m
Půdorysný rozměr b:	4,38 m
Půdorysná plocha místnosti:	10,42 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	24,5 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h



**Tabulka 59 – Tepelná ztráta – pokoj 2**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	35	0,12	3,25	4,38	14,2	0,0	14,2	59,8
SO	1	35	0,15	2,70	2,50	6,8	0,0	6,8	35,4
SO	1	35	0,15	4,38	1,50	6,6	1,7	4,9	25,7
OT	1	35	0,60	1,40	1,20	1,7	0,0	1,7	35,3
SN	1	5	1,55	1,75	2,50	4,4	1,6	2,8	21,5
DN	1	5	2,00	0,80	2,00	1,6	0,0	1,6	16,0

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	194 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,173 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	208 W
Tepelná ztráta větráním QV	154,8 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>363 W</b>

### Název místnosti 2.04 – koupelna + WC

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	24 °C
Orientace místnosti: V přírážka p3 =	0,05

### Rozměry místnosti:

Půdorysný rozměr a:	2,67 m
Půdorysný rozměr b:	2,7 m
Půdorysná plocha místnosti:	7,209 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	16,94 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 60 – Tepelná ztráta – koupelna + WC (2NP)**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	39	0,12	3,25	2,67	8,7	0,6	8,1	37,8
SO	1	39	0,15	2,67	1,50	4,0	0,0	4,0	23,4
OT	1	39	0,60	0,60	1,00	0,6	0,0	0,6	14,0
SN	1	9	1,55	1,45	2,50	3,6	1,6	2,0	28,2
DN	1	9	2,00	0,80	2,00	1,6	0,0	1,6	28,8
SN	1	4	1,55	6,60	2,50	16,5	0,0	16,5	102,3

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	235 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,183 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	253 W
Tepelná ztráta větráním QV	119,3 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>372 W</b>

### **Název místnosti 2.05 – šatna**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: JV přírážka p3 =	0,00

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	2,2 m
Půdorysný rozměr b:	2,7 m
Půdorysná plocha místnosti:	5,94 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	13,96 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 61 – Tepelná ztráta - šatna**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	35	0,12	3,25	2,20	7,2	0,6	6,6	27,5
SO	1	35	0,15	2,70	2,50	6,8	0,0	6,8	35,4
SO	1	35	0,15	2,20	1,50	3,3	0,6	2,7	14,2
OT	1	35	0,60	0,60	1,00	0,6	0,0	0,6	12,6

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	90 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,154 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	92 W
Tepelná ztráta větráním QV	88,21 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>180 W</b>

### **Název místnosti 2.06 – ložnice**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	20 °C
Orientace místnosti: JZ přírážka $p_3 =$	0,00

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	3,42 m
Půdorysný rozměr b:	4,15 m
Půdorysná plocha místnosti:	14,19 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	33,35 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 62 – Tepelná ztráta - ložnice**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	35	0,12	4,70	3,40	16,0	2,7	13,3	55,7
SO	1	35	0,15	4,15	2,50	10,4	0,0	10,4	54,5
SO	1	35	0,15	3,42	1,50	5,1	2,7	2,4	12,6
OT	1	35	0,60	1,30	2,10	2,7	0,0	2,7	57,3
SN	1	5	1,55	6,35	2,50	15,9	3,2	12,7	98,2
DN	2	5	2,00	0,80	2,00	3,2	0,0	6,4	64,0

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	342 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,204 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	353 W
Tepelná ztráta větráním QV	210,8 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>564 W</b>

### **Název místnosti 2.07 – komora**

Poloha v objektu:	2 NP
Venkovní výpočtová teplota: $\theta_e =$	-15 °C
Vnitřní výpočtová teplota: $\theta_i =$	15 °C
Orientace místnosti: Z přírážka p3 =	0,00

### **Rozměry místnosti:**

Půdorysný rozměr a:	1,45 m
Půdorysný rozměr b:	2,3 m
Půdorysná plocha místnosti:	3,335 m <sup>2</sup>
Konstrukční výška:	2,5 m
Světlá výška místnosti:	2,35 m
Objem místnosti:	7,837 m <sup>3</sup>
Teplota větracího vzduchu:	-15 °C
Intenzita výměny vzduchu	0,5 /h

**Tabulka 63 – Tepelná ztráta - komora**

Typ konstrukce	Počet	$\theta_i - \theta_{e,i}$ [°C]	U [W/m <sup>2</sup> K]	Délka [m]	Výška [m]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Plocha výplně [m <sup>2</sup> ]	Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	Tepelná ztráta Q [W]
SCH	1	35	0,12	4,70	1,45	6,8	0,0	6,8	28,6
SO	1	35	0,15	1,45	1,50	2,2	0,0	2,2	11,4

Zdroj: vlastní výpočty

Tepelná ztráta prostupem QP	40 W
Průměrný součinitel prostupu tepla:	0,127 W/m <sup>2</sup> K
QP včetně přírážek	41 W
Tepelná ztráta větráním QV	49,53 W
<b><u>Celková tepelná ztráta místnosti</u></b>	<b>90 W</b>

## 9.6 Technické parametry a ceníky – praktická část

- Atmos -Kotle na pelety | ATMOS - jeden z největších evropských výrobců kotlů na tuhá paliva. *Atmos* [online]. - [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- Viadrus.cz - Kondenzační kotel Claudius K2L, 2013. Viadrus [online]. 2013 [cit. 2014-11-27]. Dostupné z:<http://www.viadrus.cz/kondenzacni-plynovove-kotle/kondenzacni-kotel-claudius-k2l-30-cz6.html>
- Ceny energie - Jaká je aktuální cena kWh a MWh elektřiny?, 2014. *Cenyenergie* [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/jaka-je-aktualni-cena-kwh-a-mwh-elektriny/>
- Tzb-info - Porovnání nákladů na vytápění TZB-info, ©2001-2014 . *Tzb-info* [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnaní-nakladu-na-vytapani-tzb-info>
- Ceníky řemesel - Topenáři | Ceníky Řemesel. [online]. - [cit. 2014-11-27]. Dostupné z:<http://www.cenikyremesel.cz/ceniky/topenari>
- Regulus - Tepelná čerpadla, 2014. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z:<http://www.regulus.cz/download/prospekty/cz/Tepelna-cerpadla-katalog-A4-CZ.pdf>
- Mastertherm - Tepelná čerpadla země - voda | MasterTherm™ tepelná čerpadla, 2012. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.mastertherm.cz/tepelna-cerpadla-zeme-voda>
- Studnarstviht - Tepelná čerpadla země - voda - Studnařství H&T s.r.o. - vrtané studny, vrty pro tepelná čerpadla, 2013. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.studnarstviht.cz/tepelna-cerpadla.html>

- Podlahovetopeni-moravia - Podlahové topení (TEPLOVODNÍ) vytápění cena 498,-Kč/m2, 2014 [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.podlahovetopeni-moravia.cz/>
- Propuls - Solární kolektory ceník, 2014. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.propuls.cz/solarni-kolektory-cenik.html>
- Deramax - MPPT solární regulátor (MPPT měnič) JUTA MPPT 20 | Deramax.cz, ©2004 – 2008. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/mppt-solarni-regulatormppt-menic-juta-mppt-20/d-73120/>
- Levneelektro - Nástěnné konvektory | levneELEKTRO.cz, ©2005 – 2014. [online]. [cit. 2014-11-27]. Dostupné z: [http://www.levneelektro.cz/s817-nastenne-konvektory?utm\\_source=seznam&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=OV-814:-Topidla,-kamna,-primotopy&utm\\_content=817:-elektricke-primotopy&gclid=CjwKEAiAhIejBRCKm\\_fTxIWyyXcSJABXY0XY2QBa5u3WpU7YslnqCIYmai-e0\\_A1X6W6bxGe28N6ghoCy23w\\_wcB](http://www.levneelektro.cz/s817-nastenne-konvektory?utm_source=seznam&utm_medium=cpc&utm_campaign=OV-814:-Topidla,-kamna,-primotopy&utm_content=817:-elektricke-primotopy&gclid=CjwKEAiAhIejBRCKm_fTxIWyyXcSJABXY0XY2QBa5u3WpU7YslnqCIYmai-e0_A1X6W6bxGe28N6ghoCy23w_wcB)