

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Diplomová práce

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

Bc. Jan Horák

vedoucí: Ing. Michal Malý, Ph.D

© 2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekonomiky

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jan Horák

Provoz a ekonomika

Název práce

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Název anglicky

Alternative energy concept of family house in the form of investment project

Cíle práce

Hlavním cílem práce je návrh investičně a provozně vyváženého řešení energetické koncepce konkrétního domu.

Díličí cíle:

- specifikace obecných požadavků budovy
- určení energetické náročnosti
- návrh technického zařízení budovy
- výpočet investičních a provozních nákladů
- analýza ekonomické návratnosti zvoleného řešení

Metodika

V teoretické části práce budou formou syntézy využívány dostupné literární prameny k vytvoření teoretického přehledu řešené problematiky, na který bude v následující praktické části navazovat vlastní analýza a hodnocení za použití následujících metod:

- metody technicko-technologických specifikací
- hodnocení investiční náročnosti a návratnosti
- kalkulace nákladů
- vícekriteriální optimalizace
- regresní a korelační analýza

Doporučený rozsah práce

50-60 str.

Klíčová slova

Alternativní zdroje energie, fotovoltaické systémy, biomasa, investice, náklady, zateplení budov

Doporučené zdroje informací

DUFKA, J. Hospodárné vytápění domů a bytů, 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. 112 stran. ISBN 80-247-2019-7.

KABELE, Karel. Energetické a ekologické systémy budov 1. Zdravotní technika. Vytápění, 2. vydání, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2008, ISBN: 978-80-01-03327-2

KLOZ, Martin. Využívání obnovitelných zdrojů energie: právní předpisy s komentářem. Praha: Linde, 2007, 511 s. ISBN 978-807-2016-709.

KOCOUREK, Martin. Fotovoltaika a růst cen elektřiny: sborník textů. Vyd. 1. Editor Marek Loužek. Praha: CEP – Centrum pro ekonomiku a politiku, 2010, 139 s. Ekonomika, právo, politika, č. 86/2010. ISBN 978-808-6547-978.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií: právní předpisy s komentářem. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Michal Malý, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2014

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 03. 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 25. 3. 2015

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Michalovi Malému, Ph.D za odborné vedení, vstřícnost a poskytnutí cenných rad pro zpracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. JUDr. Jaroslavu Musialovi za poskytnutí podkladových materiálů, zkušeností a celkovou podporu.

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Alternative energy concept of family house in the form of investment project

Souhrn

Diplomová práce s názvem „Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru“ se zabývá problematikou vytápění rodinného domu. Z hlediska zpracování je diplomová práce rozdělena do tří celků: metodické, teoretické a praktické části. V metodice jsou vysvětleny technické pojmy týkající se výpočtu tepelných ztrát, metod hodnocení ekonomické efektivity investic a vícekriteriální analýza variant. Teoretická část se zabývá charakteristikou jednotlivých obnovitelných zdrojů. Pozornost je věnována zejména těm, které souvisí s navrhovanými variantami. V praktické části byl zvolen konkrétní rodinný dům, u kterého byla podrobně popsána konstrukce, tepelně technické vlastnosti a tepelná ztráta objektu. Na základě těchto zjištěných informací byla navržena alternativní řešení energetické koncepce. Následně proběhlo vyhodnocení ekonomické návratnosti investičních variant. Výsledky ukázaly, že nejvýhodnější navrženou variantou je kotel na pelety v kombinaci s fotovoltaickými panely, které pomocí elektrického proudu ohřívají teplou vodu.

Klíčová slova

Alternativní zdroje energie, fotovoltaické systémy, biomasa, investice, náklady, zateplení budovy, kotel na pelety

Summary

The thesis titled "Alternative energy concept of family house in the form of investment project" deals with the issue of heating in a family house. In terms of processing thesis is divided into three parts: methodological, theoretical and practical parts. In the methodology are explained technical terms relating to the calculation of heat loss, methods to evaluate efficiency investments and multicriteria analysis of options. The theoretical part deals with the characteristics of individual renewable resources. Attention is devoted for those, which are related to the proposed options. In the practical part the specific house was elected, in which construction, thermal insulating properties and heat loss were described. Based on the gained information a new alternative energy concept was suggested. After that the economic returns of investment options were evaluated. Results pointed out a pellet boiler in combination with a photovoltaic panels that with electric current heat hot water, as the best option.

Keywords:

Alternative energy sources, photovoltaic systems, biomass, investment, costs, insulation of building, pellet boiler

Obsah

1 ÚVOD	11
2 CÍL PRÁCE	13
3 METODIKA.....	14
3.1 POUŽITÉ METODY:.....	15
3.1.1 <i>Analýza nashromážděných dat.....</i>	15
3.1.2 <i>Určení lokality a objektu.....</i>	15
3.1.3 <i>Výpočet tepelné ztráty budovy dle normy ČSN 06 0210:1994.....</i>	17
3.1.4 <i>Roční potřeba tepla pro vytápění</i>	20
3.1.5 <i>Denní potřeba tepla pro ohřev TV podle ČSN EN 15 316-3-1</i>	22
3.1.6 <i>Roční potřeba tepla pro ohřev TV podle ČSN EN 15 316-3-1.....</i>	22
3.2 POSOUZENÍ EKONOMICKÉ EFEKTIVNOSTI.....	23
3.2.1 <i>Prostá ekonomická návratnost</i>	23
3.2.2 <i>Diskontovaná doba návratnosti.....</i>	23
3.2.3 <i>Čistá současná hodnota (NPV).....</i>	24
3.3 METODY PRO VÍCEKTERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ	25
3.3.1 <i>Kvantitativní párové srovnávání kritérií (Saatyho metoda).....</i>	25
3.3.2 <i>Bodovací metoda.....</i>	27
4 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	28
4.1 VYMEZENÍ POJMŮ OBNOVITELNÉ ENERGIE	28
4.1.1 <i>Potenciál obnovitelných zdrojů.....</i>	29
4.2 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	31
4.2.1 <i>Fyzikálně-chemické třídění</i>	32
4.2.2 <i>Geologické třídění.....</i>	33
4.3 TEPELNÁ ČERPADLA	34
4.3.1 <i>Tepelné čerpadlo země/voda</i>	36
4.3.2 <i>Tepelné čerpadlo vzduch/voda.....</i>	37
4.3.3 <i>Tepelné čerpadlo voda/voda.....</i>	37
4.3.4 <i>Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch.....</i>	37
4.4 FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY	39
4.4.1 <i>Solární článek</i>	40
4.5 SLUNEČNÍ TERMICKÉ KOLEKTORY	43
4.5.1 <i>Ploché deskové</i>	43
4.5.2 <i>Ploché deskové – vakuové</i>	43

4.5.3 Trubicové vakuové.....	43
4.5.4 Trubicové vakuové – kondenzační.....	44
4.6 ENERGIE BIOMASY	45
4.6.1 Dřevo	45
4.6.2 Palivové dřevo	46
4.6.3 Krby a kamna.....	46
4.6.4 Pelety.....	47
4.6.5 Kamna na pelety.....	47
4.6.6 Kotle na pelety.....	48
4.6.7 Kotle na dřevo	49
4.7 NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM.....	50
5 PRAKTICKÁ ČÁST.....	52
5.1 POLOHA A POPIS RODINNÉHO DOMU.....	52
5.1.1 Základy	54
5.1.2 Suterén (1.PP).....	54
5.1.3 Obytné podlaží (1.NP).....	54
5.1.4 Zastřešení	55
5.1.5 Vytápění domu	55
5.1.6 Ohřev teplé vody.....	56
5.1.7 Tepelné ztráty objektu.....	57
5.1.8 Průměrné roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody	58
5.2 VARIANTA A VYTÁPĚNÍ POMOCÍ KOTLE NA PELETY (DŘEVO) V KOMBINACI S FOTOVOLTAICKÝMI PANELE	60
5.2.1 Kotel na pelety.....	60
5.2.2 Technické údaje kotle na pelety	60
5.2.3 Solární panely.....	62
5.2.4 Technické údaje o solární sestavě a kalkulace	63
5.2.5 Návrh investice do kotle na pelety spolu s fotovoltaickými panely.....	64
5.3 VARIANTA B VYTÁPĚNÍ POMOCÍ TEPELNÉHO ČERPADLA ZEMĚ - VODA	67
5.3.1 Technické údaje tepelného čerpadla země-voda.....	68
5.3.2 Návrh investice do kondenzačního kotle.....	70
5.4 VARIANTA C VYTÁPĚNÍ POMOCÍ PLYNOVÉHO KONDENZAČNÍHO KOTLE	73
5.4.1 Technické údaje plynového kotle.....	74
5.4.2 Návrh investice do kondenzačního kotle	75
5.5 ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA NAVRHOVANÝCH VARIANT	77
5.5.1 Čistá současná hodnota kotle na pelety s fotovoltaickými panely.....	77
5.5.2 Čistá současná hodnota tepelného čerpadla.....	78

5.5.3 Čistá současná hodnota plynového kondenzačního kotle	79
5.5.4 Porovnání čistých současných hodnot	80
5.6 POROVNÁNÍ VARIANT	81
5.6.1 Porovnání ekonomické výhodnosti nabízených variant.....	81
5.6.2 Srovnání diskontované doby návratnosti	82
5.7 VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA VARIANT - SAATYHO METODA	83
5.8 ZHODNOCENÍ VÝLEDKŮ	84
6 ZÁVĚR	86
7 SEZNAM ODBORNÉ LITERATURY:.....	89
8 SEZNAM LITERATURY DOSTUPNÉ Z INTERNETU:.....	92
9 SEZNAM POUŽITÝCH ROVNIC	94
10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ	95
11 SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ	95
12 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK.....	95
13 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	96
14 SEZNAM PŘÍLOH	97

1 Úvod

V nedávné době počet světové populace překročil hodnotu 7 miliard. S růstem počtu lidí na planetě současně roste i spotřeba energie, kterou je potřeba někde získávat. Elektrická energie se stala každodenní součástí života většiny obyvatel světa a málokdo si dokáže představit život bez ní.

Alternativní zdroje energie nejsou vynálezem poslední doby. Lidstvo je využívalo už od pravěku pro potřebu pokrytí svých energetických potřeb. První zmínky o větrných mlýnech pocházejí už z 1. století našeho letopočtu. Nicméně postupem času se lidé naučili využívat i jiné, než alternativní zdroje energie. Prvním signálem k využívání konvenčních zdrojů energie, zvláště pak fosilních paliv, byla průmyslová revoluce v 18. století, která způsobila výrazný růst počtu obyvatel. S tímto růstem došlo i ke zvýšení životní úrovně, která se postupem času šířila i do venkovských oblastí a vyvolala tak další demografický rozvoj.

K opětovnému navrácení k alternativním zdrojům energie došlo ve větším měřítku s první ropnou krizí, která ukázala nestabilitu společnosti založené na intenzivním využívání fosilních paliv. Do té doby si málokdo uvědomoval křehkost energetického odvětví závislého na fosilních palivech. Současně se ukázalo, že světové zásoby těchto paliv nejsou nevyčerpatelné a dochází k rychlému a nevratnému narušování přírody. Přejít od fosilních zdrojů k obnovitelným zdrojům energie nebude vůbec snadnou záležitostí. Vlastníci fosilních zdrojů si uvědomují, s jak strategickou surovinou disponují a svého světového vlivu se nechtějí vzdát.

V současné době je podíl obnovitelných zdrojů energie na celkové spotřebě ČR 14.53% (k 31.12.2013). Česká republika tak už nyní splnila svůj závazek vůči Evropské unii, který mohla plnit až do roku 2020. Za tento "úspěch" však ČR zaplatila poměrně drahou daň. Zákon č. 180/2005 Sb. o obnovitelných zdrojích stanovil pro fotovoltaická zařízení velmi zajímavé výkupní ceny elektřiny. Této garance se chopila celá řada investorů, kteří začali narychlo stavět všude tam, kde získali povolení. Výsledkem jsou mimořádné výdaje pro stát, zdražení konečné ceny elektrické energie pro spotřebitele a hlavně špatná image v povědomí laické veřejnosti, která díky této aféře nechce o fotovoltaiice ani slyšet. Viníkem není fotovoltaiika, ale způsob, kterým se stát rozhodl

situaci řešit. Fotovoltaika má nadále budoucnost, avšak v jejím případě je potřeba upřednostnit malé projekty před velkými, jako právě v případě mé diplomové práce.

Obnovitelné zdroje energie tedy nejsou nové, nové je poznání, že z dlouhodobého hlediska jsou jedinou alternativou spolehlivého získávání energií, která je zároveň šetrná k životnímu prostředí.

Téma diplomové práce konvenuje se studijním zaměřením a profilem Provozně ekonomické fakulty na České zemědělské univerzitě. Zabývá se tematikou obnovitelných zdrojů respektive vytvořením energetického návrhu pro rodinný dům. Těžiště práce spočívá ve vytvoření několika energetických variant na základě kterých se majitel rozhodne, zda investovat do výstavby obnovitelných zdrojů, či nikoli.

2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je posoudit ekonomickou efektivnost investice do obnovitelných zdrojů aplikovaných na rodinný dům. Ekonomická efektivnost bude posouzena na základě obnovitelných zdrojů, které jsou ekvivalentní pro podmínky prostředí České republiky. Hlavního cíle diplomové práce bude dosaženo pomocí dílčích cílů:

Dílčí cíl č. 1

Charakteristika obnovitelných zdrojů energie, které je možno využívat v přírodních podmínkách České republiky a zejména těch, které jsou použitelné pro případ energetické koncepce rodinného domu.

Dílčí cíl č. 2

Zjistit dostupné možnosti čerpání dotací např. Zelená úsporám.

Dílčí cíl č. 3

Vymezit tepelně technické vlastnosti konstrukcí, stanovení tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti a tím celého rodinného domu.

Dílčí cíl č. 4

Navrhnout alternativy obnovitelných zdrojů pro vytápění rodinného domu a jejich komparace.

Dílčí cíl č. 5

Na základě zvolených kritérií stanovit pomocí Saatyho metody váhu jednotlivých kritérií. Po udělení příslušných vah nadále porovnat jednotlivé varianty a doporučit tu, která bude nejvíce odpovídat potřebám investora.

Dalším cílem je zachovat logickou posloupnost všech výše uvedených činností z důvodu lepšího pochopení problematiky obnovitelných zdrojů. Bude rovněž nutné zhodnotit i případná negativa použití některých obnovitelných zdrojů. Ve výsledné fázi zhodnocení případových variant je nutné se nerozhodovat pouze podle doby návratnosti investice, ale i dalších faktorů jako je například náročnost realizace, náročnost obsluhy, ceny náhradních dílů, výše provozních nákladů, hlučnost zařízení a podobné.

3 Metodika

Prvním cílem diplomové práce bylo ucelení teoretických znalostí dané problematiky a to prostřednictvím prostudování odborné literatury, odborných článků, českých technických norem a právních předpisů, které se vztahují k obnovitelným zdrojům energie. Veškeré zdroje bylo nutné pečlivě protřídit. Některé informace vykazovaly na první pohled značnou odbornost, jiné informace působily poměrně nedůvěryhodně. Běžným jevem byly takzvané "reklamní" články ve kterých výrobci obnovitelných zdrojů o svých produktech reflektovali příliš optimisticky a málo realisticky.

V úvodu teoretické části bude krátce věnována pozornost základnímu pojmosloví, které se vztahuje k obnovitelným zdrojům energie. Uvedeny budou zejména ty, které jsou v souladu s geografickými podmínkami České republiky. U každého popisovaného zdroje energie bude okrajově popsán princip jeho fungování.

V praktické části je nejprve nezbytné určit lokalitu a objekt. Nadále je potřeba stanovit okrajové podmínky návrhu tepelně fyzikálních vlastností jako jsou: orientace vůči slunci, tepelné vlastnosti zeminy, návrhová teplota exteriéru (θ_e) a interiéru (θ_i), skladby jednotlivých konstrukcí objektu, druh dveří a oken. Poté bylo potřeba tyto okrajové podmínky a objekt vložit do programu pro výpočet tepelných ztrát. Tepelná ztráta je nezbytný údaj pro výpočet potřeby tepla. Součtem jednotlivých konstrukcí získáme tepelně fyzikální vlastnosti celého objektu. Tímto způsobem se získají podklady pro návrh vybraných zdrojů (Reinberk, 2009).

Na vypočtenou tepelnou ztrátu objektu (v kW) budou specifickými postupy navrženy vybrané zdroje podle výpočtů a podkladů výrobců jednotlivých zdrojů. U navrhovaných variant bude nutné promyslet všechny náležitosti realizace a provozu. Pro tepelné čerpadlo bude určen druh vrtů, výkon zařízení a potřeba elektrické energie dodávané nad rámec dodávky energie dodané tepelným čerpadlem. Pro fotovoltaické panely bude navržena nejvýhodnější orientace vůči slunci a potřebná plocha.

Dále budou spočteny náklady pro všechny investiční varianty a sečtena bude i případná roční úspora. Poměrem těchto hodnot bude zjištěna ekonomická návratnost variant. Varianty budou opět srovnány v tabulce a bude určena nejvhodnější varianta. Jednou z variant bude návrh na pokračování využití stávajícího konvenčního zdroje energie, aby došlo ke srovnání s obnovitelnými zdroji energie.

3.1 Použité metody:

3.1.1 Analýza nashromážděných dat

V teoretické části práce bylo na základě prostudování odborné literatury, odborných článků a diskuzí na internetu eliminováno mnoho nevhodných a nepřesných informací.

3.1.2 Určení lokality a objektu

Jako první bylo nutné zvolit lokalitu, ve které se objekt nachází. Jedná se o základní vstupní údaj, který je pro každý návrh a výběr obnovitelného zdroje energie nejdůležitější. Dále stanovit objekt, na který se bude model používat, a také navrhnout tepelně fyzikální vlastnosti jednotlivých konstrukcí celého objektu, tedy především, dveří, oken, podlah, střechy a tím celého objektu. Jelikož tato energetická koncepce je připravována na rodinný dům, který autor obývá, odpadají problémy s přístupem k základním informacím o objektu. Určení lokality je nutné z mnoha důvodů. Jedná se především o venkovní návrhovou teplotu (θ_e), které se pro Českou republiku pohybuje v rozmezí od -12°C až do -18°C pro horské oblasti (Staněk, 2010).

Teplota - charakteristika tepelného stavu hmoty. Teplota je základní fyzikální veličinou soustavy SI s jednotkou kelvin (K) a vedlejší jednotkou stupeň Celsia ($^{\circ}\text{C}$). Nejnižší možnou teplotou je teplota absolutní nuly (0 K; $-273,15^{\circ}\text{C}$), ke které se lze libovolně přiblížit, avšak nelze jí dosáhnout (Cibulka, 2006).

ČSN 73 0540-3 uvádí, že **Venkovní návrhová teplota (θ_e)** je základní veličina, která charakterizuje vnější prostředí (v zimním období). Závisí na zeměpisné poloze a nadmořské výšce hodnoceného objektu a stanoví se:

- a) pro jednotlivé oblasti (města) přímo z tabulky v ČSN 73 0540-3.
- b) přesněji ze vztahu: (ČSN 73 0540-3, 2005)

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta \theta_{e,100} \cdot (h - 100)/100 \quad (3.1)$$

kde: $\theta_{e,100}$	je základní návrhová teplota venkovního vzduchu nadmořské výšce 100 m n. m. v dané teplotní oblasti [°C]
$\Delta \theta_{e,100}$	je základní teplotní gradient (rozdíl teplot na 100 výškových metrů) v dané teplotní oblasti
h	je nadmořská výška úrovně $\pm 0,00$ objektu v m (obvykle tedy nadmořská výška 1. NP).

Dalším důležitým aspektem je poloha budovy, která může být chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá. Pro návrh je nezbytné vědět, zda se objekt nachází na vyvýšeném místě, kde na něho mohou působit povětrnostní vlivy ze všech stran „plnou silou“ (objekty převyšující okolní zástavbu, objekty volně stojící), nebo zda je objekt krytý okolní zástavbou (vnitřní část měst). Rozdíl v tepelných ztrátách se může pohybovat až v rozmezí 0 - 42%. Při nepříznivé poloze je možné, že tepelné ztráty objektu narostou téměř o polovinu. Při volbě objektu je potřeba zvážit intenzitu jeho využívání, zda je objekt využíván trvale, případně pouze příležitostně. U trvale využívaných objektů je návratnost celé investice daleko nižší než u příležitostně obývaných objektů (Staněk, 2010).

Dalším významným faktorem je tvar objektu, jeho výška a orientace ke světovým stranám. Tvar objektu ovlivňuje možnosti zateplení objektu a tím jeho schopnost eliminovat úniky tepla. Při složitých detailech se tato schopnost snižuje. Nevhodné jsou různé výklenky nebo předsazené konstrukce. Velice důležitým faktorem je rovněž velikost oken, protože právě okna jsou místem, kde dochází k nejvyšším tepelným ztrátám. Výška budovy ovlivňuje velikost plochy, na kterou působí povětrnostní podmínky. Poloha objektu vůči slunci určuje množství získaných tepelných zisků. Při správném návrhu je možné tepelných zisků využít (Staněk, 2010).

3.1.3 Výpočet tepelné ztráty budovy dle normy ČSN 06 0210:1994

Stanovené okrajové podmínky byly zadány do programu pro výpočet tepelných ztrát. Dále je nutné v programu určit jednotlivé konstrukce. K tomu je potřeba znát jejich skladbu. Každý materiál má různou propustnost tepla. Jedná se o množství tepelné energie (K), které projde materiálem při rozdílu teplot (θ_e a θ_i) na jedné a na druhé straně¹ (Kaňka, Svoboda, 2004).

Výpočet celkové tepelné ztráty dle ČSN 06 0210:1994: (W)

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (3.2)$$

kde Q_c celková tepelná ztráta
 Q_p tepelná ztráta prostupem
 Q_v tepelná ztráta větráním
 Q_z trvalý tepelný zisk

Základní tepelná ztráta místnosti prostupem tepla Q_p dle ČSN 06 0210:1994 (W):

$$Q_p = Q_o \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (3.3)$$

kde Q_o je základní tepelná ztráta prostupem tepla
 p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí
 p_2 přírážka na urychlení zátoku
 p_3 přírážka na světovou stranu

"Přírážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí (p_1) umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty t_p pro kterou se počítá základní tepelná ztráta Q_o . Přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti k_e , který se stanoví ze vztahu:" (ČSN 06 0210, 1994)

¹ Chybějící údaje z technické dokumentace měli za následek volbu starší verze výpočtu.

$$k_e = \frac{Q_0}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad (3.4)$$

kde S je celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost (m²) Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí se pak stanoví ze vztahu:

$$p_1 = 0,15 k_e \quad (3.5)$$

"S přirážkou na urychlení zátoku p₂ se v bytové výstavbě, nemocnicích apod. uvažuje jen v případech, kde ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění. Za normálních okolností se s přirážkou p₂ nepočítá, neboť při výpočtových podmínkách (při výpočtové venkovní teplotě t_e) se nepředpokládá nepřerušovaný provoz vytápění. U budov se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém výkonu menším než 150kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění, a proto se při výpočtu tepelné ztráty prostupem podle rovnice (3.3) počítá s přirážkou na urychlení zátoku p₂." (ČSN 06 0210, 1994)

- 0,10 při denní době vytápění delší nebo rovné než 16 hodin
- podle ČSN 06 0220:1993 při denní době vytápění kratší než 16 hodin

"O výši přirážky na světovou stranu p₃ rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou největší." (ČSN 06 0210, 1994)

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q₀ dle ČSN 06 0210:1994 (W):

$$Q_0 = k_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + k_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + k_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) \quad (3.6)$$

kde:

S_1, S_2, \dots, S_n :	ochlazovaná část stavební konstrukce (m^2)
k_1, k_2, \dots, k_n :	součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
t_i :	výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$)
t_{e1}, t_{e2}, t_{en} :	výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce ($^{\circ}C$) (výpočtová teplota v sousední místnosti, nebo výpočtová venkovní teplota)

Ve výše uvedeném vzorci je kromě teploty vnějšího vzduchu také uvedena teplota vnitřního vzduchu. Ta se v každé místnosti liší. Pro koupelny se např. používá hodnota $24^{\circ}C$, pro obytné místnosti $20^{\circ}C$, pro chodby a „podřadné místnosti“ $18^{\circ}C$. Právě rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou určuje množství tepla, které prostoupí konstrukcí (Kaňka, Svoboda, 2004).

Při výpočtu tepelné ztráty konstrukcí, které jsou v přímém kontaktu s půdou, se teplota exteriéru upravuje na hodnotu $+5^{\circ}C$. Předpokládá se, že půda má ustálenou teplotu právě na této hodnotě (Kaňka, Svoboda 2004).

Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním dle ČSN 06 0210:1994 (W)

$$Q_v = 1300 \cdot V_v \cdot (t_i - t_e) \quad (3.7)$$

kde	V_v	je objemový tok větracího vzduchu ($m^3 \cdot s^{-1}$), za V_v se dosadí větší z hodnot V_{vH} a V_{vP}
	t_i	výpočtová vnitřní teplota ($^{\circ}C$)
	t_e	výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce
	c_v	Objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě $0^{\circ}C$, ($J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$) tj. přibližně při střední teplotě $t_m = 0,5 \cdot (t_i + t_e)$ $c_v = 1300 J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$.

Objemový tok větracího vzduchu prostoru (místnosti) V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h (h^{-1}).

Průtok V_{vH} se stanoví ze vztahu dle ČSN 06 0210:1994:

$$V_{vH} = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad (3.8)$$

kde V_m vnitřní objem prostoru místnosti (m^3)

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu V_{vP} stanoví ze vztahu dle ČSN 06 0210:1994:

$$V_{vP} = \sum (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad (3.9)$$

kde $\sum (i_{LV} \cdot L)$ je součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti ($m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$);

i_{LV} součinitel spárové provzdušnosti ($m^3 \cdot s^{-1}/m \cdot Pa^{0,67}$)

L délka spar otvíratelných částí oken a venkovních dveří (m);

B charakteristické číslo budovy ($Pa^{0,67}$);

M charakteristické číslo místnosti

Výše uvedeným způsobem jsme získali tepelnou ztrátu jednotlivých konstrukcí. Nyní sečteme jednotlivé vypočtené hodnoty a tím získáme celkovou tepelnou ztrátu prostupem.

3.1.4 Roční potřeba tepla pro vytápění

Roční potřebu tepla na vytápění (Q_{VYT}) lze vypočítat dle normy ČSN EN ISO 13790. Druhou variantou je vytvořit simulační model provozní budovy. Nicméně oba dva způsoby jsou velmi náročné na vstupní data. Čas nezbytný pro výpočet je neúměrný přesnosti výpočtu. Z tohoto důvodu bude využita zjednodušená forma pro určení této energie tzv. "denostupňová" metoda. Podle Tintěry (2005) se denostupňová metoda vypočte následujícím způsobem:

$$Q_{VYT} = \frac{\varepsilon}{\eta_0 \cdot \eta_R} \cdot \frac{24 \cdot Q_{ztr} \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \text{ (Wh/rok)} \quad (3.10)$$

$Q_{VYT,r}$	roční potřeba tepla (Wh/rok)
Q_{ztr}	tepelná ztráta objektu dle ČSN 06 0210:1994 (W)
ε	opravný součinitel
D	počet denostupňů
t_{is}	průměrná výpočtová vnitřní teplota (°C), <ul style="list-style-type: none"> • pohybuje se v rozmezí 14-21,5 °C • lze ji stanovit odborným odhadem • pro obytné budovy uvažujeme 18,2-19,1 °C
t_e	výpočtová venkovní teplota (°C) <ul style="list-style-type: none"> • stanovuje se dle tepelné oblasti

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad (3.11)$$

Tabulka 1 Popis opravných součinitelů a ukazatelů účinnosti

e_i	Ukazatel e_i vyjadřuje nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem, protože tepelná ztráta infiltrací v běžných případech tvoří zhruba 10-20 % z celkové tepelné ztráty. Z tohoto důvodu se volí součinitel $e_i = 0,8-0,9$.
e_t	Ukazatel e_t se zvolí v případě, zda dochází ke snížení teploty v místnosti během dne respektive noci. V některých nemovitostech je vlivem vhodné regulace možno snížit teplotu po určitou část dne. Součinitel e_t se volí v rozmezí od 0,8 např. pro školy s polodenním vyučováním až po 1,0 pro nemocnice, kde vyžadujeme 100 % výkon otopné soustavy po celý den i noc.
e_d	Podle využití budov v průběhu týdne se volí součinitel e_d v rozmezí od hodnoty 1,0 pro budovy s celotýdenním provozem, přes 0,9 pro budovy se šestidenním a 0,8 pro budovy s pětidenním provozem vytápění.
h_o	Účinnost rozvodu se volí zpravidla v rozmezí 0,95-0,98 podle způsobu provedení.
h_r	Účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy se volí v rozmezí 0,9 pro kotelnu na pevná paliva až po 1,0 pro plynovou kotelnou.

Zdroj: (Tintěra, 2005)

Denostupně se dle Tintěry (2005) vypočítají následujícím způsobem.

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) (\text{°C} \cdot \text{dny}) \quad (3.12)$$

- d počet dnů vytápění v topné sezóně
- t_{is} průměrná výpočtová vnitřní teplota
- t_{es} průměrná teplota během otopného období
- t_e venkovní výpočtová teplota

3.1.5 Denní potřeba tepla pro ohřev TV podle ČSN EN 15 316-3-1

$$Q_{TV,d} = (1 + z) \frac{p \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (\text{Wh, den}) \quad (3.13)$$

$Q_{TV,d}$ denní potřeba tepla pro přípravu TV (Wh,den)

- p měrná hmotnost vody (~1000 kg/m³)
- c měrná tepelná kapacita vody (4186 J/kg.K)
- V_{2p} denní potřeba vody pro přípravu TV (m³/den)
- t_2 teplota ohřáté vody (~55 °C)
- t_1 teplota studené vody (~10 °C)
- z tepelné ztráty při ohřevu a distribuci (0,5 až 1)

3.1.6 Roční potřeba tepla pro ohřev TV podle ČSN EN 15 316-3-1

$$Q_{TV,r} = Q_{TV,d} \cdot d + 0,8Q_{TUV,d} \frac{(t_2 - t_{svl})}{(t_2 - t_{svz})} (N - d) \quad (\text{Wh, rok}) \quad (3.14)$$

$Q_{TV,d}$ denní potřeba vody pro ohřev TV (Wh.rok⁻¹)

- d počet dnů otopného období v roce
- 0,8 součinitel zohledňující snížení spotřeby TV v létě
- t_{svl} teplota studené vody v létě (zpravidla +15 °C)
- t_{svz} teplota studené vody v zimě (zpravidla +5 až +10 °C)
- N počet pracovních dní soustavy v roce, kdy se připravuje TV. Individuálně je možno tuto hodnotu zvýšit až na 365.

3.2 Posouzení ekonomické efektivity

3.2.1 Prostá ekonomická návratnost

Prostá ekonomická návratnost je tradiční a velmi hojně používaným způsobem hodnocení efektivity investic. Vyjadřuje počet let, za který se kapitálový výdaj vrátí peněžními příjmy z investice. Ta investice, která vykazuje nejkratší dobu úhrady, je považována za nejpříznivější. Je to nejjednodušší, ovšem ne zcela vhodné ekonomické kritérium pro porovnání investičních variant. Slabinou této metody je zanedbání efektů po době návratnosti investice (Valach, 1994).

Prostá návratnost se dle Valacha (1994) vypočte následujícím způsobem

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (3.15)$$

kde:

IN - Investiční výdaj

CF = (V - Np) ; CF = Roční úspory v peněžní podobě (příjmy)

V - Výnosy z realizace

Np - Roční provozní náklady

3.2.2 Diskontovaná doba návratnosti

Diskontovaná doba návratnosti je podobné kritérium, jako je prostá doba návratnosti. Rozdíl spočívá v tom, že výpočet je proveden z diskontovaného neboli reálného Cash-Flow projektu (Kislingerová, 2004).

Diskontovaná doba návratnosti se dle Kislingerové (2004) vypočítá takto:

$$DN_D = \frac{IN}{DCF} \quad (3.16)$$

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^T} \quad (3.17)$$

kde:

DCF diskontovaný roční Cash-flow projektu

r diskont

T rok, ke kterému se DCF počítá

3.2.3 Čistá současná hodnota (NPV)

Tento ukazatel patří mezi dynamické ukazatele efektivnosti. Je definován jako rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy z investice a diskontovanými výdaji na investici. Ukazuje nárůst investice k tržní hodnotě, která ji realizuje. Výhodou je, že bere v úvahu výši příjmů a výdajů i jejich časové rozložení během určité doby. Je to teoreticky nejspolehlivější metoda investičního rozhodování. Varianta investice, která má nejvyšší čistou současnou hodnotu, je považována za nejlepší (Fotr, 2005).

Matematicky lze dojít ke třem základním výsledkům:

$NPV > 0$ projekt lze doporučit k realizaci, výnos z projektu je vyšší než je cena kapitál do něj vloženého

$NPV = 0$ projekt je na hranici rentability

$NPV < 0$ projekt není vhodné realizovat, neboť přináší menší výnos, než je požadováno

Všechny varianty, které mají $NPV > 0$ jsou možné = přinášejí příjem alespoň ve výši úroku (Fotr, 2005).

Postup stanovení NPV:

- ❖ stanoví se současná hodnota budoucích toků peněžních prostředků iniciovaných danou investicí, bez ohledu na to zda jde o příjmy nebo výdaje.
- ❖ cash - flow se stanoví jejich diskontováním (odúročením) k současnosti, sazbou vyjadřující náklady vloženého kapitálu
- ❖ stanoví se čistá současná hodnota všech výdajů a příjmů jako rozdíl sumy diskontovaných cash - flow a investičních výdajů
- ❖ projekty s negativní čistou současnou hodnotou se považují za nevýhodné, zatímco projekty s pozitivní čistou současnou hodnotou se považují za výhodné (Valach, 1994)

$$NPV = \sum_0^T DCF = \sum_0^T \frac{CF}{(1+r)^T} \quad (3.18)$$

kde:

DCF	diskontované peněžní toky v jednotlivých letech (Kč)
T	doba životnosti projektu (hodnocené období 1 až n let)
r	diskont (%)

3.3 Metody pro vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriální analýza variant náleží do skupiny metod pro vícekriteriální rozhodování. Na rozdíl od vícekriteriální optimalizace či vícekriteriálního programování bývá v modelech vícekriteriálního hodnocení variant množina variant zadána ve formě konečného seznamu variant, které jsou zpravidla ohodnoceny podle jednotlivých kritérií (Šubrt, 2011).

3.3.1 Kvantitativní párové srovnávání kritérií (Saatyho metoda)

Tato metoda se užívá k určení vah kritérií, hodnotí-li je pouze jeden expert. Při hodnocení více než jedním expertem je vhodnější využít postup podle metody AHP (Analytic Hierarchy Process). Saatyho metoda je metoda kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání kritérií se užívá devíti bodové stupnice, ve které je možné využívat i mezistupně a to hodnoty 2,4,6 a 8. (Šubrt, 2011)

- 1 - kritéria jsou stejně významná
- 3 - první kritérium *i* je slabě významnější než *j*
- 5 - první kritérium *i* je dosti významnější než *j*
- 7 - první kritérium *i* je prokazatelně významnější než *j*
- 9 - první kritérium *i* je absolutně významnější než *j*

Srovnávají se opět vždy páry a hodnocení se ukládá do tzv. Saatyho matice $S = (s_{ij})$ podle následujícího systému:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.19)$$

Zdroj: (Šubrt, 2011)

Jsou-li i -té a j -té kritérium rovnocenné, je s_{ij} rovno jedné, preferuje-li slabě i -té kritérium před j -tým kritériem, je $s_{ij} = 3$. Jak vyplývá z výše popsaných hodnot. Je-li preferováno j -té kritérium před i -tým, zapíše se do Saatyho matice hodnoty převráceně ($s_{ij} = 1/3$ při slabé preferenci, $s_{ij} = 1/5$ při silné preferenci atd.). Matice je čtvercová řádu $n \times n$ a reciproční, tj. platí $s_{ij} = 1/s_{ji}$ a vyjadřuje vlastně odhad podílů vah i -tého a j -tého kritéria. Na diagonále Saatyho matice jsou hodnoty vždy jedna (každé kritérium je samo sobě rovnocenné). Prvky této matice nebývají většinou úplně dokonale konzistentní, tzn. že neplatí $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Kdybychom sestavili matici $V = (v_{ij})$, jejíž prvky by byly skutečné podíly vah ($v_{ij} = v_i/v_j$), pro prvky této matice by platila výše uvedená podmínka. Míra konzistence se měří například indexem konzistence, který Saaty definoval jako:

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n - 1} \quad (3.20)$$

Zdroj: (Šubrt, 2011)

kde l_{max} je největší vlastní číslo Saatyho matice a n je počet kritérií. Saatyho matice je považována za dostatečně konzistentní, jestliže je $I_s < 0,1$.

Nadále je potřebné odhadnout váhy v_j . Nejčastěji se využívá postup výpočtu vah jakožto normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice (metoda logaritmičeský nejmenších čtverců). Hodnoty b_i vypočteme jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (3.21)$$

váhy se posléze vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (3.22)$$

Zdroj: (Šubrt, 2011)

Případy, kdy je Saatyho matice nekonzistentní, jsou poměrně časté zvláště u rozsáhlých úloh. Nekonzistence může být způsobena chybou při zadávání odhadů poměrů vah, to jest v okamžiku, kdy expert neprováděl žádnou kontrolu svých odhadů. V tomto případě je nezbytné na základě odhadu vah překvantifikovat Saatyho matici způsobem, aby splňovala požadavek vhodné konzistence a posléze provést nový odhad vah. Tímto způsobem lze dospět k velmi solidním výsledkům (Šubrt, 2011).

3.3.2 Bodovací metoda

U bodovací metody hodnotící přiřadí každému kritériu dané varianty určitý počet bodů ze zvolené stupnice a to způsobem, že lepší hodnotě kritéria přiřadí větší počet bodů. Maximálně (minimálně) možný počet bodů přiřazený té nejlepší (nejhorší) hodnotě kritéria musí být pro všechna zmíněná kritéria totožný, přičemž může jít o hypoteticky stanovená čísla, která se v žádné variantě nevyskytují. Po ohodnocení všech variant přichází na řadu násobení s příslušnými vahami. Nejlepší je varianta s nejvyšším součtem (Šubrt, 2011).

4 Literární rešerše

4.1 Vymezení pojmů obnovitelné energie

Evropská unie ve svých listinách používá mnoho pojmů. Pro lepší pochopení problematiky obnovitelných zdrojů energie je nutné některé z nich vysvětlit. Ve směrnici Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů byly definovány některé z nich následujícím způsobem:

- a) *„Energií z obnovitelných zdrojů se rozumí energie z obnovitelných nefosilních zdrojů, totiž energie větrná, solární, aerotermální, geotermální, hydrotermální a energie z oceánů, vodní energie, energie z biomasy, ze skládkového plynu, z kalového plynu z čistíren odpadních vod a z bioplynů.“* (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009)
- b) *„Aerotermální energií se rozumí energie uložená v podobě tepla v okolním vzduchu“* (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009).
- c) *„Geotermální energií se rozumí energie uložená v podobě tepla pod zemským povrchem“* (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009).
- d) *„Hydrotermální energií se rozumí energie uložená v podobě tepla v povrchových vodách“* (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009).
- e) *„Biomasou se rozumí biologicky rozložitelná část výrobků, odpadů a zbytků ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), lesnictví a souvisejících průmyslových odvětví, a rovněž biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu“* (Evropský parlament a Rada Evropské unie, 2009).
- f) *„Instalovaný výkon je součet jmenovitých výkonů jednotlivých energetických soustrojí (bloků) k poslednímu dni sledovaného období. Jedná se o nejvyšší teoretický činný výkon soustrojí.“* (Český statistický úřad, 2009). Hodnota se udává nejčastěji v kilowattech popřípadě megawattech.

Fosilní paliva - „Základní druhy paliv vzniklé přírodním rozkladem organických látek pocházejících z odumřelých rostlin a živočichů. Fosilní paliva se používají pro získávání tepelné energie spalováním. Fosilní paliva dělíme podle skupenství na pevná, kapalná a plynná. Pevná fosilní paliva tvoří především uhlí (černé a hnědé), kapalná fosilní paliva ropné produkty a plynná zemní plyn. Fosilními palivy jsou souhrnně označovány všechny druhy uhlí, ropy a hořlavých přírodních plynů. Chemicky vázaná energie fosilních paliv vznikla převážně v druhohorách, a proto je počítána mezi zdroje energie vyčerpitelné (neobnovitelné)“.(Slovník pojmů ČEZ, 2014)

4.1.1 Potenciál obnovitelných zdrojů

Evropská unie akceptuje potřebu podpory obnovitelných zdrojů energie jako prioritní opatření. Využíváním obnovitelných zdrojů přispíváme k udržitelnému rozvoji a k ochraně životního prostředí, rovněž jejich využívání vytváří nová pracovní místa, která snižují lokální nezaměstnanost. Také napomáhají k energetické nezávislosti státu a umožňují decentralizaci energetických zdrojů. Pomáhají rychleji splnit cíle z Kjótského protokolu, proto je nezbytné, aby tento potenciál byl lépe využíván v rámci vnitřního trhu s elektřinou (Kloz, 2007).

Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách byl přijat v prosinci roku 1997 na třetí konferenci smluvních stran (COP-3, Conference of Parties III) v japonském Kjótu. Součástí protokolu je preambule, 28 článků a 2 přílohy. V příloze B jsou definovány redukční cíle ekonomicky vyspělých států a rovněž jsou zde vymezeny způsoby jejich možného plnění (Ministerstvo životního prostředí, 2014).

Zúčastněné státy se zavázaly do konce prvního kontrolního období (2008 - 2012) snížit emise skleníkových plynů nejméně o 5,2 % ve vztahu k hodnotám v roce 1990. V prosinci roku 2012 byl na 18. konferenci smluvních stran (COP-18) v Dauhá odsouhlasen dodatek, kterým bylo schváleno pokračování Kjótského protokolu a jeho druhé kontrolní období, které bylo ustanoveno na 8 let (2013 – 2020). V rámci druhého kontrolního období se zúčastněné země zavázaly přijmout nová redukční opatření, která by měla přispět ke snížení emisí skleníkových plynů o nejméně 18 % pod úroveň z roku 1990. (Ministerstvo životního prostředí, 2014)

Podpora výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie je významnou prioritou Evropské unie. Uvádí se to v Bílé knize o obnovitelných zdrojích energie, a to především z důvodů bezpečnosti a diverzifikace zásobování elektřinou, ochrany životního prostředí a sociální a hospodářské soudržnosti. Toto schválila Rada ve svém usnesení ze dne 8. června 1998 o obnovitelných zdrojích energie a Evropský parlament ve svém usnesení o Bílé knize (Kloz, 2007).

„Bílé knihy Komise jsou dokumenty, které obsahují návrhy na činnost Společenství v určité oblasti. V některých případech Bílá kniha následuje po vydání Zelené knihy, jejímž cílem je zahájit proces konzultací o daném tématu na evropské úrovni. Po schválení Radou se z Bílé knihy může stát akční program Unie pro danou oblast. Bílá kniha má pro členské státy EU pouze doporučující povahu, je nezávazným dokumentem.“ (Bílé knihy, 2014)

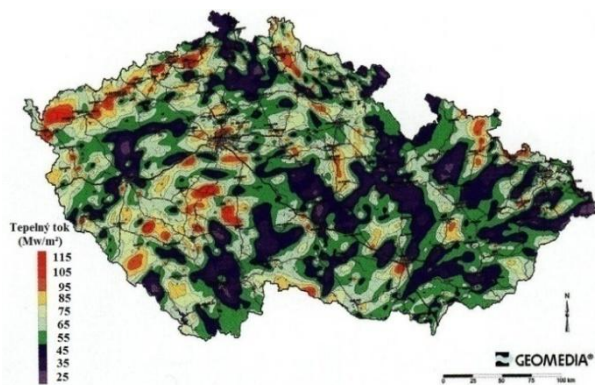
4.2 Geotermální energie

Tento druh alternativní energie využívá teplo, které se vytváří ve žhavém zemském jádru a prostupuje směrem k zemskému povrchu. Nejčastěji se vyskytuje v podobě vyvěrajících vroucích pramenů, sopek a gejzírů. Tento tepelný tok je zapříčiněn rozdílnou teplotou zemského povrchu a jádra. Velmi vysokou teplotu si Země získala již při svém vzniku a to před 4,5 mld. let. Dále jsou jádro a plášť postupně ohřívány teplem z rozpadu radioaktivních izotopů (Myslil, 2007).

„Studiem zemského tepla se zabývá geotermika, jež je odvětvím geofyziky. Je to věda o tepelném stavu planety Země. S geotermikou souvisí i studium radioaktivity zemského tělesa, tj. rozložení radioaktivních látek v Zemi, množství tepla uvolněného jejich rozpadem, rychlost rozpadu, absorpce radioaktivního záření horninami a další přídružené.“ (Blažková, 2010)

První zmínky o jejím využívání pocházejí již z období paleolitu. Využívala se pro teplé koupele (Blažková, 2010). Geotermální energii využívali také už staří Římané. Používali teplo země ke koupelím, ale také k vyhřívání lázeňských domů. S pokrokem ve vědě se možnosti využití energetického potenciálu Země značně zvýšily. Dnes můžeme tepelnou energii Země využít hned dvojím způsobem. Dokážeme s ní vytápět obytné i průmyslové objekty a také dokážeme tepelnou energii přeměnit na elektrickou energii (Špičková, Šturcová, Šudřichová, 2010).

Obrázek 1 Tepelný tok v ČR



Energie Země. [online]. 2009 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://evvo.spaco.cz/pohled-ekologa/obnovitelne-zdroje-energie-str/>

První, komu se podařilo využít geotermální energii ve větším měřítku, byla geotermální teplárna společnosti Boise Water Works Company na severozápadě Spojených států amerických. Tato teplárna byla postavena roku 1892 a vytápěla místní plavecký bazén a k tomu dalších 200 budov (Idaho Office of Energy Resources, 2014).

První geotermální elektrárnu vytvořili ve městě Larderello v Itálii. Na samém počátku tohoto úspěchu stál Piero Ginori Conti, kterému se v roce 1904 podařilo rozsvítit několik žárovek. Roku 1913 byla elektrárna rozšířena a dosáhla výkonu 250 kW. Po mnoha přestavbách a rekonstrukcích elektrárna funguje dodnes a elektřinou zásobuje zhruba milion domácností. Přestože je geotermální energie považována za obnovitelný zdroj energie, tlak páry se v elektrárně v Larderello od roku 1950 snížil o 30% (Špičková, Šturcová, Šudřichová, 2010).

Středem pozornosti z hlediska využití geotermální energie jsou geotermální systémy, nejsvrchnější části zemské kůry. Jejich struktura je velmi složitá, což vytváří vhodné podmínky pro zadržování tepla (Myslil, 2007). Geotermální systémy je možno definovat jako prostorově a geologicky vymezenou část litosféry, popřípadě hydrosféry, v níž je ve srovnání s okolím naměřena anomálně vysoká teplota (Hazdrová, 1981). Pro odlišení těchto struktur bylo podle L. J. P. Mufflera zavedeno dvojí třídění systémů, tj. fyzikálně-chemické a geologické třídění.

4.2.1 Fyzikálně-chemické třídění

Každý geotermální systém je nositelem určitých fyzikálněchemických vlastností, které mu předurčují jeho potenciál. Rozdělujeme hydrotermální, geotlakové, magmatické systémy a systémy horkých suchých hornin, rovněž známé pod anglickou zkratkou HDR System (hot dry rock system).

Hydrotermální systémy jsou napjaté systémy, kde přírodním vodičem zemského tepla je buď suchá pára, nebo horká voda (Blažková, 2010).

Geotlakové systémy se nacházejí v pánevní struktuře s mocnou sedimentární výplní a s existencí řady napjatých termálních zvodní v hloubce od 3 do 7 km pod povrchem Země (Hazdrová, 1981). Příklady takového systému jsou např. v Houstonu a Texasu na území USA a některé také v Mexickém zálivu. Mnoho geotlakových systémů obsahuje významné množství metanu. Energie zde může být získána díky metanu a tlaku teplé vody, který je výrazně vyšší než tlak hydrostatický (Mezinárodní geotermální asociace, Dickson, Fanelli, 2004).

Magmatické systémy v těchto systémech dochází k makroseizmickým pohybům vlivem mělce uložených roztavených magmatických těles.

Systémy horkých suchých hornin vyžadují vrty ve hloubce zhruba 5000 metrů. V této hloubce již nelze odkrýt ložiska termálních vod, nacházejí se zde pouze horké suché horniny. Aby se mohlo teplo horninám odebírat, je potřeba vytvořit podzemní dutiny. Ty se vytváří vodou, která je do podzemí vháněna pod tlakem. Voda vlivem tepla expanduje, vytváří nové trhliny a rozšiřuje ty stávající. Produkčním vrtem je voda čerpána zpět na povrch, kde je měněna podle potřeby na teplo nebo elektrický proud (Quaschnig, 2010).

4.2.2 Geologické třídění

Geologické třídění uvádí dvě skupiny systémů, na něž se shoduje několik autorů z oboru. Tyto skupiny se dále dělí na několik dalších podskupin.

Systémy vázané na oblasti recentního vulkanismu, které se dále člení na systémy magmatické, konvektivní hydrotermální a systémy suchých hornin.

Systémy nevázané na oblasti recentního vulkanismu, které dále členíme na systémy konvektivní a špatně propustné, systémy pánevních struktur s dobře propustnými kolektory, systémy puklinové s hlubinným oběhem podzemní vody a geotlakové systémy (systémy skrytých pánevních struktur) (Hazdrová, 1981). Druhy geotermálních systémů se třídí podle různých hledisek a autorů.

Další dělení vychází z teploty zdroje a jsou to systémy:

- **Vysokoteplotní** - (teploty nad 200° C), které se nacházejí pouze ve vulkanicky aktivních oblastech. Jsou vhodné na přímou výrobu elektrické energie.
- **Středně teplotní** - (teploty v rozmezí 150 - 200° C), které jsou vhodné pro obojí. Jak pro přímé vytápění, tak pro výrobu elektrické energie.
- **Nízkoteplotní** - (teploty pod 150° C), které jsou ve světě nejvyužívanější a používají se hlavně k vytápění (Myslil, 2007).

Celý proces příprav a výstaveb projektů, využívající geotermální energii, je nesmírně složitý a finančně poměrně náročný. V současnosti se na území České republiky nachází několik geotermálních zařízení. Od roku 2002 je v centru Děčína v provozu výtopna, která vytápí celou polovinu města. Kromě generování tepla společnost TERMO Děčín vyrábí i elektrickou energii. Průměrná roční produkce činí 18 700 MW. TERMO Děčín je v bezproblémovém provozu už 12 let a těší se značné oblibě z řad veřejnosti i občanů. Přejichod na geotermální energii měl za následek zlepšení kvality ovzduší. Teplo ze země používají také v zoologické zahradě v Ústí nad Labem. V blízké budoucnosti se nadále uvažuje o výstavbě geotermální elektrárny v Litoměřicích a Tanvaldu.

4.3 Tepelná čerpadla

Voda, vzduch i půda tvoří tzv. nízkoteplotní energetické zdroje, které odnímají teplo z okolního prostředí vytápěného objektu a převádějí ho na vyšší teplotní hladinu. Uvolněné teplo je využíváno zpravidla na ohřev teplé vody (Myslil, 2007). Dle Srdečného (2005) můžeme princip tepelného čerpadla přirovnat k chladničce. Teplo, které chladnička odebírá potravinám, předává následně do vzduchu, který je v místnosti. Chladnička tak svým způsobem trvale "vytápí" danou místnost.

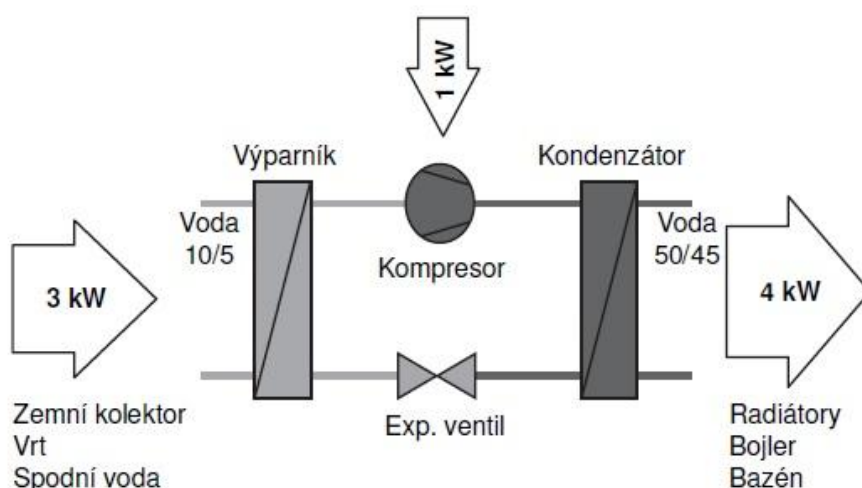
Základní myšlenka principu tepelného čerpadla byla vyslovena již v roce 1852 Lordem Kelvinem, který ji shrnul ve své druhé větě termodynamické. Ta má několik pasáží, tou nejdůležitější je ale výrok, že teplo se šíří ve směru od teplejší ke studenější části, čehož princip tepelného čerpadla využívá. (Srdečný, Truxa, 2005)

Tepelné čerpadlo se většinou skládá ze dvou částí – vnitřní a venkovní jednotky. Vnitřní jednotka není na první pohled k rozeznání od běžného plynového kotle nebo ohříváče vody. Nemá žádné speciální nároky na umístění ani velikost prostoru. Vnitřní jednotka předává teplo do topného systému. Venkovní část odebírá teplo ze zvoleného zdroje (vzduchu, země, vody). Velikost a podoba venkovní se odvíjí od toho, z jakého zdroje se teplo získává (Karlík, 2009).

Je rovněž možné setkat se s členěním, které rozeznává primární a sekundární okruh, jak je např. uvedeno v Metodickém doporučení pro stavební a vodoprávní úřady. Primární okruh se skládá ze sběrače tepla a vlastního tepelného čerpadla. Za sekundární okruh je považována topná soustava. Vlastní tepelné čerpadlo se skládá ze čtyř hlavních částí:

Výparník je výměník tepla, kde se ohřívá "chladiivo" (pracovní médium). Chladiivo má tu schopnost, že se i při velmi nízkých teplotách dokáže odpařovat. Přivede-li se venkovní voda nebo vzduch k výparníku, ve kterém cirkuluje pracovní médium, odebere takovému zdroji tepla potřebné výparné teplo a přejde z kapalného stavu do plynného. Poté přechází plynné pracovní médium do **kompresoru**, které ho nasaje a stlačí. To má za následek zvýšení jeho tlaku a tím stoupne jeho teplota. Rovněž je možno říci, že je pracovní médium "přečerpáno" na vyšší teplotní úroveň. K tomu je ale zapotřebí vynaložení zpravidla elektrické energie. Vynaložená energie nepředstavuje energii ztracenou, neboť zvyšuje potenciál pracovního média, jak je možno vidět na obrázku.

Obrázek 2 Princip tepelného čerpadla



Zdroj: (Karlík, 2009)

Dále se tepelný energetický potenciál pracovního média dostává do **kondenzátoru**, kde je další výměník. Zde pracovní médium odevzdá získané teplo, respektive je mu odebráno pomocí teplonosné látky, např. vody. Následně dochází ke zkapalnění pracovního média. V poslední fázi putuje pracovní médium přes **expanzní ventil**, kde se prudce ochladí, následně se vrací do výparníku a oběh se opakuje (Metodické doporučení pro stavební a vodoprávní úřady, 2013).

Tepelná čerpadla ke svému provozu potřebují elektrickou energii dodávanou zvenčí. Běžná tepelná čerpadla obvykle dodají až třikrát více tepla, než spotřebují elektrické energie (Karlík, 2009). Dle Srdečného se na tento fakt dá nahlížet i z druhé strany. Uživatel tepelného

čerpadla nemusí nakupovat až dvě třetiny energie pro vytápění, protože tuto energii získá z okolí vytápěného objektu zcela zdarma (Srdečný, Truxa, 2005).

Poměr vyrobené tepelné energie k množství spotřebované hnací energie je tzv. topný faktor (*COP - Coefficient of Performance.*) Topný faktor je základní charakteristikou tepelného čerpadla. Udává spotřebu elektřiny na produkci tepla. Čím vyšší topný faktor, tím lepší bude tepelné čerpadlo, protože provoz bude lacinější.

$$\varepsilon_T = \frac{Q}{E} \quad (3.23)$$

Q – teplo dodané vytápěním (kWh)

E – energie pro pohon tepelného čerpadla (kWh), (VRTEK, 2010)

Typické hodnoty topného faktoru se pohybují obvykle mezi hodnotami 2,5 - 5. Tato veličina není stálá, mění se dle podmínek, v nichž tepelné čerpadlo pracuje. Čím jsou si bližší teplotní úrovně nízko-potenciálního zdroje tepla a topného okruhu, tím je topný faktor vyšší. Z provozního hlediska je nejvýhodnější kombinovat tepelné čerpadlo s nízko-teplotní otopnou soustavou (teplotní spád 55/50 °C), s podlahovým vytápěním (teplotní spád 35/30°C) nebo s jejich kombinací (Srdečný, Truxa, 2005).

V označení systémů tepelných čerpadel narážíme na výrazy voda, země, vzduch oddělenými lomítkem. První slovo označuje, odkud tepelné čerpadlo bere energii (voda, země, vzduch). Slovo za lomítkem označuje, jakým způsobem tepelné čerpadlo energii do objektu dodává (Karlík, 2009).

4.3.1 Tepelné čerpadlo země/voda

Tepelné čerpadlo typu země/voda pracuje s příznivou účinností po celý rok. Vzhledem k jeho větší odolnosti vůči klimatickým podmínkám můžeme tento systém hodnotit jako nejstabilnější. Přenos tepla mezi zemí a tepelným čerpadlem zajistí v zemi uložené plastové potrubí, v němž obíhá nemrznoucí kapalina. Pro čerpání tepla ze země je možno využít dvou způsobů. Prvním je vertikální vrt o hloubce zhruba 60 - 120 metrů. V místě, kde je k dispozici dostatečně velký pozemek, existuje lacinější varianta - výkopový (horizontální) kolektor. Do hloubky 1,5 - 2 metru je vyhlouben výkop široký 0,9 metru, na jehož dno je uložen horizontální kolektor. Délka kolektoru se liší v závislosti na tepelné ztrátě objektu. Tento systém je vhodný především u nových staveb a objektů,

kde ještě nejsou dokončeny terénní úpravy pozemků v blízkosti objektu. Horizontální kolektory jsou zhruba o 50 % lacinější než vrty, ale vhodné jsou spíše pro menší instalace (Karlík, 2009).

4.3.2 Tepelné čerpadlo vzduch/voda

Tepelné čerpadlo typu vzduch/voda má mnoho výhod, které vyplývají ze snadné instalace a velké všestrannosti. Tento systém odebírá teplo z venkovního vzduchu, případně z vnitřního vzduchu. U systému vzduch/voda se teplo dodané tepelným čerpadlem předává do topné vody. Tento systém je vhodný pro sezónní ohřev bazénové vody nebo pro ohřev teplé vody (Srdečný, Truxa, 2005).

Výkon tepelného čerpadla se mění podle teploty venkovního vzduchu. Vyrůstá-li teplota venkovního vzduchu, roste i výkon tepelného čerpadla a naopak, klesá-li teplota venkovního vzduchu, klesá i výkon. Z tohoto důvodu jsou tepelná čerpadla vzduch/voda jedině provozována v bivalentním provozu, to znamená, že pod bodem bivalence (teplota kolem $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) se zapíná doplňkový zdroj tepla a vytápění zajišťují oba zdroje zároveň (Karlík, 2009).

Většina dnešních tepelných čerpadel typu vzduch/voda jsou vyráběna jako reverzibilní jednotky. To znamená, že v letním období můžeme objekt reverzním chodem chladit-klimatizovat (Tepelná čerpadla vzduch - voda | CIAT, 2014).

4.3.3 Tepelné čerpadlo voda/voda

Tento typ tepelných čerpadel má nejlepší celoroční účinnost a nabízí nejvyšší topný faktor. Bohužel lokalit vhodných pro instalaci je minimum. K tomuto druhu tepelného čerpadla jsou potřeba dvě studny. První, ze které se voda čerpá, a druhá, do které se voda vrací. Té první se říká topná neboli zdrojová a druhou nazýváme vsakovací. Studny by měly být od sebe vzdáleny minimálně 15 metrů. Studny je vhodné provést jako vrtané, s hloubkou 15 - 25 m. Pro běžný rodinný dům je potřeba vydatnost pramene nejméně 0,5 l/s. (Karlík, 2009).

4.3.4 Tepelné čerpadlo vzduch/vzduch

Tepelná čerpadla vzduch/vzduch pracují stejným způsobem jako tepelná čerpadla vzduch/voda s tím rozdílem, že vygenerované teplo předávají vnitřnímu vzduchu objektu. Tento typ tepelných čerpadel pracuje spolehlivě až do teploty -15°C , ale již od -5°C

klesá topný faktor natolik, že se provoz stává neefektivním a je rovnocenný s klasickými topným zdrojem. Proto se topné systémy doporučují kombinovat s doplňkovým, tzv. bivalentním zdrojem tepla (Srdečný, Truxa, 2005).

4.4 Fotovoltaické systémy

Sluneční energie představuje naprostou většinu energie, která se na planetě Zemi nachází a využívá. Vytváří se jadernými přeměnami uvnitř Slunce. Vzhledem k tomu, že vyčerpání zásob vodíku na Slunci je očekáváno v řádu miliard let, je tento zdroj energie považován za obnovitelný. Fotovoltaický jev byl objeven francouzským fyzikem Alexandrem Edmondem Becquerelem v roce 1839 (Quaschnig, 2010).

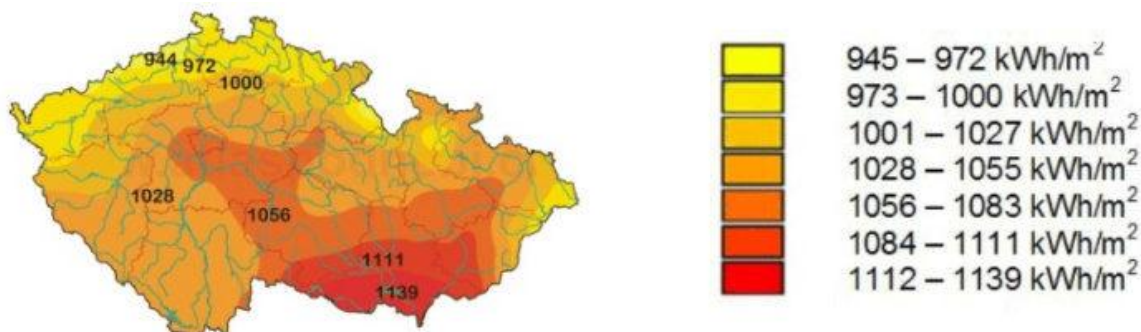
Jeho fotovoltaický článek byl založen na kovových elektrodách ponořených v elektrolytu. Ačkoliv byla existence principu přeměny sluneční energie na elektrickou energii známa, k výrobě prvního fotovoltaického článku došlo až o několik let později. V roce 1877 se to podařilo pánům Adamsovi a Daymu, kteří jej vyrobili ze selenu (Mastný a kol., 2011).

Na další vývoj fotovoltaické technologie mělo hlavní vliv teoretické objasnění fotoelektrického jevu Albertem Einsteinem. Za tento objev byl v roce 1921 oceněn Nobelovou cenou za fyziku. Silným podnětem pro rozvoj fotovoltaické energetiky byla ropná krize v roce 1973, která odstartovala proces efektivnější výroby a využívání všech energetických zdrojů. Velké popularitě se fotovoltaike dopřálo v posledních letech, hlavně díky dotačním programům, které způsobily vysoký zájem investorů o tuto oblast výroby elektřiny. Vše nasvědčuje tomu, že pro udržení stávajícího rozvoje lidské společnosti budou fotovoltaické systémy velmi zásadní (Mastný a kol., 2011).

"Na území ČR dopadá 900 až 1 100 kWh/m² sluneční energie za rok. Fotovoltaický systém s instalovaným výkonem 1 kWp je schopen v podmínkách ČR dodat ročně 800 – 1 000 kWh elektrické energie. Při nevhodné orientaci nebo zastínění to může být výrazně méně." (Ministerstvo životního prostředí, 2008)

Výkonovou jednotkou fotovoltaických panelů je Wattpeak (Wp), což je špičkový výkon naměřený při standardních podmínkách. (ozáření 1000W/m², teplota povrchu 25°C). Účinnost samotných solárních panelů je zhruba v rozmezí 14 – 17%. Životnost fotovoltaických panelů se pohybuje okolo 30 let. Velkou výhodou solárních článků je snadnost v jejich vzájemném propojení (Haselhuhn, 2011).

Obrázek 3 Sluneční záření v ČR v kWh/m² (dopad na vodorovnou plochu)



Zdroj: *Fotovoltaika v podmínkách České republiky*. [online]. 2009 [cit. 2015-03-17].
Dostupné z: <http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx>

4.4.1 Solární článěk

Bez solárních fotovoltaických článků by nebyla přeměna světla na elektrickou energii vůbec uskutečnitelná. Články jsou tvořeny polovodiči, v naprosté většině případů je používán křemík. Ten je po kyslíku hned dalším nejčastěji se vyskytujícím prvkem v zemské kůře. Obvyklý krystalický solární článěk se skládá ze dvou odlišně dotovaných křemíkových vrstev. Strana obrácená k slunečnímu světlu je záporně dotována fosforem, spodní strana bývá kladně dotována bórem. Pro zabezpečení odebrání proudu je nezbytné umístit na obou stranách kovové elektrody jako kontakty. Na povrchu článku je potřeba docílit maximální absorpce fotonů. Z tohoto důvodu se na povrch článku umísťuje antireflexní vrstva, která má minimalizovat možnost zpětného odrazu světla (Haselhuhn, 2011).

U velkých fotovoltaických zařízení dochází vlivem použití propojovacích vodičů, měničů a transformátorů ke snížení účinnosti. V důsledku těchto energetických ztrát se pohybuje účinnost fotovoltaických elektráren kolem 10%. Montáž se uskutečňuje např. na rovné i sedlové střechy nebo na volné pozemky. Systémy mohou být stacionární nebo se sledovači slunce, tzv. trackery, které fotovoltaické panely otáčejí směrem k ideální poloze vůči slunci. (Mastný a kol., 2011).

Fotovoltaické systémy mohou být připojené k veřejné rozvodné síti tzv. systémy "grid-on" nebo mohou být nezávislé to jsou tzv. "grid-off" (ostrovní systémy). Systémům dodávající elektřinu do rozvodné sítě (grid-on) se využívá v případě, že výrobce elektřiny má uzavřenou smlouvu s provozovatelem příslušné přenosové nebo distribuční soustavy.

Grid-off systémy nejsou s rozvodnou sítí propojené a vyrobená elektrická energie se okamžitě spotřebuje nebo se ukládá např. do akumulátorů. Tyto systémy se využívají na místech, kde není elektřina k dispozici a její přivedení by bylo příliš ekonomicky náročné (Mastný a kol., 2011).

Zahraniční literatura rozlišuje 3 základní generace fotovoltaických článků:

První generace

Monokrystalický článek je tvořen pouze jediným krystalem tmavomodré až černé barvy. Tento typ se vyznačuje slušnou stabilitou výkonu a dobrou účinností (speciální struktury až 24 %). Nevýhodou se jeví velká spotřeba čistého křemíku a složitý proces výroby, přesto jsou na trhu nejrozšířenější. Teoreticky mají tyto články účinnost 24 %, ale technologicky je reálné dosáhnout účinnosti solárních modulů v rozsahu 14 až 16 %. Jejich energetická návratnost (Energy Payback Time - EPT) je cca 2,7 let. To je doba, za kterou vyrobí energii spotřebovanou při jejich výrobě (Murtinger, 2007).

Solární články z **polykrystalického křemíku** označovaného (p-Si) jsou jasně modré a je u nich zřejmá jasná krystalická struktura. Polykrystalické solární články bývají většinou čtvercové. Účinnost polykrystalických článků je sice nepatrně slabší, ale za to dokážou lépe proměňovat difúzní světlo a světlo přicházející z boku. Obvykle bývají nepatrně levnější. Tento rozdíl se však v poslední době zmenšuje, případně zcela zmizel. Energetická návratnost polykrystalických článků se pohybuje okolo hodnoty 2,2 roku (Murtinger, 2007).

Druhá generace

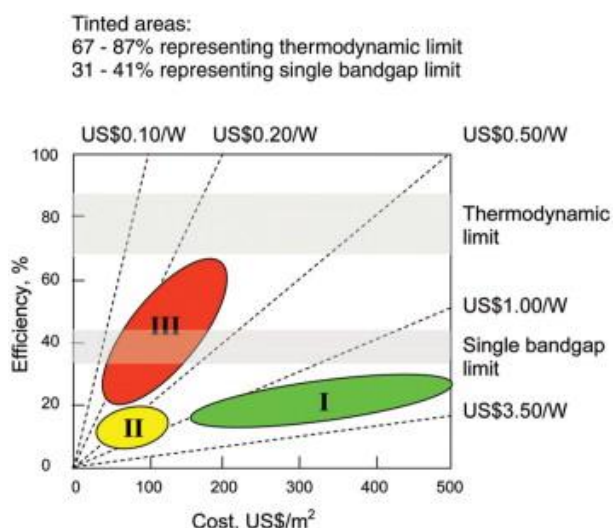
Podnětem pro rozvoj článků druhé generace byla snaha o snížení výrobních nákladů úsporou drahého základního materiálu – křemíku. Články 2. generace se vyznačují 100 - 1000 krát tenčí aktivní absorbující polovodičovou vrstvou tzv. (thin-film) a jejími představiteli jsou např. články z polykrystalického, mikrokrystalického či amorfního křemíku. V porovnání s první generací došlo k úspoře materiálu, tudíž i k poklesu výrobních nákladů, nicméně dosažená účinnost je obvykle nižší (v sériové výrobě obecně pod 10%). Významným přínosem tenkovrstvých článků je možnost volby substrátu (na které se tenkovrstvé struktury deponují). Dovoluje to použití flexibilních materiálů, jako

jsou např. organické, kovové či textilní folie. To značně rozšiřuje možnosti aplikace (Česká agentura pro obnovitelné zdroje energie, 2009).

Třetí generace

Do třetí generace se řadí systémy, které používají k oddělení nábojů jiné metody a materiály než polovodiče, jsou to např. polymerní články nebo fotogalvanické články. Tyto články však mají problémy s nižší účinností, proto se pro komerční užití příliš neužívají. Blízko komerčnímu užití jsou zatím jen flexibilní fotovoltaické moduly založené na organických polymerech (Kramer, 2004).

Graf 1 Generace fotovoltaických článků



Zdroj: *Photovoltaics Beyond (But Including) Silicon*. [online]. 2007 [cit. 2015-03-17].

Dostupné z: <http://adamant.typepad.com/seitz/2007/10/moores-thaw.html>

Tabulka 2 Účinnost různých materiálů fotovoltaických článků

<i>Materiál článku</i>	<i>Maximální laboratorní účinnost (%)</i>	<i>Maximální provozní účinnost sériového článku (%)</i>	<i>Průměrná účinnost článku (%)</i>	<i>Plocha potřebná na výrobu 1 kW (m²)</i>
monokrystalický křemík	24,7	21,5	15	6,7
polykrystalický křemík	18,5	15	14	7,2
amorfní křemík	12,7	8	6	16,7
CIS	19,5	11	10	10,0
CdTe	16,5	10	7	14,3

Zdroj: (Quaschnig, 2010)

4.5 Sluneční termické kolektory

Potenciál sluneční energie lze využít také k výrobě tepla, a to prostřednictvím instalovaných slunečních termických kolektorů. Jejich základním stavebním kamenem je absorber. To je plochá deska s neodrazivým povrchem se zabudovanými trubicemi pro odvod teplonosného média např. nemrznoucí kapaliny nebo vzduchu. Vložením absorberu pod skleněnou desku vznikne solární kolektor, který využívá tzv. skleníkového efektu. Získané teplo se využívá na přitápění nebo na ohřev teplé vody. V letních měsících mohou být tímto teplem vytápěny bazény (Dufka, 2007).

4.5.1 Ploché deskové

V kovovém rámu je klikatě umístěna měděná trubička procházející celou plochou kolektoru od vstupu k výstupu. Spodní strana bývá zpravidla izolována minerální vatou. Z vrchní strany je kolektor kryt skleněnou tabulí s nanesenou selektivní vrstvou vysoce absorpční látky, která zaručuje minimální vyzařování zpět do prostoru a maximální pohlcení sluneční energie. Teplo je předáno teplonosné (nemrznoucí) kapalině, která odvádí generované teplo do akumulární nádrže (Matuška, 2010).

4.5.2 Ploché deskové – vakuové

Tento kolektor je téměř ve všem shodný s klasickým deskovým, ale pro zlepšení jeho tepelně izolačních vlastností je řešen jako vakuový (v celém objemu kolektoru je vakuum). Díky tomu dochází k mnohem nižším ztrátám tepelné energie do okolního prostředí (Murtinger, 2010).

4.5.3 Trubicové vakuové

Struktura trubicových vakuových kolektorů se zakládá na systému řady skleněných trubic sestavených konstrukčně vedle sebe. V každé jednotlivé trubce je vedena další měděná trubka, ve které protéká teplonosná látka. Tyto trubky jsou uzavřeny v samostatných skleněných dvoustěnných vakuovaných trubicích. Díky tomu jsou tepelné ztráty trubicových kolektorů velmi malé a mohou získávat teplo i při velmi slabém slunečním svitu (např. slunce za mrakem – difúzní záření) nebo při extrémně nízkých teplotách. U tohoto typu termických kolektorů můžeme generovat větší energetický zisk.

Nevýhodou se jeví vyšší cena, hmotnost a teoretické riziko mechanického poškození (Matuška, 2010).

4.5.4 Trubicové vakuové – kondenzační

Kolektor na první pohled připomíná klasický vakuový trubicový kolektor. Princip se však zakládá na kondenzačním teple, které se vytváří při přechodu plynné látky do kapalného skupenství. Vlivem slunečního záření na měděnou trubičku se započne těkávat kapalina na dně trubice zahřívát a pozvolně přecházet vlivem vysoké teploty do plynného skupenství. Ve vrchní části vakuově-kondenzačního kolektoru (na konci trubice) se ochladí o horizontálně vedenou sběrnou trubku celého kolektoru, zkondenzuje a vrátí se zpět na dno trubičky. Při kondenzaci se uvolní kondenzační teplo, které se přes sběrnou–průtočnou trubku přeneso do kapaliny celého solárního systému. Celý průběh se stále opakuje v celé řadě trubic kolektoru najednou. Výhodou těchto kondenzačních kolektorů je vysoká účinnost i při zatažené obloze (Murtinger, 2010).

4.6 Energie biomasy

Biomasa je se značným odstupem nejdéle používaným zdrojem obnovitelné energie. První použití je datováno zhruba před 790 000 lety, kdy jeskynní člověk poprvé pochopil princip ohně. Do 18. století bylo využívání biomasy celosvětově nejvyužívanějším zdrojem energie. Následně došlo v průmyslových státech k zavádění využívání fosilních zdrojů energie a biomasa se stala druhořadou. Na začátku 21. století došlo k výraznému růstu cen ropy, což mělo za následek obnovení využívání energie z biomasy (Quaschnig, 2010).

Podstatnou část energie, kterou spotřebujeme, používáme k vytápění a na ohřev teplé vody. Teoreticky lze na teplo přeměnit jakoukoli formu energie s 100% účinností na rozdíl například od výroby elektrické energie. Technicky to ovšem není úplně jednoduché, zpravidla se musíme spokojit s účinností v rozmezí 80 - 90%. Teplo z biomasy se vyrábí zpravidla tím nejjednodušším způsobem který známe, a to spalováním. Hoření biomasy je složitý řetězec na sebe navazujících chemických reakcí, které probíhají za vysokých teplot a za účasti vzdušného kyslíku. V ideálním případě je výsledkem oxid uhličitý a voda. Při nedokonalém spalování vzniká celá řada nežádoucích a často toxických látek jako např. polycyklické aromatické uhlovodíky, oxidy dusíku, mikroskopické částice uhlíku - saze a podobně (Murtinger, 2011).

4.6.1 Dřevo

Používání dřeva jako paliva má velmi dlouhou historii. Jeho význam jako zdroje energie vzrostl až v poslední době, kdy se začaly častěji diskutovat otázky vyčerpání konvenčních zdrojů a ochrany životního prostředí. Dřevo tak díky svému bohatému výskytu poskytuje příležitost rozšířit nabídku zdrojů energie pro vytápění o zdroje lokálního původu. (Noskovič, 2008)

Zdrojem dřeva jsou z velké části dřeviny rostoucí na lesní půdě. Zhruba 25 % zemského povrchu tvoří lesní porosty. Z celkové rozlohy České republiky je podíl lesní půdy necelých 34%. V široké veřejnosti stále převažuje názor, že těžba dřeva ničí a likviduje životní prostředí, přitom roční vytěžené množství dřeva je zatím stále nižší než jeho roční přírůstek. Celkový roční přírůstek dřevní hmoty v ČR je cca 18 miliónu m³ a ročně se vytěží kolem 15 miliónu m³ dřeva. (Heřmánková, 2014) Z toho velká část dřeva

případá na lesní prořezy. Prořezy jsou nezbytnou součástí péče o lesy, které zajišťují stabilní a zdravé porosty. (Lesy ČR, 2012)

Na druhou stranu dle prof. Vladimíra Simanova, odborníka na lesní hospodářství působícího na Mendelově univerzitě v Brně, jsou naděje vkládané na energetické využívání dříví zcela nereálné. Faktem zůstává, že světová plocha lesů se snižuje o 0,2 procenta ročně a i když celková výměra lesů v Evropě ročně vzrůstá o 0,08 %, výměra hospodářsky využívaných lesů se snižuje zařazováním lesů do stále dalších území se zvýšenou ochranou až bezzásahovostí.

4.6.2 Palivové dřevo

Normy České republiky stanovují, že palivové dřevo musí splňovat v první řadě požadavek na procentuální podíl hniloby (maximálně 70 %) nebo musí mít jiné projevy poškození, jako je např. sukovatost, pokřivení, apod. Palivové dříví poskytované pro vytápění domácností má zpravidla podíl hniloby nižší, především pokud jde o dřevo určené ke spalování v krbech (hniloba 5 - 20 %). Palivové dřevo rozdělujeme podle toho, z jakého typu dřeva pochází, a podle tvrdosti – tvrdé, měkké; listnaté, jehličnaté. Dřevo jehličnanů najde uplatnění především v kotlích, pro krby je se hodí více listnaté dřevo. Tvrdé dřevo slouží k vytvoření dlouhotrvajícího a stabilního žáru, měkké dřevo se hodí dobře pro zapalování a také v případě, že chceme vytápěný prostor rychle vyhřát. (Koloničný, Horák, Petránková Ševčíková, 2011)

Porovnáme-li dřeviny podle základních vlastností, nejhodnotnějším palivem je dubové dřevo. Jedná se o tvrdé až velmi tvrdé dřevo, které má výbornou výhřevnost. Podobnou jakost má dále buk, jasan, nebo habr. Tyto druhy dřevin patří k těm nejdražším. Samostatnou skupinu tvoří energetické dřeviny – topoly, vrby, jasaný apod. Jsou to rychle rostoucí dřeviny, které díky svému rychlému růstu mají poměrně dobrou výhřevnost. V klimatických podmínkách České republiky mají energetické (rychle rostoucí) dřeviny poměrně velkou budoucnost. Otázkou je zda se podaří využít plochy, na kterých by mohly být rychle rostoucí dřeviny pěstovány (Koloničný, Horák, Petránková Ševčíková, 2011).

4.6.3 Krby a kamna

Klasickým způsobem vytápění biomasou je krb. Krb je jedno z nejstarších a dosud hojně používaných topidel. Má za sebou dlouhý vývoj a četná vylepšení. Avšak účinnost otevřených krbů se pohybuje v rozmezí 20 - 30%. To znamená, že nevyužitých

70 – 80 % energie palivového dřeva se ztrácí bez užitku únikem do komína. V zásadě je možné ohřívat pomocí krbu i užitkovou vodu. Většinou však krbová kamna a krby slouží jen jako doplňkový topný systém (Quaschnig, 2010).

4.6.4 Pelety

Pelety patří mezi paliva, která se v České republice spalují necelých 20 let. Vyrábí se zpravidla z dřevní hmoty. Protože je nutné je vyrábět, je jejich cena vyšší než u palivového dřeva nebo uhlí (Dufka, 2007).

"Jedná se o průmyslově lisované granule o průměru 6 až 14 mm, které se vyrábí zhruba do délky 40 mm. Podoba granulí je dosažena vysokotlakým lisováním dřevního odpadu (především pilin) za teploty, při které lignin plastifikuje a přejímá funkci pojiva udržující pelety v příslušném tvaru. Kromě toho lignin chrání pelety proti přijímání vlhkosti při jejich uskladnění." (Koloničný, Horák, Petránková Ševčíková, 2011)

Uskladnění pelet vyžaduje suché a velké prostory. Uskladnění pelet by mělo být blízko kotelny. Pelety by neměly být uskladněny nekrytě venku, neboť hrozí jejich navlhnutí (Dufka, 2007).

4.6.5 Kamna na pelety

Poslední dobou výrobci nabízejí celou řadu kamen na pelety. Jejich dnešní velkou výhodou je obsáhlý rozsah výkonů, což umožňuje jejich využití i v pasivních a moderních nízkoenergetických domech. V těchto domech se zpravidla používá rekuperační větrání. To je rozvod vzduchu, pro který není problém rovnoměrně rozdělit teplo do celého domu. Eliminuje se tím hlavní nevýhoda tohoto druhu kamen, jakožto lokálního topidla vůči teplovodním kotlům (ústřední vytápění). Možností využití kamen na pelety je více. Je možné je využívat stejně jako běžná "krbová kamna", u kterých nám záleží na tom, aby byl vidět hořící oheň. Existují také kamna na pelety s teplovodním výměníkem a možností připojení k ústřednímu topení. Kamna na pelety jsou poměrně velmi mnohostranně využitelným topidlem a v blízké budoucnosti lze očekávat nárůst jejich instalací (Murtinger, 2011).

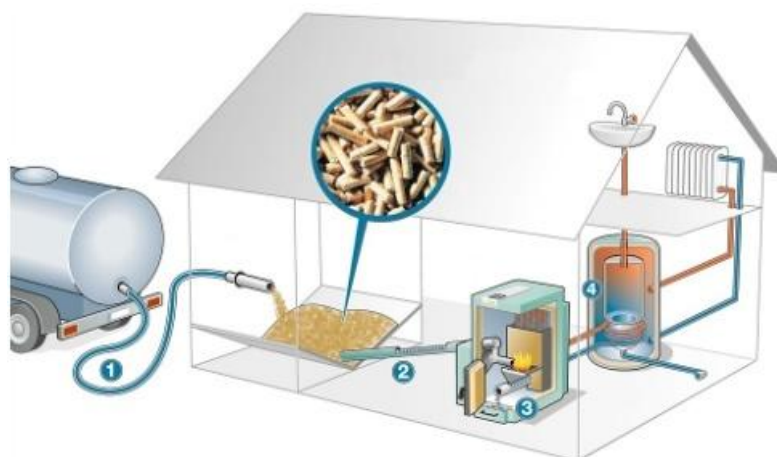
4.6.6 Kotle na pelety

Kotle oproti kamnům bývají zpravidla dražší a sofistikovanější zařízení. Dalším základním rozdílem je rozdíl ve výkonu. Kotle na pelety jsou dimenzovány k vyšším výkonům.

Vlastní hoření pelet probíhá zpravidla v docela malém hořáku. Struktura hořáku má velký vliv na účinnost spalování a bývá poměrně promyšlená. Pomocí šnekového mechanismu jsou pelety dávkovány ze zásobníku do hořáku. Toto dávkování probíhá současně s regulačním systémem kotle, aby byla pokryta jeho okamžitá potřeba tepla. Pelety se často zapalují pomocí elektricky žhavené spirály. Spalování je poměrně účinné, u kotlů na pelety dokážeme generovat již zmíněnou 90% účinnost (Murtinger, 2011).

Součástí mnoha dnešních kotlů je zásobník na pelety. Jejich objem se pohybuje většinou v rozmezí 100 - 1000 litrů, případně mohou být i větší. Spalování je řízeno většinou automaticky a množství pelet v zásobníku vydrží podle intenzity přikládání zhruba týden, někdy vydrží i déle. Kotel na pelety je ideální kombinovat s akumulací nádrží. Celkové náklady pořizovací včetně provozních bývají vyšší oproti vytápění dřevem (Dufka, 2007).

Obrázek 4 Systém vytápění peletami

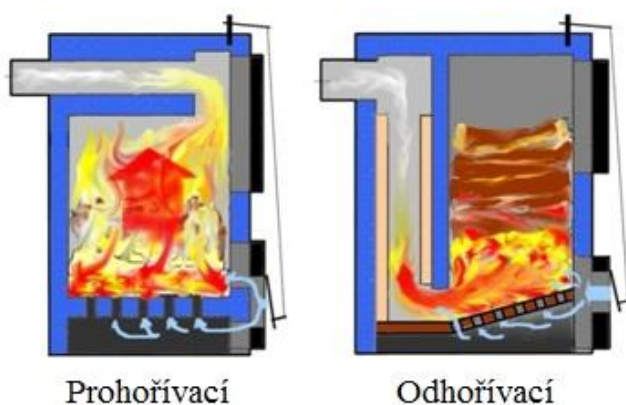


Zdroj: *Česká peleta - Komfortní obsluha*. [online]. 2015 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.ceska-peleta.cz/moznosti-vytapeni-peletami/komfortni-obsluha/>

4.6.7 Kotle na dřevo

Na trhu je několik typů kotlů na spalování palivového dřeva. Konstrukčně nejjednodušší a zároveň nejméně úsporné jsou tzv. prohořivací. V těch probíhá postupné spalování a spaliny následně procházejí přes vrstvu paliva. V odhořivacích kotlích na rozdíl od prohořivacích probíhá postupné spalování paliva ve vrstvě plynule doplňované, přičemž spaliny neprocházejí přes vrstvu dřeva (ČSN 07 0240, 2003).

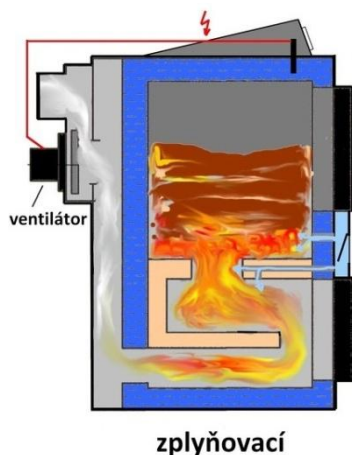
Obrázek 5 Prohořivací a odhořivací kotel



Zdroj: *Jak vybrat nový kotel na pevná paliva*. [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>

Velmi hospodárný provoz je také u kotlů, které pracují na principu zplyňování dřevní hmoty při procesu hoření. Jde o dobrou konstrukci kotlů a využití tepla z paliva, kotle jsou složitější a mají proti běžným kotlům vyšší cenu (Dufka 2007). Zplyňovací kotel je vlastně druh odhořivacího kotle s ručním přikládáním, ve kterém se vyšší úrovně spalování dosahuje řízeným přísunem spalovacího vzduchu ventilátorem (Koloničný, Horák, Petránková Ševčíková, 2011).

Obrázek 6 Zplyňovací kotel



Zdroj: Jak vybírat nový kotel na pevná paliva. [online]. 2013 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>

U tohoto druhu kotle je spalovací komora vytvořena z žárobetonových tvarovek, což výrazně napomáhá kvalitnímu vyhoření prchavé hořlaviny. K uvolňování prchavé hořlaviny (zplyňování) dochází při jakémkoliv spalování paliva. Tedy i u klasických odhořivacích a prohořivacích kotlů. Označení této technologie jako zplyňovací vyjadřuje možnost podstatně větší kontroly nad uvolňováním prchavé hořlaviny a také nad jejím dokonalým vyhořením, díky řízenému přísunu spalovacího vzduchu (Koloničný, Horák, Petránková, Ševčíková, 2011).

4.7 Nová zelená úsporám

Zelená úsporám je rozsáhlý plán Ministerstva životního prostředí. Vede ho Státní fond životního prostředí, který lidem poskytuje dotace pro energetické úspory. Financován je z prostředků získaných z prodeje emisních povolenek na vypouštění skleníkových plynů dle Kjótského protokolu.

Program žadatelům poskytuje nevratné dotace na zavedení úsporných opatření. Dotace jsou konkrétně poskytovány na zateplení domů, pořízení rekuperace tepla, výměnu oken, výměnu neekologického zdroje vytápění za ekologický (kotle na biomasu, tepelná čerpadla, solární kolektory) a pořízení nového pasivního domu (Nová zelená úsporám, 2015).

V době psaní textu práce (leden 2015) jsou žádosti o dotaci u rodinných domů pozastaveny. Nicméně na duben roku 2015 se připravuje další výzva pro rodinné domy. Uvedl to Jan Kříž z Ministerstva životního prostředí na konferenci Pasivní domy 2014. Podle informací Ministerstva životního prostředí budou do podpory zařazeny další opatření v oblasti C - Efektivní využití zdrojů energie a to zejména dotace na zdroje tepla. V oblasti A - snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů budou zjednodušeny podmínky (Konference Pasivní domy, 2014).

5 Praktická část

5.1 Poloha a popis rodinného domu

Diplomová práce pojednává o rodinném domě č.p. 2518 v Křičkově ulici v Teplicích. Dům byl, vyjma některých náročnějších řemeslných prací, postaven svépomocí v 60. letech minulého století. Je situován na pozemku s parcelním číslem 1972/9, vedeném na katastrálním území města Teplice (Lázeňská čtvrť Šanov). Snímek z katastrální mapy je v příloze č. 14. Plošná výměra parcely je 1 575 m² (vč. v roce 2002 dvou oddělených parcel č. 1975/15 a č. 1972/16 pro stavbu dvou garáží). Satelitní snímek rodinného domu je uveden v příloze č. 15.

Obrázek 7 Fotografie domu



Zdroj: vlastní zpracování

Na zatravněné zahradě kolem oplocení jsou vzrostlé jehličnany a ozdobné keře. Individuální projekt respektoval podmínky stanovené stavebním úřadem vč. doporučení městského architekta, aby dům svou výškou a tvarem střechy splynul harmonicky s jedinečným prostorem chráněného přírodního prostředí Písečného vrchu.

Nepravidelný svažité terén ovlivnil podstatně při zakládání stavby rozsah zemních prací a zmíněné architektonické řešení rodinného domku. Tři terénní vrstvy, do nichž je dům zasazen, jsou propojeny vstupním schodištěm a dvojími schody v zahradní části.

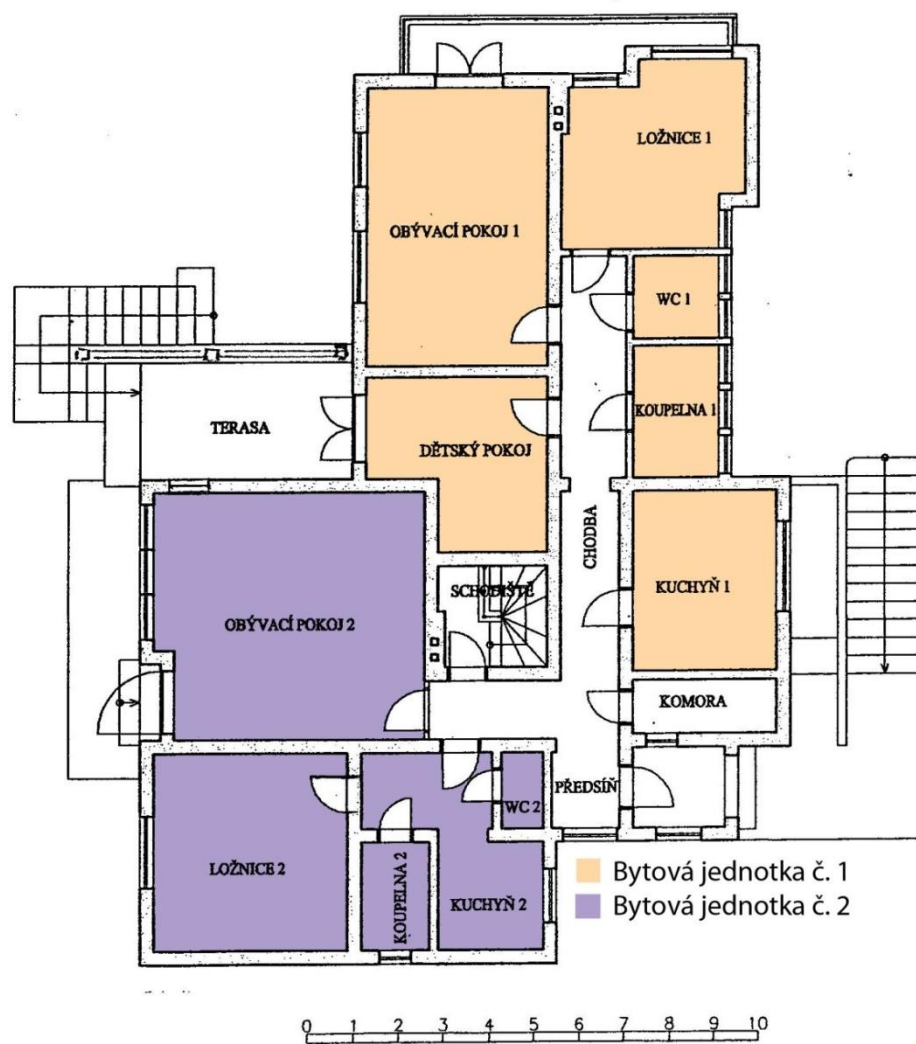
V průběhu let se rodina rozrostla, z tohoto důvodu byl dům v roce 1992 rozšířen o místnost Ložnice 2. Aktuálně žijí v domě pouze dvě osoby. Další snímky rodinného domu jsou uvedeny v přílohách č. 16, 17 a 18.

Tabulka 3 Bytové jednotky

Bytová jednotka č. 1 (3+1)	Bytová jednotka č. 2 (2+1)
Kuchyň 1	Kuchyň 2
Obývací pokoj 1	Obývací pokoj 2
Dětský pokoj	Ložnice 2
Ložnice 1	Koupelna 2
Koupelna 1	WC 2
WC 1	

Zdroj: vlastní zpracování

Obrázek 8 Rozdělení bytových jednotek



Zdroj: vlastní zpracování

5.1.1 Základy

- ❖ Základy (podsklepené i nepodsklepené části) původní stavby vč. přístavby v roce 1992: betonové pásy uložené v hloubce 1,0 - 1,2 m pod upraveným terénem.

5.1.2 Suterén (1.PP)

- ❖ Svislé konstrukce:
 - zasahující do svahu rostlého terénu: opěrná betonová zeď tl. 45 cm s izolací proti vlhkosti a cihelnou přízdívkou
 - ve volném prostoru: tl. 40 cm z plynosilikátových tvárnic rozměru 40x30x25cm,
 - použité pojivo: cementová malta a vápeno-cementová malta.
 - nároží objektu u vchodových schodů: žula.
 - čelní zdivo terasy: spongilitická opuka, malta vápeno-cementová.
- ❖ Vodorovné konstrukce:
 - Podlaha suterénu: beton (sklepní prostory, dílna, skladiště zahradnického nářadí), v ostatních místnostech je keramická dlažba (chodba, prádelna, garážové stání, skladiště)

5.1.3 Obytné podlaží (1.NP)

- ❖ Svislé konstrukce:
 - zdivo tl. 30 cm provedené z plynosilikátových tvárnic rozměru 40x30x25 cm, příčky z pálených plných cihel, omítky vápenné a vápeno-cementové
- ❖ Vodorovné konstrukce:
 - strop 1. PP (současně podlaha I. NP): ocelové nosníky tvaru "I" výšky 16 cm, desky Hurdis tl. 8 cm, výplňová cementová malta, škvárové lože, škvárobeton, betonová mazanice.
 - Podlaha I. NP: keramické dlaždice: (kuchyň1, kuchyň 2, komora, předsíň, chodby, WC1, WC 2, koupelna), vlýsky: (ložnice 1, obývací pokoj 2), plovoucí podlahy: (obývací pokoj 1, dětský pokoj).
 - Strop I. NP: podbitá prkna 2,5 cm, rákosová rohož, rabičkové pletivo, štuková omítka, (strop přístavby je součástí zastřešení.)

Povrch jednotlivých místností je uveden v příloze č. 1.

5.1.4 Zastřešení

Střecha původní stavby: sedlová se sklonem 12°. Konstrukce se skládá z dřevěných sbíjených příhradových nosníků uložených 1 metr od sebe na pozednicích. Mezi vazníky jsou naskládány izolační polštáře, které jsou plněné skelnou vatou tl. 5 cm. Krytina je z 2,5 cm tlustých prken, lepenky a pozinkovaného plechu.

Střecha přístavby: pultová se sklonem 1° směrem od venkovní stěny původní stavby. Konstrukce je z ocelových nosníků tvaru "I" výšky 16 cm, tvarovek Hurdis, cementové malty, škvárobetonu, perlítových polštářů, betonové mazaniny, izolační lepenky a pozinkovaného plechu.

Konkrétní údaje jsou uvedené v přehledně v přílohách č. 3, 4 a 5.

5.1.5 Vytápění domu

Pro vytápění rodinného domku byl navržen Báňskými projekty Teplice (v lednu 1966) teplovodní systém samotížný s teplotou vody max. 90/70°C a s rozvodem umístěným pod stropem suterénu stavby. Ke zrychlení oběhu topné vody bylo zabudováno do vratného potrubí oběhové čerpadlo.

Kotel o výhřevné ploše 4m² na spalování hnědého uhlí byl vyroben v topenářském středisku Městského stavebního podniku v Teplicích. Tehdejším projektantem byly tepelné ztráty včetně tepelných ztrát v rozvodu odhadnuty na 30 000 kcal/hod, což v přepočtu na kWh činilo 34,8 kWh (1 kcal = 0,00116kWh).

V červnu 1989 byl dům plynofikován. Jako zdroj tepla začal sloužit podle projektu topenářského střediska Okresního stavebního podniku v Teplicích doporučený plynový teplovodní kotel Vaillant VC-25 o výkonu 29 kW s nuceným oběhem topné vody pomocí vestavěného čerpadla. Projektantem byly vypočteny tepelné ztráty na 29,4 kW. Kotel Vaillant vytápí objekt i po přístavbě, provedené v roce 1992. V průběhu dalších let byl vyvložkován komínový průduch, důsledněji zaizolovány trubky tepelného rozvodu a provedena celková výměna původních dřevěných oken a venkovních dveří za plastové. Tato opatření příznivě ovlivnila snížení nákladů na vytápění, jak vyplývá z výpočtu tepelných ztrát pro tento dům z října 2014 (fa PROTECH - projektování otopných soustav Ing. Vladimír Mazač). Přehled vytápěných místností je uveden v příloze č. 2.

Z části zachované projektové dokumentace není jasné řešení tepelných mostů. Proto byl ve Výpočtu použit korekční činitel $\Delta U = 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - pro konstrukce s běžnými tepelnými mosty (dříve standardní řešení).

Pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C a pro běžnou prostupnost okenních a dveřních spár činí současné tepelné ztráty objektu rodinného domu 23,437 kW. V blízkém časovém horizontu má dům projít rekonstrukcí, zejména kompletním zateplením. Očekává se, že rekonstrukce přinese z ekonomického hlediska úspory na nákladech na vytápění v rámci 30-50%. Dále eliminuje negativní vlivy tepelných změn v konstrukcích, sníží provozní výkon topné soustavy.

Z technického hlediska dojde ke zvýšení povrchové teploty stěn a stropů místností, tím se sníží se rizika vzniku kondenzace a plísní, rovněž dojde k eliminaci tepelných mostů a stavba bude lépe odolávat povětrnostním vlivům.

Volba vhodného zateplovacího materiálu včetně montážních postupů, návrhu kotvení a vhodné povrchové úpravy stěn bude svěřena zkušenému projektantovi a vlastní realizace renomované firmě, která má přesvědčivé zkušenosti se zateplováním staveb.

5.1.6 Ohřev teplé vody

Rodinný dům využívá dvou způsobů ohřevu teplé vody. Bytová jednotka č. 2 využívá k ohřevu teplé vody plynovou karmu značky Moratop. Bytová jednotka č. 1 prošla počátkem tisíciletí částečnou rekonstrukcí a k ohřevu teplé vody využívá dva elektrické bojlerů značky Dražice o objemu 160litrů, ze kterých je v současnosti v provozu pouze jeden. V níže uvedené tabulce je pro přehlednost uveden způsob vytápění a ohřevu teplé vody v obou bytových jednotkách.

Tabulka 4 Způsob vytápění a ohřevu teplé vody

Zdroj	Ohřev vody		Vytápění
	Elektřina	Plyn	Plyn
Byt. Jednotka 1	Ano	X	Ano
Byt. Jednotka 2	X	Ano	

Zdroj: vlastní zpracování

5.1.7 Tepelné ztráty objektu

Tepelné ztráty byly propočteny dle ČSN 06 2010:1994 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění.

Podrobné údaje pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny v přílohách č. 7 až 13. Výpočet tepelných ztrát vytápěných prostor I. NP. rodinného domu, Teplice, Kříčkova ulice (ing. Vladimír Mazač, projektování otopných soustav, říjen 2014) byl vypočten na základě vztahů (3.2) až (3.7).

Tabulka 5 Základní údaje o objektu

Lokalita	Teplice
Nadmožská výška	205 m
Klimatická oblast	2
Výpočtová venkovní teplota	-15 °C
Krajina s intenzivními větry	Ano
Poloha budovy v krajině	Chráněná
Charakteristické číslo budovy	B 8
Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p	Dle normy
Přirážka na zátop p ₂	0%
Přirážka na světovou stranu p ₃	Dle normy

Zdroj: (Mazač, 2014, vlastní zpracování)

Pro výpočtovou venkovní teplotu -15°C, která byla vypočtena ze vztahu (3.1) a pro běžnou propustnost okenních a dveřních spár činí tepelné ztráty objektu RD v Teplicích, Kříčkově ul. 23, 437 kW.

Tabulka 6 Celková tepelná ztráta vytápěné části

Tento dokument obsahuje všechny zadané úseky

$B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$ $t_e = -15 \text{ °C}$ $p_2 = 0 \%$ $t_{ib} = 20,0 \text{ °C}$

podl.	č.m.	účel	úsek	t_i °C	M	t_{ap} °C	ΔB	n h ⁻¹	n_p h ⁻¹	$V_{i,p}$ m ³ .h ⁻¹	V m ³ .h ⁻¹	p_1 %	p_3 %
ÚSEK 1													
1	101	Obyvací pokoj 1	1	20	0,4	24,0		0,67	0,50	42,2	0,0	11	5
1	102	Ložnice 1	1	20	0,7	22,9		1,00	0,50	44,3	0,0	8	10
1	103	WC 1	1	15	0,7	16,1		1,63	0,50	15,2	0,0	3	5
1	104	Koupelna 1	1	24	0,7	27,4		1,45	1,00	20,6	0,0	8	5
1	105	Kuchyně 1	1	20	0,7	23,3		0,77	0,50	26,4	0,0	9	5
1	106	Komora	1	15	0,7	16,8		0,68	0,50	6,5	0,0	6	0
1	107	WC 2	1	17	0,7	17,9		0,00	0,50	2,2	0,0	0	0
1	108	Kuchyně 2	1	20	0,7	21,5		0,67	0,70	21,0	0,0	4	0
1	109	Koupelna 2	1	24	0,7	26,4		0,68	1,00	12,4	0,0	6	0
1	110	Ložnice 2	1	20	0,7	22,9		0,47	0,50	28,1	0,0	8	-5
1	111	Obyvací pokoj 2	1	20	0,7	21,8		0,93	0,50	77,7	0,0	5	0
1	112	Pokoj	1	20	0,7	21,8		0,85	0,50	29,4	0,0	5	0
1	113	Chodba	1	20	0,7	21,4		0,53	0,50	36,4	0,0	4	-5

č.m.	úsek	O m ³	S_p m ²	Q_{pm} W	Q_{zm} W	Q_{im} W	Q_z W	Q_{cm} W	Q_v W	Q_{vr} W	Q_{cmv} W
ÚSEK 1											
101	1	65,6	23,0	3 140	3 140	533		3 673			3 673
102	1	45,7	16,1	2 909	2 909	560		3 469			3 469
103	1	9,6	3,4	216	216	164		381			381
104	1	14,7	5,2	948	948	291		1 239			1 239
105	1	35,8	12,6	1 681	1 681	334		2 015			2 015
106	1	9,9	3,5	400	400	70		469			469
107	1	4,5	1,6	-11	-11	26		15			15
108	1	31,1	10,9	961	961	265		1 226			1 226
109	1	12,8	4,5	586	586	174		761			761
110	1	58,3	20,5	1 832	1 832	356		2 187			2 187
111	1	86,6	30,4	2 984	2 984	983		3 967			3 967
112	1	35,9	12,6	1 314	1 314	371		1 685			1 685
113	1	71,7	25,1	1 889	1 889	461		2 349			2 349
Σ úsek 1		482,3	169,2	18 850	18 850	4 587	0	23 437	0	0	23 437

Legenda

Q_{cm} - tepelné ztráty včetně přírážky p_2

Q_{cmv} - tepelné ztráty bez p_2 , včetně Q_v nebo Q_{vr}

Q_{im} - je počítáno pro větší z hodnot n_t , n_p

Zdroj: (Mazač, 2014)

5.1.8 Průměrné roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody

Vytápění v současné době zajišťuje kompletně plynový kotel Vaillant VC-25 o výkonu 29 kW. V současné době se v domě nachází původní plynový kotel, který byl instalován v roce 1989. Způsob ohřevu vody se liší v obou domácnostech, viz popis domu. V tabulce níže jsou uvedené průměrné náklady na vytápění a ohřev teplé vody. Uvedená data se průměrují pouze z let 2013 a 2014, protože pouze po tuto dobu v domě bydlí stejný počet osob. (2 osoby) Navíc se v zimních měsících aktivně topilo pouze ve dvou

místnostech. Do budoucna se počítá s nahrazením dosavadního způsobu vytápění, který je značně zastaralý a kromě změny vytápění se bude aktivně topit ve většině místností. Z tohoto důvodu existuje značný rozdíl mezi spotřebou a potřebou energie na vytápění i ohřev teplé vody. Spotřeba energie se do budoucna jistě zvýší.

Potřeba energie na ohřev teplé vody byla vypočtena v souladu s metodikou ČSN EN 15316-3. Potřeba energie teplé vody byla vypočtena na základě vztahu (3.10) a (3.11). Pro potřebu teplé vody se uvažovala spotřeba 40l/os./den, bylo tedy počítáno s hodnotou 0,08m³. Pro budoucí potřeby TV se uvažovaly 3 osoby (0,12m³). Elektrický bojler se spíná pouze v nízkém tarifu, z tohoto důvodu je průměrná cena za 1MWh 2 228,11 Kč. Potřeba energie na vytápění byla vypočtena pomocí "denostupňové" metody na základě vztahů (3.8) a (3.9). K oběma výpočtům bylo použito výpočtové pomůcky portálu TZB info, která je uvedena v příloze č 19. Pro údaje výpočtů potřeby tepla byla do výpočtu zahrnuta průměrná cena plynu za poslední dva roky.

Tabulka 7 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody za roky 2013 a 2014

		Ohřev vody (MW)		Vytápění + Ohřev vody (MW)	Celkem
		Elektřina		Plyn	
Zdroj					
Spotřeba	Byt. Jednotka 1	1,96 * 2 228,11 = 4 367 Kč		24,32 * 1 441 = 35 045Kč	39 412 Kč
	Byt. Jednotka 2	X			
Potřeba	Byt. Jednotka 1	3 * 2 228,11 = 6 684 Kč		(48 *1 441) ÷(0,90*0,98*0,99)= 79 214 Kč	85 898 Kč
	Byt. Jednotka 2	X			

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky je zřejmý markantní rozdíl mezi potřebou a spotřebou. Pro účely dalších výpočtů bude počítáno s údajem potřeby, který do budoucna bude více odpovídat realitě.

5.2 Varianta A vytápění pomocí kotle na pelety (dřevo) v kombinaci s fotovoltaickými panely

Kotel na pelety bude uvažován v kombinaci s fotovoltaickými panely. V letních měsících budou ohřívat TV a tím se zvýší životnost peletového kotle, který se v letních měsících nebude zapínat.

5.2.1 Kotel na pelety

Na základě zvolených kritérií byl vybrán kotel na pelety. Rozhodující kritéria pro výběr kotle byla s ohledem na tepelné ztráty objektu určena v tabulce níže. Mezi nejdůležitější faktory výběru patří cena, účinnost a výkon.

Tabulka 8 Srovnání kotlů na pelety

Typ Kotle na pelety	Max. účinnost v %	Emisní třída	Cena včetně DPH v Kč	Výkon kW	Spotřeba paliva kg/h
ATMOS D 20P	92	5	103 793	6,5-22	5
TOP MAX Pellet Dual Plus	89	5	117 915	20	4,5
Benekov R 26 zásobník 250 l	92,7	4	148 830	24	1,5-5,3

Zdroj: Autorská práce

Výběr vhodného kotle byl poměrně náročný. Některé kotle uvádí pouze cenu holého kotle s hořákem a jejich cenu bylo nutné poskládat. Jiné ve své ceně obsahují i další příslušenství jako např. zásobník na pelety či šnekový dopravník. Napříč automatickými kotli platí pravidlo, že čím vyšší stupeň automatizace tím vyšší cena. Na základě kritérií cena a účinnost byl zvolen kotel na pelety Atmos D20P. Tento model v ceně obsahuje šnekový dopravník, zásobník na pelety, automatické zapalování a mnoho dalších výhod.

5.2.2 Technické údaje kotle na pelety

Výkonový rozsah v kW	6,5-22
Spotřeba paliva kg/h	5
Rozměry v mm (výška, šířka, hloubka)	1405*606*470
Elektrický příkon při provozu	92 W

Obrázek 9 Kotel na pelety Atmos D20P



Zdroj: Kotel na pelety D20P. [online]. 2014 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>

Tabulka 9 Kalkulace kotle na pelety Atmos D20P

ATMOS D 20P	35 900 Kč
Hořák A 25	14 900 Kč
Šnekový dopravník (1,5 m)	8 900 Kč
Nádrž na pelety 500 l	5 900 Kč
Akumulační nádrž 800 l s plovoucím bojlerem	27 917 Kč
Pneumatické čištění hořáku	14 700 Kč
Laddomat 21	6 470 Kč
Doprava	1 900 Kč
Celková cena za sestavu kotle na pelety	141 070 Kč
Montáž včetně 15 % DPH	4 421 Kč
Cena včetně 21% DPH	145 491 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 11 Srovnání tepelných čerpadel země - voda

Typ tepelného čerpadla	Cena včetně DPH	Výkon v Wp	Účinnost panelu v %	Druh panelu
Axitec 250Wp	4 816	250	15,3	polykrystalický
Luxor Eco Line 190Wp mono LX	4 206	190	18,5	monokrystalický
Kyocera 250Wp KD250GH-4YB2	6 690	250	15,1	polykrystalický
Trina Solar TSM-PC05, 245 W	6 292	245	15.0	polykrystalický

Zdroj: Autorská práce.

Rozhodujícím faktorem byla cena a druh panelu. Polykrystalické panely dokážou lépe využívat difúzní světlo a světlo, které přichází z boku. Výrobce garantuje po 25 letech provozu 85% účinnost, což umožňuje smysluplné použití panelů i po 25 letech.

5.2.4 Technické údaje o solární sestavě a kalkulace

Rozměry:	1645 x 990 x 38 mm
Hmotnost:	19kg
Životnost:	25 let (85% z původní účinnosti)

Obrázek 10 Obrázek zapojení fotovoltaických panelů Axitec 250W



Zdroj: *Unsere Referenzen*. [online]. 2012 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://www.md-solar.de/referenzen.html>

Tabulka 12 Kalkulace fotovoltaických panelů

Solární panel Axitec 250Wp 8 ks	31 840 Kč
DC rozvaděč	5 530 Kč
Kabeláž DC	9 900 Kč
Control Box	10 850 Kč
Doprava	3 520 Kč
Cena včetně 21% DPH	74 584 Kč
Montáž včetně 15% DPH	12 075 Kč
Celková cena solárního zařízení	86 659 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkem kotel na pelety + solární panely 232 150 Kč

5.2.5 Návratnost Investice do kotle na pelety spolu s fotovoltaickými panely

Finanční úspora oproti původní variantě 85 898 - 69 346 = 16 552 Kč

Ekonomická návratnost investice (3.12)

$$T_s = \frac{232\,150}{16\,552} = 14 \text{ let}$$

Prostá doba návratnosti nereflektuje časovou hodnotu peněz. Mnohem průkaznější je použití diskontované doby návratnosti. Diskontní sazba se určuje na základě předpokládaných výnosů z alternativní investice. Hodnota výnosu desetiletého státního dluhopisu³ je stanovena na 0,35 (31.1.2015) Společně s meziroční výší inflace⁴ 0,4 pro rok 2014 a diskontní sazbou⁵ 0,05 % odráží hodnoty časovou hodnotu peněz. Celková diskontní sazba tedy činí 0,8% Nicméně takto vypočtený diskontní faktor nereflektuje dlouhodobé období, proto ve výpočtu byly zahrnuty údaje alespoň za poslední 3 roky. Nově vypočtená hodnota diskontního faktoru je 4,05%. U kotle na pelety bylo navíc počítáno, na základě osmiletého vývoje cen peletového paliva⁶, s ročním růstem nákladů ve výši 2%

³ Výnos desetiletého státního dluhopisu. [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/vynos-desetileteho-statniho-dluhopisu-maastrichtske-kriterium/>

⁴ Roční míra inflace. [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: http://www.czso.cz/csu/redakce.nsf/i/mira_inflace

⁵ Diskontní sazba. [online]. 2015 [cit. 2015-03-12]. Dostupné z: <http://www.cnb.cz/cs/index.html>

⁶ Dřevěné pelety – vývoj cen a novinky na trhu [online]. 2013 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: Zdroj: <http://oze.tzb-info.cz/peletky/9653-drevene-pelety-vyvoj-cen-a-novinky-na-trhu>. [online]. [cit. 2015-03-13].

Obrázek 11 Diskontní faktor

Rok	Roční míra inflace	Diskontní sazba dle ČNB	Výnos desetiletého dluhopisu	Diskontní faktor
2014	0,4	0,05	1,57	2,02
2013	1,4	0,05	2,27	3,72
2012	3,3	0,2	2,92	6,42
Průměr	1,7	0,1	2,253333	4,053333

Zdroj: Vlastní zpracování

Diskontovaná doba návratnosti (3.13 a 3.14)

Rok	Investice	Náklady	Úspora 1,9%	Diskontní faktor 4,05%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	232 150			1		
1		69 346 Kč	16 552 Kč	0,9610764	15 908 Kč	15 908 Kč
2		70 733 Kč	16 866 Kč	0,9236679	15 579 Kč	31 488 Kč
3		72 148 Kč	17 187 Kč	0,8877154	15 257 Kč	46 746 Kč
4		73 591 Kč	17 514 Kč	0,8531623	14 942 Kč	61 688 Kč
5		75 062 Kč	17 846 Kč	0,8199542	14 633 Kč	76 322 Kč
6		76 564 Kč	18 185 Kč	0,7880386	14 331 Kč	90 653 Kč
7		78 095 Kč	18 531 Kč	0,7573653	14 035 Kč	104 688 Kč
8		79 657 Kč	18 883 Kč	0,7278859	13 745 Kč	118 433 Kč
9		81 250 Kč	19 242 Kč	0,6995540	13 461 Kč	131 894 Kč
10		82 875 Kč	19 607 Kč	0,6723248	13 182 Kč	145 077 Kč
11		84 532 Kč	19 980 Kč	0,6461555	12 910 Kč	157 988 Kč
12		86 223 Kč	20 359 Kč	0,6210048	12 643 Kč	170 632 Kč
13		87 947 Kč	20 746 Kč	0,5968331	12 382 Kč	183 015 Kč
14		89 706 Kč	21 140 Kč	0,5736022	12 126 Kč	195 142 Kč
15		91 501 Kč	21 542 Kč	0,5512756	11 876 Kč	207 018 Kč
16		93 331 Kč	21 951 Kč	0,5298179	11 630 Kč	218 649 Kč
17		95 197 Kč	22 369 Kč	0,5091955	11 390 Kč	230 039 Kč
18		97 101 Kč	22 794 Kč	0,4893758	11 155 Kč	241 194 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě podkladů byla diskontovaná doba návratnosti investice vypočtena na necelých 18 let. Oproti původní variantě byla uvažována úspora v meziročním rozsahu 1,9% .

Životnost kotle na pelety je garantována minimálně na 10 let. Ke kotli je navíc připojeno zařízení Laddomat, které výrazně prodlužuje životnost kotle. Životnost kotle navíc prodlužuje přítomnost fotovoltaických panelů, které zajišťují teplou vodu v letních měsících. Při správné obsluze peletového kotle by měla být splněna podmínka návratnosti investice vzhledem k její životnosti.

5.3 Varianta B vytápění pomocí tepelného čerpadla země - voda

Energie získaná z venkovního vzduchu, země nebo vody, šetří životní prostředí. Při zvolení vhodné varianty je možné získat velmi ekonomicky výhodné náklady na vytápění a přípravu teplé vody. Provozem čerpadel nevznikají žádné emise do ovzduší, ale zhruba 25% z celkové topné energie je nutné získat na provoz čerpadla z elektrického proudu. Úspěšnost a ekonomická návratnost projektu v praxi mnohdy závisí na zvolení správné varianty. V návrhu této varianty se muselo upustit od myšlenky hlubinného vrtu. Ten by na území lázeňské čtvrti nebyl povolen.

Tabulka 13 Srovnání tepelných čerpadel země - voda

Typ tepelného čerpadla	Cena včetně DPH	Topný výkon kW	Příkon	Topný faktor 0°/35°
Vaillant geoTHERM VWS 171/3	250 591 Kč	17,4	3,6	4,9
IVT Premium line EQ	296 450 Kč	17	3,64	4,7
NIBE F1145	260 150 Kč	16,89	3,93	4,3 - 5,04
Vitocal 200-G	348 395 Kč	17,2	2,4	4,5

Zdroj: Autorská práce.

Technické údaje se u tepelných čerpadel mohou mírně lišit podle normy, ze které vycházejí. Z tohoto důvodu u všech zde popisovaných tepelných čerpadel byly uvedeny údaje, které podléhají normě EN 14511.

Tepelná čerpadla se dimenzují podle tepelné ztráty a celkové potřeby tepla, které má tepelné čerpadlo produkovat (vytápění, ohřev teplé vody, ohřev bazénu apod.). Výkon tepelného čerpadla se stanovuje v rozmezí 50-70% tepelné ztráty. Na základě předložených tepelných čerpadel bylo vybráno TČ značky Vaillant geoTHERM VWS 171/3.

Takto dimenzované tepelné čerpadlo pracuje v bivaletním provozu a svým výkonem pokryje od 85-95% roční potřeby tepla. Zbývajících 5-15% potřeby tepla pokryje vestavěný elektrokotel o výkonu 6kW, který je instalován přímo v tepelném čerpadle. Tímto systémem je docíleno nejvyšší efektivity v poměru k pořizovacím nákladům na instalaci tepelného čerpadla.

5.3.1 Technické údaje tepelného čerpadla země-voda

Topný výkon (0°/35°)	17,4 kW
Rozměry v mm (výška, šířka, hloubka)	1200x600x840
Typ kompresoru	Scroll
Záruka na kompresor	10 let
Topný výkon (0°/55°)	16,3 kW
Příkon (0°/55°)	5,2
Topný faktor (0°/55°)	3,2

Obrázek 12 Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM VWS 171/3



Zdroj: *Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM VWS 171/3*. [online]. 2015 [cit. 2015-03-13].

Dostupné z: <http://www.vaillant.cz/tepelne-cerpadlo-geotherm-vws-p231.html>

Tabulka 14 Kalkulace tepelného čerpadla

Vaillant geoTHERM VWS 171/3	202 200 Kč
Akumulační nádoba allSTOR VPS 1000/3-7	76 000 Kč
Omezovač náběhu proudu	v ceně
jednotka ohřevu teplé vody VPM 30/35 W	v ceně
Přepínací ventil	2 336 Kč
záruka 5 let na TČ	3 000 Kč
Doprava	2 000 Kč
Potrubí na kolektor	35 000 Kč
Kapalina	5 550 Kč
Přípojovací potrubí	7 527 Kč
Sdružení kolektoru	7 500 Kč
Výkopové práce	176 000 Kč
Cena včetně 21% DPH	625 707 Kč
Montáž včetně 15% DPH	12 000 Kč
Celková cena za sestavu plynového kotle	637 707 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 15 Roční provozní náklady tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo		
η_k - účinnost systému	0.98	
η_o - možnosti regulace soustavy	0.99	
η_r - účinnost rozvodu vytápění	0.98	
Potřeb tepla na vytápění	$48/(0,98*0,99*0,98) = 50,48$	MWh/rok
ČEZ Nízký tarif	2 341,90	Kč
22 hodin	$50,48/3,2 = 15,78$ (24hod) $15,78/24*22 = 14,47$ (22hod) $14,47*2341,9 = 33887$ Kč	
Celkem	33887 Kč	
ČEZ Vysoký tarif	2660,18	
2 hodiny	$50,48/3,2 = 15$ (24hod) $15/24*2 = 1,31$ (2hod) $1,31 * 2660,18 = 3 485$ Kč	
Celkem	3 485 Kč	
Stálé platby	6432	
Cena	43804 Kč	

Zdroj: Vlastní zpracování

Náklady na provoz čerpadla se odráží v cenách elektrické energie. Za předpokladu využití tepelného čerpadla je používána dvou-tarifová sazba pro vytápění D 56d s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin.

Předpokládané náklady na ohřev vody v zásobníku $3 \cdot 2341,9$ 7026 Kč

Předpokládané roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody: 50 830 Kč

5.3.2 Návratnost Investice do kondenzačního kotle

Finanční úspora oproti původní variantě $85\,898 - 50\,830 = 35\,068$ Kč

Ekonomická návratnost investice (3.12)

$$T_S = \frac{637\,707}{35\,068} = 18 \text{ let a 2 měsíce}$$

Diskontovaná doba návratnosti (3.13 a 3.14)

Rok	Investice	Náklady	Úspora 1,3%	Diskontní faktor 4,05%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	637 707 Kč			1		
1		50 830 Kč	35 068 Kč	0,9610764	33 703 Kč	33 704 Kč
2		52 152 Kč	35 524 Kč	0,9236679	32 812 Kč	66 517 Kč
3		53 508 Kč	35 986 Kč	0,8877154	31 945 Kč	98 463 Kč
4		54 899 Kč	36 454 Kč	0,8531623	31 101 Kč	129 564 Kč
5		56 326 Kč	36 927 Kč	0,8199542	30 279 Kč	159 843 Kč
6		57 791 Kč	37 407 Kč	0,7880386	29 479 Kč	189 322 Kč
7		59 293 Kč	37 894 Kč	0,7573653	28 699 Kč	218 022 Kč
8		60 835 Kč	38 386 Kč	0,7278859	27 941 Kč	245 963 Kč
9		62 416 Kč	38 885 Kč	0,6995540	27 202 Kč	273 166 Kč
10		64 039 Kč	39 391 Kč	0,6723248	26 483 Kč	299 650 Kč
11		65 704 Kč	39 903 Kč	0,6461555	25 784 Kč	325 434 Kč
12		67 413 Kč	40 422 Kč	0,6210048	25 102 Kč	350 537 Kč
13		69 165 Kč	40 947 Kč	0,5968331	24 439 Kč	374 976 Kč
14		70 964 Kč	41 480 Kč	0,5736022	23 793 Kč	398 769 Kč
15		97 809 Kč	17 019 Kč	0,5512756	9 382 Kč	408 152 Kč
16		74 702 Kč	42 565 Kč	0,5298179	22 552 Kč	430 704 Kč
17		76 644 Kč	43 119 Kč	0,5091955	21 956 Kč	452 660 Kč
18		78 637 Kč	43 679 Kč	0,4893758	21 376 Kč	474 036 Kč
19		80 682 Kč	44 247 Kč	0,4703275	20 811 Kč	494 847 Kč
20		82 779 Kč	44 822 Kč	0,4520207	20 261 Kč	515 108 Kč
21		84 932 Kč	45 405 Kč	0,4344264	19 725 Kč	534 834 Kč
22		87 140 Kč	45 995 Kč	0,4175170	19 204 Kč	554 038 Kč
23		89 405 Kč	46 593 Kč	0,4012657	18 696 Kč	572 735 Kč
24		91 730 Kč	47 199 Kč	0,3856470	18 202 Kč	590 938 Kč
25		94 115 Kč	47 812 Kč	0,3706362	17 721 Kč	608 659 Kč
26		96 562 Kč	48 434 Kč	0,3562097	17 253 Kč	625 912 Kč
27		99 073 Kč	49 064 Kč	0,3423448	16 797 Kč	642 709 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Diskontovaná doba návratnosti tepelného čerpadla vychází na necelých 27 let. Srdcem tepelného čerpadla je kompresor, jehož životnost se v dnešní době odhaduje nejméně na 15 let. Odpovídá tomu i záruční doba, kterou stanovují výrobci kompresorů. Ve výpočtu je tedy zahrnuta výměna kompresoru po 15 letech v hodnotě 25 000 Kč.

Na základě osmiletého vývoje průměrných cen elektrické energie bylo ve výpočtu počítáno s ročním průměrných zdražení elektřiny⁷ o 2,6 %, respektive oproti vytápění plynem se jedná o úsporu ve výši 1,3% ročně.

⁷ *Vývoj ceny elektřiny*. [online]. 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://www.cena-elektriny.eu/vyvoj-ceny-elektriny/>

5.4 Varianta C vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle

Rodinný dům je od roku 1989 plynofikován. Současný kotel je na sklonku své životnosti. Nový plynový kotel bude navrhnout z důvodu pro srovnání výhodnosti nebo nevýhodnosti alternativních způsobů vytápění. Porovná se tím způsobem výhodnost alternativních řešení k hojně využívanému zdroji vytápění objektů. Pomocí vybraných kritérií bylo porovnáno několik variant. Na trhu kondenzačních plynových kotlů existují v zásadě tři druhy provedení: kondenzační kotel na vytápění (pro ohřev vody se zpravidla využívá externích zásobníků), kondenzační kotel s průtokovým ohřevem vody a kombinace výše zmíněných tedy kondenzační kotel s integrovaným vrstveným ohřevem teplé vody. Poslední zmíněný kombinuje výhody obou prvně zmíněných a z tohoto důvodu padla volba na plynový kotel s integrovaným vrstveným zásobníkem teplé vody. Při výběru byl kladen důraz především na cenu, spotřebu plynu a na objem integrovaného vrstveného zásobníku.

Tabulka 16 Srovnání kondenzačních plynových kotlů

Typ kondenzačního kotle	Účinnost v %	Cena včetně DPH	Výkon v kW při 80/60°C	Spotřeba zemního plynu m ³ /hod	Objem vrstveného zásobníku v litrech
Protherm Tiger Condens 25 KKZ42	108,4	69 091 Kč	4,9– 18,1	0.54 - 2.70	42
Junkers ZBS 30/150S-3 MA	109	90 132 Kč	6,4 – 29,4	3	150
Buderus Logamax plus GB172-24 T50	109	58 564 Kč	6,6 - 22,5	0.72 - 3.18	48
Vaillant ecoTEC plus VUW 306/5-5 - VIH CL 20 S	108	75 998 Kč	5,2 - 25,0	3,2	20

Zdroj: vlastní zpracování

Na základě výše zmíněných kotlů byl vybrán kotel značky Buderus Logamax plus GB172-24 T50. Pro jeho volbu rozhodlo několik následujících faktorů. Nejdůležitějším faktorem byla cena. Nadále má pro náš RD ideální kapacitu integrovaného vrstveného zásobníku. Ta sice v realitě odpovídá pouhým 48 litrům, nicméně tato kapacita poskytne stejný komfort teplé vody jako zásobník o objemu 160 litrů.

Obrázek 13 Buderus Logamax plus GB172-24 T50



Zdroj: *Plynový kondenzační kotel Logamax plus GB172*. [online]. 2015 [cit. 2015-03-13].
Dostupné z: <http://www.buderus.cz/produkty/kotle/nastenne-kondenzacni-kotle/logamax-plus-gb172.html>

5.4.1 Technické údaje plynového kotle

Výkonový rozsah v kW	6,6 – 22,5
Spotřeba plynu v m ³	0.72 - 3.18
Rozměry v mm	600 x 880 x 480
Elektrický příkon při plném zatížení	75 W

Kalkulace:	Buderus Logamax plus GB172-24 T50	48 400 Kč
	Doprava	700 Kč
	Příslušenství	5 300 Kč
	<u>Cena včetně 21% DPH</u>	<u>65 824 Kč</u>
	Montáž včetně 15% DPH	3400 Kč
	<u>Celková cena kondenzačního kotle</u>	<u>69 224 Kč</u>

Tabulka 17 Roční provozní náklady kondenzačního kotle

Plyn		
η_k - účinnost systému	1 ⁸	
η_o - možnosti regulace soustavy	0.99	
η_r - účinnost rozvodu vytápění	0.98	
Potřeb tepla na vytápění a ohřev teplé vody ÷ účinnost	52,57	MWh/rok
E-ON (průměr 2013 a 2014)	1 441	Kč/MWh
Cena	75 748	Kč/rok

Zdroj: Vlastní zpracování

Předpokládané roční náklady na vytápění a ohřev teplé vody: 75 748 Kč

5.4.2 Návratnost Investice do kondenzačního kotle

Finanční úspora oproti původní variantě 85 898 - 75 748 = 10 150 Kč

Ekonomická návratnost investice (3.12)

$$T_S = \frac{69\,224}{10\,150} = 6 \text{ let a } 10 \text{ měsíců}$$

Diskontovaná doba návratnosti (3.13 a 3.14)

Vzhledem k tomu, že plyn je neobnovitelný zdroj energie, očekává se neustálý nárůst jeho ceny a to i přesto, že krátkodobé výhledy pro rok 2015 hovoří o mírném poklesu. Kromě celkového množství plynu má na jeho cenu vliv i globální politika. Jako příklad můžeme uvést současné problémy Ruska a Ukrajiny. Plyn je stále strategickou komoditou a jeho vlastnictví znamená silnou vyjednávací pozici. Za posledních 7 let došlo k nárůstu ceny plynu v průměru o 3,9 % ročně.⁹

⁸ Účinnost kondenzačních kotlů se udává až ve výši 108%. Nicméně tato účinnost je podmíněna použitím nízkoteplotního vytápění. Vzhledem k velké ploše radiátorů v RD bude uvažováno s účinností 100%.

⁹ *Ceny plynu*. [online]. 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://www.cena-plynu.eu/ceny-plynu/>

Tabulka 18 Diskontovaná doba návratnosti plynového kotle

Rok	Investice	Náklady	Úspora oproti původní variantě 0%	Diskontní faktor 4,05%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	69 224			1		
1		75 748 Kč	10 150 Kč	0,9610764	9 755 Kč	9 755 Kč
2		78 702 Kč	10 150 Kč	0,9236679	9 375 Kč	19 131 Kč
3		81 772 Kč	10 150 Kč	0,8877154	9 010 Kč	28 142 Kč
4		84 961 Kč	10 150 Kč	0,8531623	8 660 Kč	36 802 Kč
5		88 274 Kč	10 150 Kč	0,8199542	8 323 Kč	45 125 Kč
6		91 717 Kč	10 150 Kč	0,7880386	7 999 Kč	53 124 Kč
7		95 294 Kč	10 150 Kč	0,7573653	7 687 Kč	60 812 Kč
8		99 010 Kč	10 150 Kč	0,7278859	7 388 Kč	68 201 Kč
9		102 872 Kč	10 150 Kč	0,6995540	7 100 Kč	75 302 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

Za použití získaných informací byla vypočítána diskontovaná doba návratnosti investice vycházející ze vztahů (3.13) a (3.14). Po 8 letech a 3 měsících se kumulovaná úspora vyrovná úrovni počáteční investice a nastane její doba návratnosti.

5.5 Čistá současná hodnota navrhovaných variant

Časová hodnota se v průběhu času mění. Dnešní hodnota peněžní jednotky je cennější než hodnota peněžní jednotky v budoucnu. Jako přepočítávací koeficient se použil diskontní faktor, který odráží inflaci, diskontní sazbu a výši výnosů z alternativní investice. Životnost jednotlivých variant byla na základě výše uvedených podkladů stanovena na 25 let.

5.5.1 Čistá současná hodnota kotle na pelety s fotovoltaickými panely

Tabulka 19 Čistá současná hodnota Varianty A

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odúročitel	DFC
0	0	232150,00	-232150,00	1	-232150,00
1	0	69346,00	-69346,00	0,961076	-66646,80
2	0	70732,92	-70732,92	0,923668	-65333,72
3	0	72147,58	-72147,58	0,887715	-64046,52
4	0	73590,53	-73590,53	0,853162	-62784,67
5	0	75062,34	-75062,34	0,819954	-61547,68
6	0	76563,59	-76563,59	0,788039	-60335,06
7	0	78094,86	-78094,86	0,757365	-59146,34
8	0	79656,76	-79656,76	0,727886	-57981,03
9	0	81249,89	-81249,89	0,699554	-56838,69
10	0	82874,89	-82874,89	0,672325	-55718,85
11	0	84532,39	-84532,39	0,646156	-54621,07
12	0	86223,03	-86223,03	0,621005	-53544,92
13	0	87947,50	-87947,50	0,596833	-52489,98
14	0	89706,45	-89706,45	0,573602	-51455,82
15	0	91500,57	-91500,57	0,551276	-50442,03
16	0	93330,59	-93330,59	0,529818	-49448,22
17	0	95197,20	-95197,20	0,509196	-48473,99
18	0	97101,14	-97101,14	0,489376	-47518,95
19	0	99043,16	-99043,16	0,470328	-46582,73
20	0	101024,03	-101024,03	0,452021	-45664,95
21	0	103044,51	-103044,51	0,434426	-44765,26
22	0	105105,40	-105105,40	0,417517	-43883,29
23	0	107207,51	-107207,51	0,401266	-43018,70
24	0	109351,66	-109351,66	0,385647	-42171,14
25	0	111538,69	-111538,69	0,370636	-41340,28
					-1 557 950,65 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

5.5.2 Čistá současná hodnota tepelného čerpadla

Tabulka 20 Čistá současná hodnota Varianta B

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odúročitel	DFC
0	0	637707,00	-637707,00	1	-637707,00
1	0	50830,00	-50830,00	0,961076	-48851,51
2	0	52151,58	-52151,58	0,923668	-48170,74
3	0	53507,52	-53507,52	0,887715	-47499,45
4	0	54898,72	-54898,72	0,853162	-46837,52
5	0	56326,08	-56326,08	0,819954	-46184,81
6	0	57790,56	-57790,56	0,788039	-45541,19
7	0	59293,12	-59293,12	0,757365	-44906,55
8	0	60834,74	-60834,74	0,727886	-44280,75
9	0	62416,44	-62416,44	0,699554	-43663,67
10	0	64039,27	-64039,27	0,672325	-43055,19
11	0	65704,29	-65704,29	0,646156	-42455,19
12	0	67412,60	-67412,60	0,621005	-41863,55
13	0	69165,33	-69165,33	0,596833	-41280,16
14	0	70963,63	-70963,63	0,573602	-40704,89
15	0	97808,68	-97808,68	0,551276	-53919,53
16	0	74702,03	-74702,03	0,529818	-39578,48
17	0	76644,29	-76644,29	0,509196	-39026,93
18	0	78637,04	-78637,04	0,489376	-38483,06
19	0	80681,60	-80681,60	0,470328	-37946,78
20	0	82779,32	-82779,32	0,452021	-37417,97
21	0	84931,59	-84931,59	0,434426	-36896,52
22	0	87139,81	-87139,81	0,417517	-36382,35
23	0	89405,44	-89405,44	0,401266	-35875,34
24	0	91729,98	-91729,98	0,385647	-35375,39
25	0	94114,96	-94114,96	0,370636	-34882,42
					-1 688 786,93 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

5.5.3 Čistá současná hodnota plynového kondenzačního kotle

Tabulka 21 Čistá současná hodnota Varianty C

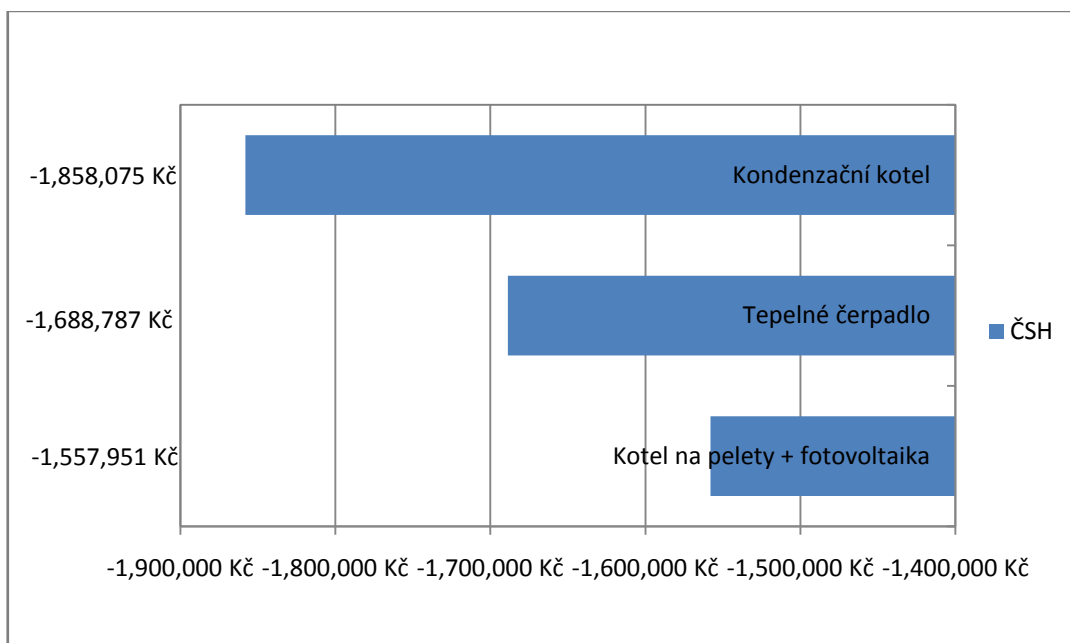
Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odúročitel	DFC
0	0	69224,00	-69224,00	1	-69224,00
1	0	75748,00	-75748,00	0,961076	-72799,62
2	0	78702,17	-78702,17	0,923668	-72694,67
3	0	81771,56	-81771,56	0,887715	-72589,87
4	0	84960,65	-84960,65	0,853162	-72485,22
5	0	88274,11	-88274,11	0,819954	-72380,73
6	0	91716,80	-91716,80	0,788039	-72276,38
7	0	95293,76	-95293,76	0,757365	-72172,19
8	0	99010,21	-99010,21	0,727886	-72068,14
9	0	102871,61	-102871,61	0,699554	-71964,25
10	0	106883,61	-106883,61	0,672325	-71860,50
11	0	111052,07	-111052,07	0,646156	-71756,91
12	0	115383,10	-115383,10	0,621005	-71653,46
13	0	119883,04	-119883,04	0,596833	-71550,17
14	0	124558,48	-124558,48	0,573602	-71447,02
15	0	129416,26	-129416,26	0,551276	-71344,02
16	0	134463,49	-134463,49	0,529818	-71241,17
17	0	139707,57	-139707,57	0,509196	-71138,47
18	0	145156,16	-145156,16	0,489376	-71035,91
19	0	150817,25	-150817,25	0,470328	-70933,51
20	0	156699,13	-156699,13	0,452021	-70831,25
21	0	162810,39	-162810,39	0,434426	-70729,13
22	0	169160,00	-169160,00	0,417517	-70627,17
23	0	175757,24	-175757,24	0,401266	-70525,35
24	0	182611,77	-182611,77	0,385647	-70423,68
25	0	189733,63	-189733,63	0,370636	-70322,16
					-1 858 074,93 Kč

Zdroj: Vlastní zpracování

5.5.4 Porovnání čistých současných hodnot

V následujícím grafu je vidět porovnání čistých současných hodnot. Zajímavostí je, že nejlevnější pořizovací náklady neznamení nejlepší výsledek ve výpočtu ČSH. To zde potvrdil kondenzační kotel, který přes své nízké pořizovací náklady a nadprůměrnou účinnost dopadl v porovnání nejhůře. Je to způsobené největším meziročním zdražením provozních nákladů tedy plynu, který meziročně průměrně zdraží o 3,9 %. Do jisté míry je překvapením tepelné čerpadlo, které přes velké investiční náklady zaujalo druhou pozici a to především nízkým průměrným ročním nákladům. Nejvyšší čistou současnou hodnotu získal kotel na pelety, který nejvíce těží z relativně stabilní ceny dřevěných pelet.

Graf 2 Porovnání čisté současné hodnoty

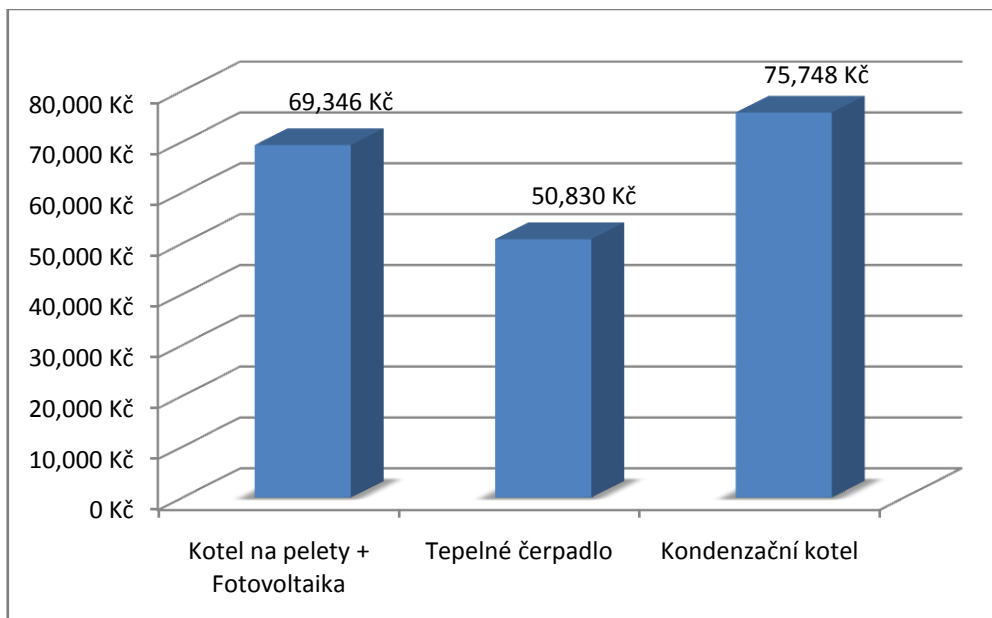


Zdroj: Vlastní zpracování

5.6 Porovnání variant

5.6.1 Porovnání ekonomické výhodnosti nabízených variant

Graf 3 Průměrné roční náklady na provoz



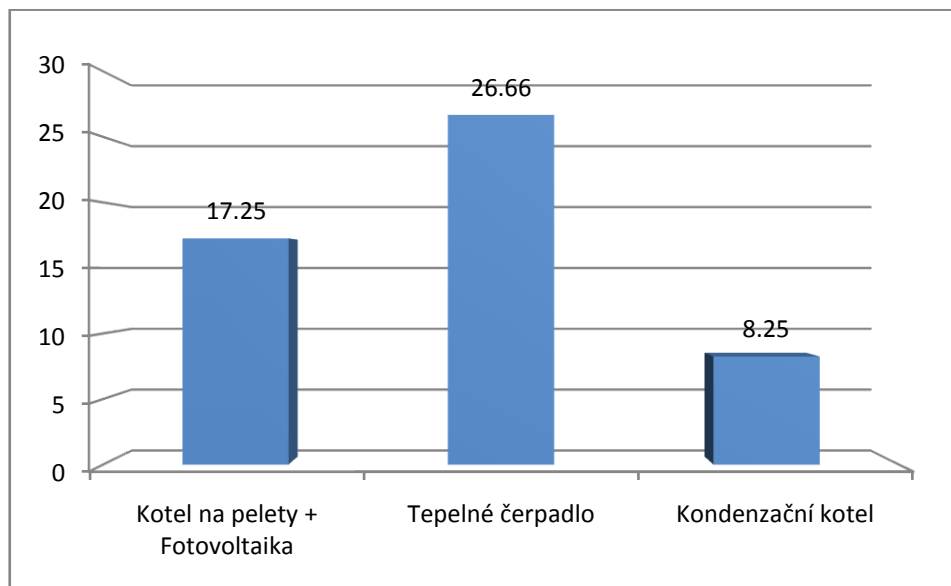
Zdroj: Vlastní zpracování

Nejnižší provozní náklady má tepelné čerpadlo, nicméně průměrné roční zvýšení nákladů o 2,6 % mluví v neprospěch tepelného čerpadla. Z hlediska průměrného zvýšení ročních nákladů je na tom nejhůře vytápění plynovým kondenzačním kotlem. Průměrný meziroční nárůst ceny plynu je 3,6%. Nejlépe jsou na tom dřevěné pelety, které evidují průměrný roční nárůst zhruba ve výši 2 %. K tomu navíc se dřevěné pelety dají v letním období pořídit až o 10-20 % levněji než v zimním období.

5.6.2 Srovnání diskontované doby návratnosti

U jednotlivých variant vytápění byly posouzena diskontovaná doba návratnosti. Vypočtené výsledky jsou zaneseny do grafu č. 4

Graf 4 Diskontovaná doba návratnosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Diskontovaná doba návratnosti je na rozdíl od prosté doby návratnosti založena na diskontovaném peněžním toku. Rozhodující je pro tuto metodu stanovení diskontního faktoru, který byl stanoven na 4,05% (5.2.5). Nejlepší diskontovanou dobu návratnosti 8 let a 3 měsíce má díky nízkým počátečním nákladům kondenzační kotel. Největší diskontovanou dobu návratnosti má tepelné čerpadlo, jehož diskontovaná doba návratnosti je 26 let a 8 měsíců. Tato návratnost je už za základní životnosti tepelného čerpadla. Kotel na pelety dosáhl hodnoty 17 let a 3 měsíce. Životnost kotle na pelety se prodlužuje použitím Laddomatu, fotovoltaických panelů a akumulční nádrží. Takto nastavený systém výrazně prodlužuje životnost kotle pravděpodobně za hranici 25 let.

5.7 Vícekriteriální analýza variant - Saatyho metoda

Nyní máme k dispozici veškeré údaje, které jsou potřebné pro výběr jedné z variant. V následující tabulce jsou ke kritériím přiřazena čísla.

Tabulka 22 Popis jednotlivých kritérií

Kritérium	Číslo
Cena	1
Ekologie = Vliv na životní prostředí	2
Komfort = Časová náročnost obsluhy	3
Návratnost Investice	4
Růst průměrných ročních nákladů	5

Zdroj: Vlastní zpracování

Na základě vztahu (3.19) byla ohodnocena matice v tabulce č. 22. Kritérium v řádku se vždy porovnává s kritériem ve sloupci. Hodnoty vyšší než jedna dávají přednost kritériu v řádku před kritériem ve sloupci. První sloupec za kritérii reprezentuje součin kritérií. Na základě vztahů (3.21) a (3.22) byla vypočítána váha jednotlivých kritérií.

Tabulka 23 Saatyho matice

s_{ij}	1	2	3	4	5	$s_i = \prod_{j=1}^5 s_{ij}$	$b_i = (s_i)^{\frac{1}{5}}$	$v_i = b_i / \sum_{i=1}^5 b_i$
1	1	0,5	4	1	3	6	1,430969	0,240004
2	2	1	5	3	3	90	2,459509	0,412512
3	0,25	0,2	1	2	3	0,3	0,786003	0,131829
4	1	0,33	0,5	1	3	0,5	0,870551	0,14601
5	0,33	0,33	0,33	0,33	1	0,012	0,415244	0,069645
						Součet	5,962276	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejdůležitějším kritériem s hodnotou 0,41 je kritérium č. 2, které zohledňuje vliv navrhované varianty na životní prostředí. Druhým nejvlivnějším kritériem s hodnotou 0,24 je cena. Třetím a čtvrtým nejpodstatnějším kritériem je návratnost investice a komfort respektive časová náročnost obsluhy u navrhovaných variant. Poslední místo patří průměrnému růstu provozních nákladů.

V tabulce číslo č. 23 jsou ohodnoceny jednotlivé varianty. K hodnocení bylo využito bodové stupnice v rozmezí 5 = nejlepší až 1 = nejhorší.

Tabulka 24 Hodnocení jednotlivých variant

	1	2	3	4	5
A	4	4	4	4	2
B	2	5	5	2	3
C	5	2	5	5	2
Váhy kritérií	0,2400	0,4125	0,1318	0,146	0,0696

Zdroj: Vlastní zpracování

V tabulce č. 24 3 je uveden součin váhy kritéria s bodovou hodnotou daného kritéria. Výsledná čísla se sečtou a nejvyšší hodnota prezentuje nejlepší variantu. Jako nejlepší varianta se jeví varianta A tedy kotel na pelety v kombinaci s fotovoltaickými panely.

Tabulka 25 Pořadí jednotlivých variant

	1	2	3	4	5	Pořadí
A	0,960015	1,65	0,5273	0,584	0,1393	3,8607
B	0,480008	2,0626	0,6591	0,292	0,2089	3,7027
C	1,200019	0,825	0,6591	0,73	0,1393	3,5535

Zdroj: Vlastní zpracování

5.8 Zhodnocení výsledků

Z hlediska definice dílčích cílů došlo v praktické části k naplnění cílů č. 3, 4 a 5. V úvodu praktické části byl nejprve prezentován příslušný rodinný dům, u kterého byla zjištěna tepelná ztráta 23,4 kW. Tepelná ztráta u zkoumaného objektu dosahuje až čtyřnásobku oproti současným novostavbám. Výše současné tepelné ztráty je dána hlavně členitostí objektu a absencí zateplení. V případě, že by budova byla kompletně zateplena, došlo by k poklesu tepelné ztráty na zhruba 65-70% původní tepelné ztráty. Nicméně v diplomové práci zateplení vůbec uvažováno nebylo a varianty byly nastaveny pro tepelnou ztrátu 23,4 kW. Uvažovány byly tyto tři varianty: kotel na pelety v kombinaci s fotovoltaickými panely, tepelné čerpadlo země-voda a plynový kondenzační kotel.

Všechny tři varianty reflektují možnosti rodinného domu. Ve výpočtech byla rovněž započtena energie na ohřev teplé vody.

Po představení možných variant došlo k jejich vzájemnému porovnání. K tomuto účelu posloužila Saatyho matice, která porovnává mezi sebou jednotlivá kritéria. Dle výstupu Saatyho matice se nejvýznamnějším kritériem stal vliv na životní prostředí. Z tohoto důvodu se nejlepší variantou nestal kondenzační kotel. Druhým nejvýznamnějším kritériem se stala cena. Váha cenového kritéria má za následek propad tepelného čerpadla. Nejlepší variantou se stal kotel na pelety v kombinaci s fotovoltaickými panely. Výsledek srovnání není možné paušalizovat jako všeobecně vhodné řešení např. vlivem zateplení by se změnilы vstupní podmínky, které mají rozhodující vliv na vypočtené výsledky.

6 Závěr

Práce je rozdělena na tři tematické bloky. První částí je metodika, ve které jsou formulovány vzorce, metody a postupy, které jsou nezbytné pro samotnou tvorbu diplomové práce. V první části metodiky jsou především technické vzorce potřebné pro výpočet tepelných ztrát objektu, potřebu tepla a potřebu teplé vody. V druhé části metodiky jsou definovány pojmy ekonomické, které slouží k ohodnocení popisovaných investic. Rovněž je v této části věnována pozornost vícekriteriální analýze, která má za úkol vybrat nejvhodnější variantu.

V druhé části, kterou je Literární rešerše, byly popsány jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů energie a jejich využití v oblasti vytápění. V současné době dochází k pozvolnému nárůstu využívání obnovitelných druhů energie. Svět si pomalu začíná uvědomovat křehkost energetického odvětví a udržitelný rozvoj je chápán jako jeden z primárních cílů společnosti. V současnosti se v České republice rozšiřují způsoby vytápění biomasou, která je z pohledu životního prostředí k přírodě neutrální. Na druhou stranu nemá biomasa v geografických podmínkách České republiky takový prostor pro rozšíření. S tím, jak se všeobecně zvyšuje poptávka po obnovitelných zdrojích, roste i nabídka. Vytváření vhodného prostředí v oblastech podpory těchto obnovitelných zdrojů by mělo být v zájmu státu. Příkladem může být Program Nová zelená úsporám, který žadatelům poskytuje nevratné dotace na zavedení úsporných opatření. V době psaní tohoto textu byl program dočasně pozastaven. Z hlediska cílů diplomové práce byly v této části objasněny dílčí cíle č. 1 a č. 2.

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout komplexní energetickou koncepci vybraného objektu a následně provést ekonomické zhodnocení investičního záměru pro danou variantu. Jako objekt byl vybrán rodinný dům, který se nachází ve městě Teplice. Dům byl postaven svépomocí v 60. letech. V praktické části byla nejdříve vypočtena tepelná ztráta celého objektu. Tepelná ztráta činí v současné době 23,4 kW. Tato velká hodnota je způsobena především členitostí objektu a absencí zateplení. Roční potřeba tepla na vytápění spolu s potřebou tepla na ohřev teplé vody činí podle vzorce 51 MW. Tato vysoká hodnota je zapříčiněna především velkou vytápěnou plochou a absencí zateplení. V práci je zmíněn vysoký rozdíl mezi potřebou tepla a jeho reálnou spotřebou. Spotřeba tepla je v současné době nižší, nicméně je to dané nízkým počtem osob žijících v objektu. Tento odstavec reflektuje splnění dílčího cíle č. 3.

V následující části bylo možné přistoupit k definování a popisu jednotlivých variant vytápění a ohřevu teplé vody (dílčí cíl č. 4). Byly vytvořeny 3 varianty energetických koncepcí tak, aby byly porovnány dostupné a běžně používané možnosti na trhu.

Jednou z variant byl i plynový kondenzační kotel, který sice není obnovitelný zdroj energie, ale je důležitý pro srovnání právě s obnovitelnými zdroji energie. Diskontovaná doba návratnosti plynového kotle je 8 let a 3 měsíce a z prezentovaných variant je na tom nejlépe. Na druhou stranu nevýhody plynového kotle plynou s velkých provozních nákladů a nejistoty budoucích cen plynu.

Druhou variantou je vytápění pomocí tepelného čerpadla, jehož provozní náklady jsou ze všech tří variant nejnižší. Proti tepelnému čerpadlu hovoří zejména dlouhá diskontovaná doba návratnosti ve výši 26 let a 8 měsíců. Tato návratnost je za základní dobou životnosti tepelného čerpadla. Vysoká doba návratnosti je způsobena především vyšší pořizovacích nákladů. V poslední řadě je návratnost tepelného čerpadla ovlivňována také cenou a tarifem elektrické energie, které jsou pro rentabilitu určující. Odhadnout, jakým směrem se bude ubírat budoucí vývoj cen elektrické energie, je obtížné. Volba varianty tepelného čerpadla je v praxi nesnadný úkol. Tepelné čerpadlo lze s odstupem času doporučit spíše do novostaveb s nízkou tepelnou ztrátou, kde je možnost uvažovat s tepelným čerpadlem už při projektování.

Poslední z navrhovaných variant se stala kombinace kotle na pelety a fotovoltaických panelů pro ohřev teplé vody. Doba návratnosti investice byla vypočtena na 17 let a 3 měsíce. Vzhledem k použití Laddomatu, akumulární nádrže a fotovoltaických panelů se prodlužuje doba životnosti kotle na pelety. Návratnost investice je na samé hranici životnosti peletového kotle. Způsobují to vyšší pořizovací náklady fotovoltaických panelů. Nicméně výrobce panelů garantuje 85% účinnost po 25 letech, což umožňuje další smysluplné využití panelů i po 25 letech.

Na základě hodnocení jednotlivých kritérií v Saatyho matici a následnému obodování prezentovaných variant se nejlepší volbou ukázal kotel na pelety v kombinaci s fotovoltaickými panely pro ohřev teplé vody. Realizace ohřevu teplé vody pomocí fotovoltaických panelů je rentabilní investicí a přikláním se k jejímu provedení. Způsob vytápění pomocí pelet vyžaduje oproti plynovému kotli pravidelnou obsluhu. Na druhou stranu se dřevěné pelety vyznačují přijatelnou výhřevností a lze je získat v místním

prostředí bez závislosti na dodávkách ze zahraničních trhů. Dílčí cíl č. 5 považuji za splněný.

Návrh rozšíření diplomové práce vidím v analýze návratnosti zateplení rodinného domu. Se snížením tepelné ztráty objektu by došlo ke snížení pořizovacích i provozních nákladů na vytápění, nicméně zateplení není levnou investicí a jeho provedení by mělo být důkladné.

Výsledky reflektují současnou situaci v rodinném domě, jehož energetická koncepce byla v rámci diplomové práce posuzována. Stávající způsob vytápění se jeví jako ekonomicky nevýhodný. Volba vhodného způsobu vytápění se velmi odlišuje podle lokálních podmínek. Vítěznou variantu nelze paušalizovat jako všeobecně vhodné řešení. Každému objektu přísluší odlišná kritéria, která mění možnosti vytápění. Z hlediska vytyčených cílů můžeme konstatovat, že došlo k jejich naplnění.

Snahu Evropské unie měnit energetiku Evropy směrem k obnovitelným zdrojům hodnotím pozitivně. Je nutné si uvědomit, že zásoby konvenčních zdrojů energie jsou konečné a dříve či později je bude nutné nahradit právě obnovitelnými zdroji. Negativně hodnotím způsoby, pomocí kterých byla změna iniciována. Např. problém fotovoltaiky v České republice, který zdatelně zatížil státní rozpočet a fotovoltaice samotné způsobil negativní image. Skutečnost, že oproti planetě Zemi žijeme velmi krátké životy, nás neopravňuje k tomu, abychom se vůči naší planetě chovali sobecky.

7 Seznam odborné literatury:

BAŠTA, Jiří, 2005. *Otopné plochy*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03344-9.

BLAŽKOVÁ, Miroslava. *Metodika k hodnocení geotermálního potenciálu v modelovém území Podkrušnohoří*. 1. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem. Fakulta životního prostředí. 2010. 89s.

ČESKÁ REPUBLIKA. Směrnice Evropského parlamentu A Rady 2009/28/ES: o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES. In: 2009. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:cs:PDF>

ČSN 07 0240 *Teplovodní a nízkotlaké parní kotle – Základní ustanovení*, FÚNM, Praha, 2003.

ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov: Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha, 2005.

DUFKA, Jaroslav. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 112 s. ISBN 978-80-247-2019-7.

FOTR, Jiří. *Podnikatelský záměr a investiční rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 356 s. ISBN 80-247-0939-2.

HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika: budovy jako zdroj proudu*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2011, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6.

HAZDROVÁ, M. et al.: *Geotermální energie a její využití*. ÚÚG, ČSAV. Praha 1981, 109 s.

KARLÍK, Robert. *Tepelné čerpadlo pro váš dům* [online]. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 109 s. [cit. 2014-09-08]. ISBN 978-80-247-2720-2.

KAŇKA, Jan a Zbyněk SVOBODA. *Stavební fyzika 3I*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 122 s. ISBN 80-010-2861-5.

KISLINGEROVÁ, Eva. *Manažerské finance*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2004, xxxi, 714 s. ISBN 80-717-9802-9.

KLOZ, Martin. *Využívání obnovitelných zdrojů energie: právní předpisy s komentářem*. Praha: Linde, 2007, 511 s. ISBN 978-807-2016-709.

KOLONIČNÝ, J., J. HORÁK a S. PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ. *Kotle malých výkonů na pevná paliva*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 105 s. ISBN 978-80-248-2542-7.

MASTNÝ, P., J. DRÁPELA, S. MIŠÁK, J. MACHÁČEK, M. PTÁČEK, L. RADIL, T. BARTOŠÍK a T. PAVELKA. *Obnovitelné zdroje elektrické energie*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 254 s. ISBN 978-80-01-04937-2.

MATUŠKA, Tomáš. *Solární soustavy pro bytové domy*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 136 s. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-3503-0.

MAZACĚ, Vladimír. *Výpočet tepelných ztrát*. Teplice, 2014.

MUFFLER, L. J. P.: *Tectonic and hydrologic control of the nature and distribution of geothermal resources*. -Proc. 2nd UN Symp. Dev, Use Geotherm. Res., San Francisco 1976, 499 - 505 pp.

MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2011, 106 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-2916-6.

MURTINGER, Karel a Jan TRUXA. *Solární energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2010, 107 s. Stavíme. ISBN 978-80-251-3241-8.

MURTINGER, K., J. BERANOVSKÝ a M. TOMEŠ. *Fotovoltaika, elektrina ze slunce*. 1. vyd. Brno: ERA, 2007, 81 s. ISBN 978-80-7366-100-7.

NOSKIEVIČ, Pavel. *Spalování dřeva v malém ohništi*. Vyd. 1. Suchdol nad Odrou: Romotop, 2008, 80 s. ISBN 978-80-248-1889-4.

BERNHARD KRAMER, Ed. *Advances in solid state physics*. England: Springer, 2004. ISBN 9783540211488.

SRDEČNÝ, Karel. *Tepelná čerpadla*. 1. vyd. Brno: ERA, 2005, vi, 68 s. ISBN 80-736-6031-8.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 9788073803452.

VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování. 1. část. 4. dotisk* 1.vyd. Praha. ISBN 80-707-9520-4.

VRTEK, M. *Hodnocení efektivity práce tepelných čerpadel*. In: Proceedings of EPE 2010, Brno, Brno University of Technology, 2010, ISBN 978-80-214-4094-4.

QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií: právní předpisy s komentářem*. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3

8 Seznam literatury dostupné z internetu:

CIBULKA, I, L. HNĚDKOVSKÝ a V. HYNEK. *Základní fyzikálně chemické veličiny a jejich měření* [online]. Praha, 2006, s. 7 [cit. 2014-06-26].

CZECH RE AGENCY - *Fotovoltaika pro každého*. [online]. [cit. 2014-09-14]. Dostupné z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika#druha>

Dokumenty Evropské unie: Bílé knihy. *Euroskop.cz - Bílé knihy* [online]. © 2005-2014 [cit.2015-01-15]. Dostupné z: <https://www.euroskop.cz/200/322/clanek/bile-knihy/>

Dokumenty Evropské unie: Bílé knihy - Evropská komise. *Evropská komise* [online]. 2015 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: http://ec.europa.eu/white-papers/index_cs.htm

Fosilní paliva. *Slovník pojmů | Služby zákazníkům | Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2014-03-07]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/pro-zakazniky/slovník-pojmu.html#F>

Fotovoltaická zařízení - Ministerstvo životního prostředí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2014-09-12]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/fotovoltaicka_zarizeni

HEŘMÁNKOVÁ, Věra. *Stavební látky a geologie: Dřevo a dřevěné výrobky* [online]. Brno, 2014 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.szk.fce.vutbr.cz/vyuka/AI01/AI01%20D%C5%99evo%202014.pdf>

IDAHO Office of Energy Resources. [online]. [cit. 2014-09-01]. Dostupné z: <http://www.energy.idaho.gov/renewableenergy/history.htm>

LESY ČR, s. p. *Lesní těžba* [online]. 2012. vyd. [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.lesy-cr.cz/drevo/lesni-tezba/Stranky/default.aspx>

Mezinárodní geotermální asociace. *Geothermal systems by Dickson, Fanelli,2004* [online]. [cit. 2. 9. 2014]. Dostupné z: http://www.geothermalenergy.org/geothermal_energy/what_is_geothermal_energy.html#c313/

MYSLIL, V, Z. KUKAL, K. POŠMOURNÝ a V. FRYDRYCH. *PLANETA: GEOTERMÁLNÍ ENERGIE*. Lanškroun: DOBEL, 2007. ISSN 1801-6898. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/\\$file/planeta4_korektura3.pdf](http://www.mzp.cz/osv/edice.nsf/4BE8C2DA7BE810F6C125725900456E0A/$file/planeta4_korektura3.pdf)

Nová zelená úsporám. STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. [online]. [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/>

PÍŠOVÁ, Petra. *Metoda výpočtu tepelné ztráty větráním v dané místnosti*. [online]. 2010 [cit. 2014-06-27]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_1.4/Pisova_Petra_CL.pdf

Program konference | Pasivní domy 2014. *Konference Pasivní domy 2014 Brno* [online]. [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://konference.pasivnidomy.cz/>

Projekční podklady a pomůcky. KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV. *Domovská stránka katedry TZB* [online]. 2015 [cit. 2015-01-29]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=1>

REINBERK, Z, R. ŠUBRT a L. ZELENÁ. *On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám* [online]. [cit. 2014-06-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>

SIMANOV, Vladimír. *Bude dost dříví?. LP | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství | Lesnická práce - nakladatelství a vydavatelství* [online]. 2010, Ročník 89 (2010) [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-8-10/bude-dost-drivi>

Slovník pojmů | Co dělat když | Skupina ČEZ. [online]. [cit. 2015-03-21]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/co-delat-kdyz/energeticky-radce/slovník-pojmu.html#F>

STANĚK, Kamil. *Okrajové podmínky výpočtů 1: Teploty, vlhkosti, vítr*. Praha, 2010.

ŠPIČKOVÁ, I, J. ŠTURCOVÁ a M. ŠUDŘICHOVÁ. *Využití geotermální energie*. [online]. s. 20 [cit. 2014-08-29]. Dostupné z: http://www.rescompass.org/IMG/pdf/Geotermalni_energie.pdf

STUPAVSKÝ, Vladimír: *Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety*. *Biom.cz* [online]. 2010-01-01 [cit. 2014-09-19]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevene-rostlinne-kurove-pelety>>. ISSN: 1801-2655.

Tepelná čerpadla vzduch - voda | CIAT. [online]. 2014 [cit. 2014-09-09]. Dostupné z: <http://www.tepelna-cerpadla-ciat.cz/tepelna-cerpadla-vzduch-voda>

TINTĚRA. *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody* [online]. 2005 [cit. 2015-03-17]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>

9 Seznam použitých rovnic

(3.1).....	16
(3.2).....	17
(3.3).....	17
(3.4).....	18
(3.5).....	18
(3.6).....	18
(3.7).....	19
(3.8).....	20
(3.9).....	20
(3.10).....	21
(3.11).....	21
(3.12).....	22
(3.13).....	22
(3.14).....	22
(3.15).....	23
(3.16).....	23
(3.17).....	23
(3.18).....	25
(3.20).....	26
(3.21).....	26
(3.22).....	27
(3.23).....	27
(3.24).....	36

10 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 Tepelný tok v ČR	31
Obrázek 2 Princip tepelného čerpadla	35
Obrázek 3 Sluneční záření v ČR v kWh/m ² (dopad na vodorovnou plochu)	40
Obrázek 4 Systém vytápění peletami.....	48
Obrázek 5 Prohořivací a odhořivací kotel	49
Obrázek 6 Zplyňovací kotel.....	50
Obrázek 7 Fotografie domu	52
Obrázek 8 Rozdělení bytových jednotek	53
Obrázek 9 Kotel na pelety Atmos D20P.....	61
Obrázek 10 Obrázek zapojení fotovoltaických panelů Axitec 250W.....	63
Obrázek 11 Diskontní faktor.....	65
Obrázek 12 Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM VWS 171/3.....	68
Obrázek 13 Buderus Logamax plus GB172-24 T50	74

11 Seznam Použitých grafů

Graf 1 Generace fotovoltaických článků	42
Graf 2 Porovnání čisté současné hodnoty.....	80
Graf 3 Průměrné roční náklady na provoz.....	81
Graf 4 Diskontovaná doba návratnosti	82

12 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 Popis opravných součinitelů a ukazatelů účinnosti	21
Tabulka 3 Účinnost různých materiálů fotovoltaických článků	42
Tabulka 4 Bytové jednotky	53
Tabulka 5 Způsob vytápění a ohřevu teplé vody	56
Tabulka 6 Základní údaje o objektu	57

Tabulka 7 Celková tepelná ztráta vytápěné části	58
Tabulka 8 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody za roky 2013 a 2014	59
Tabulka 9 Srovnání kotlů na pelety	60
Tabulka 10 Kalkulace kotle na pelety Atmos D20P	61
Tabulka 11 Roční provozní náklady kotle na pelety	62
Tabulka 12 Srovnání tepelných čerpadel země - voda	63
Tabulka 13 Kalkulace fotovoltaických panelů	64
Tabulka 14 Srovnání tepelných čerpadel země - voda	67
Tabulka 15 Kalkulace tepelného čerpadla	69
Tabulka 16 Roční provozní náklady tepelného čerpadla	69
Tabulka 17 Srovnání kondenzačních plynových kotlů	73
Tabulka 18 Roční provozní náklady kondenzačního kotle	75
Tabulka 19 Diskontovaná doba návratnosti plynového kotle	76
Tabulka 20 Čistá současná hodnota Varianty A	77
Tabulka 21 Čistá současná hodnota Varianta B	78
Tabulka 22 Čistá současná hodnota Varianty C	79
Tabulka 23 Popis jednotlivých kritérií	83
Tabulka 24 Saatyho matice	83
Tabulka 25 Hodnocení jednotlivých variant	84
Tabulka 26 Pořadí jednotlivých variant	84

13 Seznam použitých zkratk

- SO - stěna venkovní (ochlazovaná)
- SN - stěna vnitřní (ochlazovaná i neochlazovaná)
- OZ - okno zdvojené
- DO - dveře venkovní (ochlazované)
- DN - dveře vnitřní (neochlazované)
- DB - dveře balkonové
- PDL - podlaha
- STR - strop
- RD - rodinný dům

14 Seznam Příloh

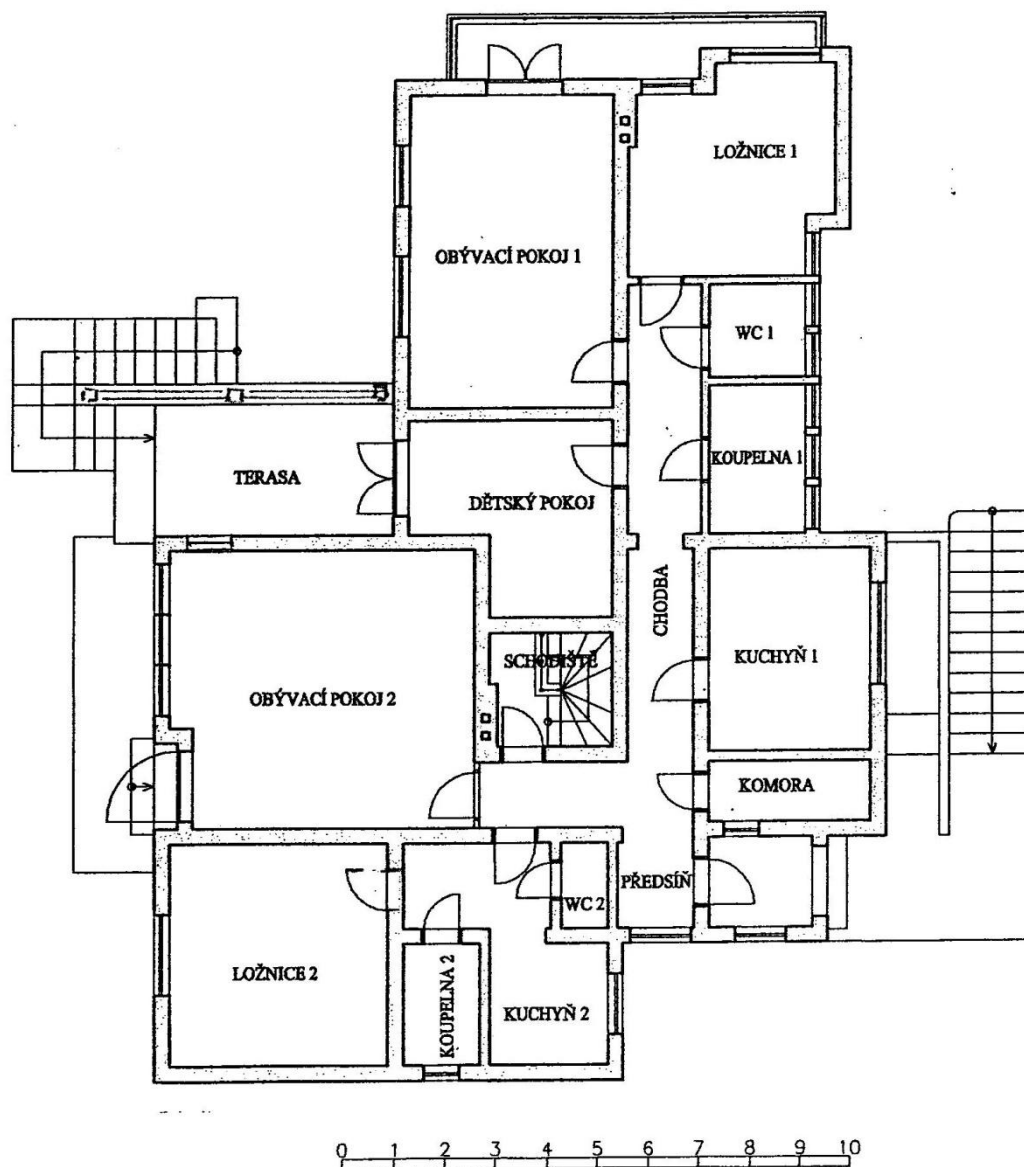
Příloha 1 Povrch místností	98
Příloha 2 Výkres vytápěných prostorů.....	99
Příloha 3 Složení konstrukcí 1	100
Příloha 4 Složení konstrukcí 2	101
Příloha 5 Složení konstrukcí 3	102
Příloha 6 Výplně otvorů 1	103
Příloha 7 Tepelná ztráta místností 101 a 102.....	104
Příloha 8 Tepelná ztráta místností 103 a 104.....	105
Příloha 9 Tepelná ztráta místností 105 a 106.....	106
Příloha 10 Tepelná ztráta místností 107 a 108.....	107
Příloha 11 Tepelná ztráta místností 109 a 110.....	108
Příloha 12 Tepelná ztráta místností 111 a 112.....	109
Příloha 13 Tepelná ztráta místnosti 113	110
Příloha 14 Náhled z katastrální mapy	111
Příloha 15 Satelitní snímek	112
Příloha 16 Fotografie domu 1 a 2	113
Příloha 17 Fotografie domu 3 a 4	114
Příloha 18 Fotografie domu 5	115
Příloha 19 Potřeba tepla na vytápění a potřeba teplé vody.....	116

Příloha 1 Povrch místností

m.číslo	Název	t_i °C	podlaha
101	Obývací pokoj	20°	Plovoucí podlaha
102	Ložnice 1	20°	Parkety
103	WC 1	15°	Dlažba
104	Koupelna 1	24°	Dlažba
105	Kuchyně	20°	Dlažba
106	Komora	15°	Dlažba
107	WC 2	15°	Dlažba
108	Kuchyně 2	20°	Dlažba
109	Koupelna 2	24°	Dlažba
110	Ložnice 2	20°	Dlažba
111	Obývací pokoj 2	20°	Parkety
112	Pokoj	20°	Plovoucí podlaha
113	Chodba	20°	Dlažba

Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 2 Výkres vytápěných prostorů



Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 3 Složení konstrukcí 1

Nepřůsvitné konstrukce

OK	ZZ	U W/(m ² ·K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m·K)	Z _{TM}	λ _{ekv} W/(m·K)	R _v m ² ·K/W
Stěna obvodová plynosilikát										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 0.30 W/(m ² ·K)										
SO1	Z	1,108	R _{si}		Odpor při přestupu					0,130
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,880		0,880	0,017
			198-080	Z vr.	plynosilikát	300	0,380		0,380	0,789
			105-02	Z vr.	Omítka vápenocement.	15	0,990		0,990	0,015
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,040
			Σ			330				0,992
Stěna neochlazovaná cihla 150										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 1.30 W/(m ² ·K)										
SN1	Z	2,067	R _{si}		Odpor při přestupu					0,130
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			151-011	Z vr.	CP 290/140/65	150	0,730		0,730	0,205
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,130
			Σ			180				0,508
Stěna neochlazovaná cihla 200										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 2.70 W/(m ² ·K)										
SN2	Z	1,834	R _{si}		Odpor při přestupu					0,130
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			151-011	Z vr.	CP 290/140/65	200	0,730		0,730	0,274
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,130
			Σ			230				0,577
Stěna neochlazovaná cihla 300										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 2.70 W/(m ² ·K)										
SN3	Z	1,501	R _{si}		Odpor při přestupu					0,130
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			151-011	Z vr.	CP 290/140/65	300	0,730		0,730	0,411
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,130
			Σ			330				0,714
Podlaha dlažba nad suterénem										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 0.60 W/(m ² ·K)										
PDL1	Z	1,714	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170
			130-03	Z vr.	Keram. dlažba	15	1,010		1,010	0,015
			104-021	Z vr.	Malta vápenocement.	15	0,860		0,860	0,017
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,020		1,020	0,078
			154-01	Z vr.	Tvarovky HURDIS	80	0,570		0,570	0,140
			105-02	Z vr.	Omítka vápenocement.	25	0,880		0,880	0,028
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 4 Složení konstrukcí 2

OK	ZZ	U W/(m ² .K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m.K)	Z _{TM}	λ _{ekv} W/(m.K)	R _v m ² .K/W
				Σ		215				0,619
Plovoucí podlaha nad suterénem										
Korekční činitel: $\Delta U = 0.10$ W/(m ² .K) $e_1 = 1.00$ $e1.UN,20 = 0.60$ W/(m ² .K)										
PDL2	Z	1,554	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170
			109-073	Z vr.	Desky dřevovlákn. lis. (600)	10	0,120		0,120	0,083
			104-021	Z vr.	Malta vápenocement.	15	0,860		0,860	0,017
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,020		1,020	0,078
			154-01	Z vr.	Tvarovky HURDIS	80	0,570		0,570	0,140
			105-02	Z vr.	Omítka vápenocement.	25	0,880		0,880	0,028
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170
				Σ		210				0,688
Podlaha výšky nad suterénem										
Korekční činitel: $\Delta U = 0.10$ W/(m ² .K) $e_1 = 1.00$ $e1.UN,20 = 0.60$ W/(m ² .K)										
PDL3	Z	1,554	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170
			109-011	Z vr.	Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	15	0,180		0,180	0,083
			104-021	Z vr.	Malta vápenocement.	15	0,860		0,860	0,017
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,020		1,020	0,078
			154-01	Z vr.	Tvarovky HURDIS	80	0,570		0,570	0,140
			105-02	Z vr.	Omítka vápenocement.	25	0,880		0,880	0,028
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170
				Σ		215				0,688
Podlaha dlažba na terénu										
Korekční činitel: $\Delta U = 0.10$ W/(m ² .K) $e_1 = 1.00$ $e1.UN,20 = 0.60$ W/(m ² .K)										
PDL4	Z	0,591	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170
			130-03	Z vr.	Keram. dlažba	15	1,010		1,010	0,015
			104-021	Z vr.	Malta vápenocement.	15	0,998		0,998	0,015
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,161		1,161	0,069
			107-016	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (50)	50	0,036		0,036	1,372
			141-28	Z vr.	Lepenka A 400H	1	0,210		0,210	0,003
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	100	1,243		1,243	0,080
			111-05	Z vr.	Písek	40	1,078		1,078	0,037
			111-08	Z vr.	Štěrka	60	0,580		0,580	0,103
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170
				Σ		361				2,035
Plovoucí podlaha na terénu										
Korekční činitel: $\Delta U = 0.10$ W/(m ² .K) $e_1 = 1.00$ $e1.UN,20 = 0.60$ W/(m ² .K)										
PDL5	Z	0,582	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170
			109-073	Z vr.	Desky dřevovlákn. lis. (600)	10	0,189		0,189	0,053
			104-021	Z vr.	Malta vápenocement.	15	0,998		0,998	0,015
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,161		1,161	0,069
			107-016	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (50)	50	0,036		0,036	1,372
			141-28	Z vr.	Lepenka A 400H	1	0,210		0,210	0,003
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	100	1,243		1,243	0,080
			111-05	Z vr.	Písek	40	1,078		1,078	0,037
			111-08	Z vr.	Štěrka	60	0,580		0,580	0,103
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170
				Σ		356				2,073
Podlaha výšky na terénu										
Korekční činitel: $\Delta U = 0.10$ W/(m ² .K) $e_1 = 1.00$ $e1.UN,20 = 0.60$ W/(m ² .K)										
PDL6	Z	0,581	R _{si}		Odpor při přestupu					0,170

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 5 Složení konstrukcí 3

OK	ZZ	U W/(m ² ·K)	KC	Z/P	Vrstva	d mm	λ W/(m·K)	Z _{TM}	λ _{ekv} W/(m·K)	R _v m ² ·K/W
			109-011	Z vr.	Dřevo tvrdé kolmo k vláknům	15	0,203		0,203	0,074
			104-031	Z vr.	Malta cementová	80	1,161		1,161	0,069
			107-016	Z vr.	Polystyren pěnový EPS (50)	50	0,036		0,036	1,372
			141-28	Z vr.	Lepenka A 400H	1	0,210		0,210	0,003
			101-011	Z vr.	Beton hutný (2100)	100	1,243		1,243	0,080
			111-05	Z vr.	Písek	40	1,078		1,078	0,037
			111-08	Z vr.	Štěrka	60	0,580		0,580	0,103
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,170
					Σ	346				2,079
Strop										
Korekční činitel: ΔU = 0.10 W/(m ² ·K) e ₁ = 1.00 e1.UN,20 = 0.60 W/(m ² ·K)										
STR1	Z	0,900	R _{si}		Odpor při přestupu					0,100
			105-01	Z vr.	Omítka vápenná	15	0,700		0,700	0,021
			109-021	Z vr.	Dřevo měkké kolmo k vláknům	25	0,150		0,150	0,167
			108-013	Z vr.	Minerální vlna MVV (300)	50	0,058		0,058	0,862
			R _{se}		Odpor při přestupu					0,100
					Σ	90				1,250

Zdroj: (Mazač, 2014)

Poznámka: Z_{TM} - činitel tepelných mostů. Je určen k přepočítání výrobci λ_D na λ_{ekv}, která zohledňuje vliv nasákavosti stavebních izolací. Hodnota Z_{TM} může být pro různé druhy izolačních materiálů předepsána metodikou výpočtu. Součinitel Z_{TM} umožňuje také zohlednit vliv kotvení, přerušeni izolační vrstvy krokvemi, rámovou konstrukcí atp. Jednotlivé hodnoty Z_{TM} se sečtou a zadají jednou hodnotou do sl. Z_{TM} Pro výpočet platí vztah λ_{ekv} = λ · (1 + Σ Z_{TM})

Příloha 6 Výplně otvorů 1

OK	Var	ZZ	U W/(m ² ·K)	UN,20 W/(m ² ·K)	x m	y m	i_{LV} m ² ·s ⁻¹ ·Pa * 10 ⁴	LS m	g	FF %
90/200										
DO1	V1	0	3,500	1,700	0,90	2,00	1,600	5,80	0,67	0,0
80/200										
DN1	V1	0	2,000	1,700	0,80	2,00	1,600	5,60	0,67	0,0
70/200										
DN2	V1	0	2,000	1,700	0,70	2,00	1,600	5,40	0,67	0,0
60/200										
DN3	V1	0	2,000	1,700	0,60	2,00	1,600	5,20	0,67	0,0
140/210										
DB1	V1	0	2,400	1,700	1,40	2,10	1,600	9,10	0,67	28,9
90/210										
DB2	V1	0	2,400	1,700	0,90	2,10	1,600	6,00	0,67	29,6
200/120										
OZ1	V1	0	2,400	1,700	2,00	1,20	1,600	7,60	0,75	29,2
130/120										
OZ2	V1	0	2,400	1,700	1,30	1,20	1,600	6,20	0,67	35,9
90/140										
OZ3	V1	0	2,400	1,700	0,90	1,40	1,400	4,60	0,67	33,3
160/130										
OZ4	V1	0	2,400	1,700	1,60	1,30	1,600	7,10	0,67	31,3
80/50										
OZ5	V1	0	2,400	1,700	0,80	0,50	1,600	2,60	0,67	55,0
160/50										
OZ6	V1	0	2,400	1,700	1,60	0,50	1,600	4,70	0,67	51,3
270/50										
OZ7	V1	0	2,400	1,700	2,70	0,50	1,600	6,40	0,67	46,7
200/140										
OZ8	V1	0	2,400	1,700	2,00	1,40	1,600	8,20	0,67	27,1
50/50										
OZ9	V1	0	2,400	1,700	0,50	0,50	1,600	2,00	0,67	64,0
140/90										
OZ10	V1	0	2,400	1,700	1,40	0,90	1,600	5,50	0,67	38,9
130/120										
OZ11	V1	0	2,400	1,700	1,30	1,20	1,600	6,20	0,67	35,9
80/50										
OZ12	V1	0	2,400	1,700	0,80	0,50	1,600	2,60	0,67	55,0
300/210										
OZ13	V1	0	2,400	1,700	3,00	2,10	1,600	12,30	0,67	18,6
80/210										
OZ14	V1	0	2,400	1,700	0,80	2,10	1,600	5,80	0,67	32,1

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 7 Tepelná ztráta místností 101 a 102

101 Obývací pokoj 1

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SO1	Z	3,90	2,85	1,108	1,00	1	35	11,1	2,9	8,2	317,1	15,2
DB1	0	1,40	2,10	2,400	1,00	1	35	2,9	2,9	2,9	247,0	9,5
SO1	Z	5,90	2,85	1,108	1,00	2	35	16,8	4,0	12,9	498,7	15,2
OZ1	0	2,00	1,20	2,400	1,15	1	35	2,4	2,4	2,4	231,8	7,9
OZ2	0	1,30	1,20	2,400	1,15	1	35	1,6	1,6	1,6	150,7	7,9
PDL2	Z	5,90	3,90	1,554	1,00	0	20	23,0	0,0	23,0	714,9	14,8
STR1	Z	5,90	3,90	0,900	1,00	0	26	23,0	0,0	23,0	538,4	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 11\%$ $Q_o = 2\,698,7\text{ W}$
 $t_{ap} = 24,0\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 3\,139,9\text{ W}$
 $t_{sv} = 16,0\text{ °C}$ $p_3 = 5\%$ $Q_{zm} = 3\,139,9\text{ W}$
 $n = 0,67\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 533,5\text{ W}$
 $n_t = 0,67\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,4$ $Q_{cm} = 3\,673\text{ W}$

102 Ložnice 1

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SO1	Z	1,05	2,85	1,108	1,00	1	35	3,0	1,3	1,7	67,2	15,2
OZ3	0	0,90	1,40	2,400	1,15	1	35	1,3	1,3	1,3	121,7	7,9
SO1	Z	0,30	2,85	1,108	1,00	0	35	0,9	0,0	0,9	33,2	15,2
SO1	Z	2,90	2,85	1,108	1,00	1	35	8,3	2,1	6,2	239,9	15,2
OZ4	0	1,60	1,30	2,400	1,15	1	35	2,1	2,1	2,1	200,9	7,9
SO1	Z	2,87	2,85	1,108	1,00	0	35	8,2	0,0	8,2	317,3	15,2
SO1	Z	4,00	2,85	1,108	1,00	0	35	11,4	0,0	11,4	442,3	15,2
SO1	Z	0,90	2,85	1,108	1,00	1	35	2,6	0,4	2,2	84,0	15,2
OZ5	0	0,80	0,50	2,400	1,15	1	35	0,4	0,4	0,4	38,6	7,9
SN2	Z	1,63	2,85	1,834	1,00	0	5	4,6	0,0	4,6	42,6	18,9
PDL3	Z	16,05	1,00	1,554	1,00	0	20	16,1	0,0	16,1	498,7	14,8
STR1	Z	1,00	16,05	0,900	1,00	0	26	16,1	0,0	16,1	375,5	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 8\%$ $Q_o = 2\,462,0\text{ W}$
 $t_{ap} = 22,9\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 2\,909,1\text{ W}$
 $t_{sv} = 17,1\text{ °C}$ $p_3 = 10\%$ $Q_{zm} = 2\,909,1\text{ W}$
 $n = 1,00\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 559,5\text{ W}$
 $n_t = 1,00\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 3\,469\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 8 Tepelná ztráta místností 103 a 104

103 WC 1

$t_i = 15\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN1	Z	1,85	2,85	2,067	1,00	0	-5	5,3	0,0	5,3	-54,5	16,3
SO1	Z	1,85	2,85	1,108	1,00	1	30	5,3	0,8	4,5	148,7	10,8
OZ6	0	1,60	0,50	2,400	1,15	1	30	0,8	0,8	0,8	66,2	4,7
SN1	Z	1,85	2,85	2,067	1,00	0	-9	5,3	0,0	5,3	-98,1	17,3
SN2	Z	1,82	2,85	1,834	1,00	1	-5	5,2	1,6	3,6	-32,9	16,1
DN1	0	0,80	2,00	2,000	1,00	1	-5	1,6	1,6	1,6	-16,0	16,3
PDL1	Z	1,82	1,86	1,714	1,00	0	21	3,4	0,0	3,4	121,9	9,0
STR1	Z	1,82	1,86	0,900	1,00	0	21	3,4	0,0	3,4	64,0	12,6

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 3\%$ $Q_o = 199,3\text{ W}$
 $t_{ap} = 16,1\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 216,4\text{ W}$
 $t_{sv} = 13,9\text{ °C}$ $p_3 = 5\%$ $Q_{zm} = 216,4\text{ W}$
 $n = 1,63\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 164,2\text{ W}$
 $n_t = 1,63\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 381\text{ W}$

104 Koupelna 1

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN2	Z	1,83	2,85	1,834	1,00	0	4	5,2	0,0	5,2	38,3	23,1
SO1	Z	2,82	2,85	1,108	1,00	1	39	8,0	1,4	6,7	289,1	18,6
OZ7	0	2,70	0,50	2,400	1,15	1	39	1,4	1,4	1,4	145,3	10,5
SN3	Z	1,83	2,85	1,501	1,00	0	9	5,2	0,0	5,2	70,5	22,3
SN2	Z	2,82	2,85	1,834	1,00	1	4	8,0	1,6	6,4	47,2	23,1
DN1	0	0,80	2,00	2,000	1,00	1	4	1,6	1,6	1,6	12,8	23,0
PDL4	Z	2,82	1,83	0,591	1,00	0	30	5,2	0,0	5,2	91,6	21,0
STR1	Z	2,82	1,83	0,900	1,00	0	30	5,2	0,0	5,2	139,3	20,6

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 8\%$ $Q_o = 834,0\text{ W}$
 $t_{ap} = 27,4\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 948,3\text{ W}$
 $t_{sv} = 20,6\text{ °C}$ $p_3 = 5\%$ $Q_{zm} = 948,3\text{ W}$
 $n = 1,45\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 290,7\text{ W}$
 $n_t = 1,45\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 1,00\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 1239\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 9 Tepelná ztráta místností 105 a 106

105 Kuchyně 1

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN3	Z	1,70	2,85	1,501	1,00	0	-4	4,8	0,0	4,8	-29,1	20,8
SO1	Z	1,20	2,85	1,108	1,00	0	35	3,4	0,0	3,4	132,7	15,2
SO1	Z	4,05	2,85	1,108	1,00	1	35	11,5	2,8	8,7	339,2	15,2
OZ8	0	2,00	1,40	2,400	1,15	1	35	2,8	2,8	2,8	270,5	7,9
SN2	Z	3,10	2,85	1,834	1,00	0	5	8,8	0,0	8,8	81,0	18,9
PDL1	Z	3,40	3,10	1,714	1,00	0	20	10,5	0,0	10,5	361,4	14,3
PDL4	Z	0,65	3,10	0,591	1,00	0	15	2,0	0,0	2,0	17,9	18,5
STR1	Z	4,05	3,10	0,900	1,00	0	26	12,6	0,0	12,6	293,8	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 9\%$ $Q_o = 1\,467,2\text{ W}$
 $t_{ap} = 23,3\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 1\,680,6\text{ W}$
 $t_{sv} = 16,7\text{ °C}$ $p_3 = 5\%$ $Q_{zm} = 1\,680,6\text{ W}$
 $n = 0,77\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 334,3\text{ W}$
 $n_t = 0,77\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 2015\text{ W}$

106 Komora

$t_i = 15\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN1	Z	3,10	2,85	2,067	1,00	0	-5	8,8	0,0	8,8	-91,3	16,3
SO1	Z	1,12	2,85	1,108	1,00	0	30	3,2	0,0	3,2	106,1	10,8
SO1	Z	3,10	2,85	1,108	1,00	1	30	8,8	0,3	8,6	285,5	10,8
OZ9	0	0,50	0,50	2,400	1,15	1	30	0,3	0,3	0,3	20,7	4,7
SN2	Z	1,12	2,85	1,834	1,00	1	-5	3,2	1,4	1,8	-16,4	16,1
DN2	0	0,70	2,00	2,000	1,00	1	-5	1,4	1,4	1,4	-14,0	16,3
PDL4	Z	1,12	3,10	0,591	1,00	0	10	3,5	0,0	3,5	20,5	14,0
STR1	Z	1,12	3,10	0,900	1,00	0	21	3,5	0,0	3,5	65,6	12,6

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 6\%$ $Q_o = 376,7\text{ W}$
 $t_{ap} = 16,8\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 399,6\text{ W}$
 $t_{sv} = 13,2\text{ °C}$ $p_3 = 0\%$ $Q_{zm} = 399,6\text{ W}$
 $n = 0,68\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 69,9\text{ W}$
 $n_t = 0,68\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 469\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 10 Tepelná ztráta místností 107 a 108

107 WC 2

$t_i = 18\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN3	Z	0,92	2,85	1,501	1,00	0	-2	2,6	0,0	2,6	-7,9	18,4
SN2	Z	1,70	2,85	1,834	1,00	0	-2	4,8	0,0	4,8	-17,8	18,5
SN1	Z	0,92	2,85	2,067	1,00	0	-2	2,6	0,0	2,6	-10,8	18,5
SN1	Z	1,70	2,85	2,067	1,00	1	-2	4,8	1,4	3,4	-14,2	18,5
DN2	0	0,70	2,00	2,000	1,00	1	-2	1,4	1,4	1,4	-5,6	18,5
PDL4	Z	1,70	0,92	0,591	1,00	0	13	1,6	0,0	1,6	12,0	16,7
STR1	Z	1,70	0,92	0,900	1,00	0	24	1,6	0,0	1,6	33,8	15,3

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 0\%$ $Q_o = -10,5\text{ W}$
 $t_{ap} = 17,9\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = -10,5\text{ W}$
 $t_{sv} = 18,1\text{ °C}$ $p_3 = 0\%$ $Q_{zm} = -10,5\text{ W}$
 $n = 0,00\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 25,6\text{ W}$
 $n_t = 0,00\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 15\text{ W}$

108 Kuchyně 2

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN1	Z	1,70	2,85	2,067	1,00	1	5	4,8	1,4	3,4	35,6	18,7
DN2	0	0,70	2,00	2,000	1,00	1	5	1,4	1,4	1,4	14,0	18,8
SN1	Z	0,65	2,85	2,067	1,00	0	5	1,9	0,0	1,9	19,1	18,7
SO1	Z	2,60	2,85	1,108	1,00	1	35	7,4	1,6	5,8	226,9	15,2
OZ11	0	1,30	1,20	2,400	1,15	1	35	1,6	1,6	1,6	150,7	7,9
SO1	Z	2,00	2,85	1,108	1,00	0	35	5,7	0,0	5,7	221,1	15,2
SN1	Z	2,65	2,85	2,067	1,00	0	-4	7,6	0,0	7,6	-62,5	21,0
SN2	Z	1,70	2,85	1,834	1,00	1	-4	4,8	1,6	3,2	-23,8	20,9
DN1	0	0,80	2,00	2,000	1,00	1	-4	1,6	1,6	1,6	-12,8	21,0
PDL4	Z	10,90	1,00	0,591	1,00	0	15	10,9	0,0	10,9	96,7	18,5
STR1	Z	10,90	1,00	0,900	1,00	0	26	10,9	0,0	10,9	255,0	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 4\%$ $Q_o = 920,2\text{ W}$
 $t_{ap} = 21,5\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 960,7\text{ W}$
 $t_{sv} = 18,5\text{ °C}$ $p_3 = 0\%$ $Q_{zm} = 960,7\text{ W}$
 $n = 0,67\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 265,2\text{ W}$
 $n_t = 0,67\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,70\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 1226\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 11 Tepelná ztráta místností 109 a 110

109 Koupelna 2

$t_i = 24\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN2	Z	1,70	2,85	1,834	1,00	1	4	4,8	1,6	3,2	23,8	23,1
DN1	0	0,80	2,00	2,000	1,00	1	4	1,6	1,6	1,6	12,8	23,0
SN1	Z	2,65	2,85	2,067	1,00	0	4	7,6	0,0	7,6	62,5	23,0
SO1	Z	1,70	2,85	1,108	1,00	1	39	4,8	0,4	4,4	192,1	18,6
OZ12	0	0,80	0,50	2,400	1,15	1	39	0,4	0,4	0,4	43,1	10,5
SN3	Z	2,65	2,85	1,501	1,00	0	4	7,6	0,0	7,6	45,3	23,2
PDL4	Z	2,65	1,70	0,591	1,00	0	19	4,5	0,0	4,5	50,6	22,1
STR1	Z	2,65	1,70	0,900	1,00	0	30	4,5	0,0	4,5	121,6	20,6

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 6\%$ $Q_o = 551,8\text{ W}$
 $t_{ap} = 26,4\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 586,5\text{ W}$
 $t_{sv} = 21,6\text{ °C}$ $p_3 = 0\%$ $Q_{zm} = 586,5\text{ W}$
 $n = 0,68\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 174,5\text{ W}$
 $n_t = 0,68\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 1,00\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 761\text{ W}$

110 Ložnice 2

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN3	Z	2,65	2,85	1,501	1,00	0	-4	7,6	0,0	7,6	-45,3	20,8
SO1	Z	4,45	2,85	1,108	1,00	0	35	12,7	0,0	12,7	492,0	15,2
SO1	Z	4,60	2,85	1,108	1,00	1	35	13,1	2,8	10,3	400,0	15,2
OZ8	0	2,00	1,40	2,400	1,15	1	35	2,8	2,8	2,8	270,5	7,9
PDL6	Z	4,60	4,45	0,581	1,00	0	15	20,5	0,0	20,5	178,4	18,5
STR1	Z	4,60	4,45	0,900	1,00	0	26	20,5	0,0	20,5	478,9	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 8\%$ $Q_o = 1\,774,5\text{ W}$
 $t_{ap} = 22,9\text{ °C}$ $p_2 = 0\%$ $Q_{pm} = 1\,831,6\text{ W}$
 $t_{sv} = 17,1\text{ °C}$ $p_3 = -5\%$ $Q_{zm} = 1\,831,6\text{ W}$
 $n = 0,47\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 355,7\text{ W}$
 $n_t = 0,47\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 2\,187\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 12 Tepelná ztráta místností 111 a 112

111 Obývací pokoj 2

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SO1	Z	4,60	2,85	1,108	1,00	1	35	13,1	1,7	11,4	443,4	15,2
OZ14	0	0,80	2,10	2,400	1,15	1	35	1,7	1,7	1,7	162,3	7,9
SO1	Z	1,65	2,85	1,108	1,00	1	35	4,7	1,9	2,8	109,1	15,2
DB2	0	0,90	2,10	2,400	1,00	1	35	1,9	1,9	1,9	158,8	9,5
SO1	Z	0,35	2,85	1,108	1,00	0	35	1,0	0,0	1,0	38,7	15,2
SO1	Z	3,20	2,85	1,108	1,00	1	35	9,1	6,3	2,8	109,4	15,2
OZ13	0	3,00	2,10	2,400	1,15	1	35	6,3	6,3	6,3	608,6	7,9
PDL6	Z	23,00	1,00	0,581	1,00	0	20	23,0	0,0	23,0	267,3	18,1
PDL3	Z	7,45	1,00	1,554	1,00	0	20	7,5	0,0	7,5	231,5	14,8
STR1	Z	30,40	1,00	0,900	1,00	0	26	30,4	0,0	30,4	711,3	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 5\text{ %}$ $Q_o = 2\ 840,3\text{ W}$
 $t_{ap} = 21,8\text{ °C}$ $p_2 = 0\text{ %}$ $Q_{pm} = 2\ 984,5\text{ W}$
 $t_{sv} = 18,2\text{ °C}$ $p_3 = 0\text{ %}$ $Q_{zm} = 2\ 984,5\text{ W}$
 $n = 0,93\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 982,5\text{ W}$
 $n_t = 0,93\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 3\ 967\text{ W}$

112 Pokoj

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SN2	Z	2,30	2,85	1,834	1,00	0	20	6,6	0,0	6,6	240,4	15,4
SO1	Z	2,60	2,85	1,108	1,00	1	35	7,4	2,9	4,5	173,4	15,2
DB1	0	1,40	2,10	2,400	1,00	1	35	2,9	2,9	2,9	247,0	9,5
PDL2	Z	12,60	1,00	1,554	1,00	0	15	12,6	0,0	12,6	293,6	16,1
STR1	Z	12,60	1,00	0,900	1,00	0	26	12,6	0,0	12,6	294,8	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$ $p_1 = 5\text{ %}$ $Q_o = 1\ 249,2\text{ W}$
 $t_{ap} = 21,8\text{ °C}$ $p_2 = 0\text{ %}$ $Q_{pm} = 1\ 314,3\text{ W}$
 $t_{sv} = 18,2\text{ °C}$ $p_3 = 0\text{ %}$ $Q_{zm} = 1\ 314,3\text{ W}$
 $n = 0,85\text{ h}^{-1}$ $Q_{im} = 371,0\text{ W}$
 $n_t = 0,85\text{ h}^{-1}$ $Q_z = 0,0\text{ W}$
 $n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$ $M = 0,7$ $Q_{cm} = 1\ 685\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 13 Tepelná ztráta místnosti 113

113 Chodba

$t_i = 20\text{ °C}$ $t_e = -15\text{ °C}$ $\Delta B = 0$ kód : 11111

OK	ZZ	x m	y m	U W.K ⁻¹ .m ⁻²	kU	PO	Δt K	S m ²	SO m ²	SR m ²	Q W	t_{si} °C
SO1	Z	1,65	2,85	1,108	1,00	1	35	4,7	1,8	2,9	112,6	15,2
DO1	0	0,90	2,00	3,500	1,00	1	35	1,8	1,8	1,8	220,5	4,7
SO1	Z	1,90	2,85	1,108	1,00	1	35	5,4	1,3	4,2	161,2	15,2
OZ10	0	1,40	0,90	2,400	1,15	1	35	1,3	1,3	1,3	121,7	7,9
PDL1	Z	1,55	8,70	1,714	1,00	0	26	13,5	0,0	13,5	601,0	12,6
PDL4	Z	11,30	1,00	0,591	1,00	0	15	11,3	0,0	11,3	100,2	18,5
STR1	Z	25,15	1,00	0,900	1,00	0	26	25,1	0,0	25,1	588,4	17,1

$t_e = -15\text{ °C}$	$p_1 = 4\%$	$Q_o = 1\,905,7\text{ W}$
$t_{ap} = 21,4\text{ °C}$	$p_2 = 0\%$	$Q_{pm} = 1\,888,5\text{ W}$
$t_{sv} = 18,6\text{ °C}$	$p_3 = -5\%$	$Q_{zm} = 1\,888,5\text{ W}$
$n = 0,53\text{ h}^{-1}$		$Q_{im} = 460,7\text{ W}$
$n_t = 0,53\text{ h}^{-1}$		$Q_z = 0,0\text{ W}$
$n_p = 0,50\text{ h}^{-1}$	$M = 0,7$	$Q_{cm} = 2\,349\text{ W}$

Zdroj: (Mazač, 2014)

Příloha 14 Náhled z katastrální mapy



Zdroj: (Katastrální mapa - parcela č. 1972/9. 1:407. Teplice, 2014.)

Příloha 15 Satelitní snímek



Zdroj: <http://www.mapy.cz>

Příloha 16 Fotografie domu 1 a 2



Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 17 Fotografie domu 3 a 4



Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 18 Fotografie domu 5



Zdroj: Vlastní zpracování

Příloha 19 Potřeba tepla na vytápění a potřeba teplé vody

Lokalita (Tabulka) <input type="radio"/> $t_{em} = 12\text{ °C}$ <input checked="" type="radio"/> $t_{em} = 13\text{ °C}$ <input type="radio"/> $t_{em} = 15\text{ °C}$??? 			
Město	Teplice	Délka topného období	$d = 230$ [dny]
Venkovní výpočtová teplota $t_e = -15$ °C		Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 4.1$ °C	
<input checked="" type="checkbox"/> Vytápění		<input checked="" type="checkbox"/> Ohřev teplé vody	
Tepelná ztráta objektu	$Q_c = 23,4$ kW	$t_1 = 10$ °C	ρ = 1000 kg/m ³ ???
Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 19$ °C ???		$t_2 = 55$ °C	c = 4186 J/kgK ???
Vytápěcí denostupně		$V_{2p} = 0,08$ m ³ /den	???
$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3427$ K.dny		Koeficient energetických ztrát systému $z = 0,5$???	
Opravné součinitele a účinnosti systému		Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody	
$e_i = 0,85$??? $\eta_o = 0,95$???		$Q_{TUV,d} = (1+z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 6,3$ kWh	
$e_t = 0,90$??? $\eta_r = 0,95$???		Teplota studené vody v létě	$t_{svl} = 15$ °C
$e_d = 1,00$???		Teplota studené vody v zimě	$t_{svz} = 5$ °C
Opravný součinitel ϵ ???		Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]	
<input checked="" type="radio"/> $\epsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,765$ <input type="radio"/> $\epsilon = 0,765$		$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$	
$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$		$Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 7,2 \text{ GJ/rok} \\ 2 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady	
$Q_{VYT,r} = \langle \begin{matrix} 172,7 \text{ GJ/rok} \\ 48 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady			
Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody			
$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} = \langle \begin{matrix} 179,9 \text{ GJ/rok} \\ 50 \text{ MWh/rok} \end{matrix} \rangle$ Náklady			

Zdroj: *Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody*. [online]. 2005 [cit. 2015-03-18]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>