

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Diplomová práce

Úspora a alternativní zdroje energií v rodinném domě

Bc. Petr Eliáš

© 2016 ČZU v Praze

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Petr Eliáš

Provoz a ekonomika

Název práce

Úspora a alternativní zdroje energií v rodinném domě

Název anglicky

The energy saving and alternative energy sources for family house

Cíle práce

Hlavním cílem je vlastní návrh celkové energetické koncepce rodinného domu s využitím alternativních zdrojů energie.

Díličí cíle:

1. Analýza současného stavu rodinného domu,
2. Návrh renovací potřebných k úspoře energií,
3. Návrh alternativních zdrojů energií a jejich komparace,
4. Kvantifikace technických i ekonomických ukazatelů po plánované renovaci,
5. Zajištění finančních zdrojů plánované investice.

Metodika

1. Obecný popis rodinného domu a hodnocení (stavební část, energetická část),
2. Kalkulace současných nákladů na energie (teplo, teplou vodu, elektrickou energii),
3. Návrh renovací a alternativních zdrojů energií,
4. Kalkulace plánovaných investičních nákladů a plánovaných ročních nákladů na energie po renovaci a zapojení alternativních zdrojů energií,
5. Výpočet doby návratnosti plánované investice s ohledem na zdroje financování (vlastní zdroje, cizí zdroje, leasing) a dosažená zvýhodnění v podobě dotací.

Doporučený rozsah práce

60 – 80 stran

Klíčová slova

investice, obnovitelné zdroje, energie, úspora, rodinný dům

Doporučené zdroje informací

BERANOVSKÝ, Jiří. Alternativní energie pro váš dům. 1. vyd. Brno: ERA, 2003, 125 s. Stavitel. ISBN 80-865-1759-4.

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, Jiří BERANOVSKÝ a Milan TOMĚŠ. Fotovoltaika, elektřina ze slunce. 2. vyd. Brno: ERA, 2008, vii, 81 s. Stavitel. ISBN 978-80-7366-133-5.

PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.

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

SCHOLLEOVÁ, Hana. Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2012, 268 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4004-1.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Malý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 20. 11. 2015

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 20. 11. 2015

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci s názvem "Úspora a alternativní zdroje energií v rodinném domě" 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. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2016

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Michalu Malému, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

Úspora a alternativní zdroje energií v rodinném domě

The energy saving and alternative energy sources for family house

Souhrn

Diplomová práce na téma Úspora a alternativní zdroje energií v rodinném domě se zabývá konstrukční a energetickou analýzou rodinného domu, návrhem úsporných opatření, která by snížila náklady na provoz rodinného domu (náklady na vytápění a náklady na elektrickou energii z veřejné sítě) a návrhem alternativních zdrojů energie se zaměřením na fotovoltaický systém, termický systém pro přípravu teplé vody a tepelný zdroj na bázi biomasy.

V práci jsou kalkulovány náklady na úsporná opatření, náklady na fotovoltaický a termický systém a náklady na tepelný zdroj. Dále je v práci vypočtena čistá současná hodnota investice, doba návratnosti investice, vnitřní výnosové procento investice a nákladový účín investice. V diplomové práci je kalkulováno s dotacemi ze státního programu Nová zelená úsporám 2015.

Výsledkem diplomové práce je snížení tepelné ztráty objektu o 44,82 %, snížení ročních nákladů na vytápění a nákladů na elektrickou energii o 39,42 % (pokles o 22 388 Kč), stanovení celkových investičních nákladů ve výši 566 070 Kč, stanovení dotace ze státního programu Nová zelená úsporám 2015 ve výši 215 460 Kč, stanovení doby návratnosti 20,05 let, stanovení vnitřního výnosového procenta 3,98 % a stanovení nákladového účínu 0,6058.

Klíčová slova: energie, úspora, zdroje, alternativní, domácnost

Summary

Thesis The energy saving and alternative energy sources in the family house is engaged in the design and energy analysis of the family house, the draft austerity measures that would reduce the costs of running the house (heating costs and the cost of electricity from the public grid) and the proposal of alternative sources energy, focusing on the photovoltaic system, thermal system for hot water and heat supply system based on biomass.

The thesis calculated the cost of the austerity measures, the cost of photovoltaic and thermal system and the cost of heating source. The study also calculated the net present value of the investment, payback period, internal rate of investment and cost effective investment. In this thesis is calculated with grants from the state program Nová zelená úsporám 2015.

The result of this thesis is reduce heat loss by 44.82 % reduction in annual heating costs and electricity costs by 39.42 % (a decrease of 22 388 CZK), determine the total investment cost in the amount of 566 070 CZK, determination of grant from state program Nová zelená úsporám 2015 amounting to 215 460 CZK, determine the payback period 20.05 years, determining the internal rate of 3.98 % and determination cost effective investment of 0.6058.

Keywords: energy, saving, sources, alternative, household

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	1
SEZNAM TABULEK	1
SEZNAM GRAFŮ	2
1 ÚVOD	4
2 CÍL PRÁCE	6
3 METODIKA	7
3.1 OBECNÝ POPIS RODINNÉHO DOMU	7
3.2 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT	7
3.3 TRVALÉ TEPELNÉ ZISKY	11
3.4 PRŮMĚRNÝ SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA	13
3.5 NÁVRH ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ	15
3.6 DOSTUPNOST ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ENERGIE	15
3.6.1 <i>Elektrická energie – Fotovoltaický systém</i>	16
3.6.2 <i>Teplá voda – Solární termický systém</i>	17
3.6.3 <i>Volba tepelného zdroje vícekritériální analýzou variant</i>	20
3.7 HODNOCENÍ INVESTIC	23
<i>Finanční hodnocení investice</i>	23
3.7.1 <i>Diskontování investičních peněžních toků</i>	23
3.7.2 <i>Výpočet vnitřního výnosového procenta</i>	24
3.7.3 <i>Návratnost investice</i>	24
3.7.4 <i>Vyhodnocení nákladů na provoz RD před a po zavedení investice</i>	24
3.7.5 <i>Dotace státním programem Zelená úsporám 2015</i>	25
4 LITERÁRNÍ REŠERŠE	27
4.1 SLUNCE DÁRCE ŽIVOTA A ENERGIE	29
4.1.1 <i>Sluneční iradance</i>	30
4.1.2 <i>Elektrická energie ze Slunce</i>	31
4.1.3 <i>Fototermické systémy</i>	33
4.2 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE	35
4.2.1 <i>Geotermální energie a tepelná čerpadla</i>	37
4.3 VODNÍ ENERGIE	39
4.4 VĚTRNÁ ENERGIE	42
4.4.1 <i>Větrné elektrárny</i>	42
4.5 ENERGIE BIOMASY	44
4.6 ÚSPORA ENERGIÍ V RODINNÉM DOMĚ	46
4.6.1 <i>Zateplení</i>	46
4.6.2 <i>Repase či výměna oken</i>	46
4.6.3 <i>Větrání</i>	46
4.6.4 <i>Vytápění a regulace vytápění</i>	47
4.7 PODPŮRNÝ PROGRAM ZELENÁ ÚSPORÁM	49
5 VLASTNÍ PRÁCE	54
5.1 POPIS OBJEKTU	54
5.2 DOSTUPNOST ALTERNATIVNÍCH ZDROJŮ ENERGIE	58
5.3 NÁKLADY NA ELEKTRICKOU ENERGIÍ A VYTÁPĚNÍ	59
5.4 VÝPOČET TEPELNÝCH ZTRÁT A TEPELNÝCH ZISKŮ	61
5.4.1 <i>Výpočet tepelných zisků</i>	63
5.4.2 <i>Výsledná tepelná ztráta objektu před rekonstrukcí (tepelné ztráty snížené o tepelné zisky)</i> ..	64
5.4.3 <i>Průměrný součinitel prostupu tepla před rekonstrukcí</i>	64
5.5 ÚSPORNÁ OPATŘENÍ	65
5.5.1 <i>Tepelná ztráta po rekonstrukci</i>	66

5.5.2	<i>Průměrný součinitel prostupu tepla po rekonstrukci</i>	66
5.6	ZDROJ TEPLA	67
5.7	FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM	71
5.8	SOLÁRNÍ SYSTÉM PRO PŘÍPRAVU TEPLÉ VODY	73
5.9	NÁKLADY NA PROVOZ DOMU PO REKONSTRUKCI	75
5.10	NÁROK NA DOTACE	76
5.11	NÁKLADY NA ALTERNATIVNÍ ZDROJE ENERGIÍ	78
5.11.1	<i>Náklady na fotovoltaický systém</i>	78
5.11.2	<i>Náklady na solární systém pro přípravu teplé vody</i>	78
5.11.3	<i>Náklady na zateplení</i>	79
5.11.4	<i>Náklady na tepelný zdroj</i>	80
5.11.5	<i>Celkové náklady po dotacích</i>	81
5.12	FINANČNÍ HODNOCENÍ INVESTICE (ČSH, VUM, DOBA NÁVRATNOSTI, NÁKLADOVÝ ÚČIN)	82
5.12.1	<i>Čistá současná hodnota</i>	82
5.12.2	<i>Doba návratnosti investice</i>	82
5.12.3	<i>Vnitřní výnosové procento</i>	83
5.12.4	<i>Nákladový účín</i>	83
5.12.5	<i>Financování investice</i>	83
ZÁVĚR		84
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		86

Seznam obrázků

Obr.č. 1 Princip skleníkového efektu.....	28
Obr.č. 2 Struktura Slunce.....	29
Obr.č. 3 Průměrné hodnoty solárního záření v ČR.....	30
Obr.č. 4 Shumanův solární kondenzátor v Egyptě	31
Obr.č. 5 Schéma kapalinového solárního systému	34
Obr.č. 6 Metoda Hot Dry Rock v Litoměřicích.....	36
Obr.č. 7 Geotermální čerpadla.....	38
Obr.č. 8 Přecherčpávací elektrárna Dlouhé stráně 1	40
Obr.č. 9 Projekt Atlantropa.....	41
Obr.č. 10 Větrný park chomutov	43
Obr.č. 11 Konverze biomasy na energii	45
Obr.č. 12 Schéma otopné soustavy s regulátory u kotlů na uhlí.....	48
Obr.č. 13 Stručné půdorysné schéma rodinného domu	54
Obr.č. 14 Tepelné ztráty ve staré části objektu.....	61
Obr.č. 15 Tepelné zisky ze solárních kolektorů.....	74

Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Požadované parametry v oblasti podpory A	51
Tabulka č. 2 Výše podpory v oblasti podpory A	51
Tabulka č. 3 Výše podpory v oblasti C.....	52
Tabulka č. 4 Výše podpory v oblasti C.3.....	53
Tabulka č. 5 Výše podpory v oblasti C.4.....	53
Tabulka č. 6 Přírážka p_3 na světovou stranu	9
Tabulka č. 7 Výkonnost - Performance Ratio (PR)	17
Tabulka č. 8 Přírážka na tepelné ztráty.....	18
Tabulka č. 9 Požadované parametry v oblasti podpory C.3	26
Tabulka č. 10 Výše podpory v oblasti podpory C.3.....	26
Tabulka č. 11 Popis konstrukcí staré části objektu.....	55
Tabulka č. 12 Popis konstrukcí nové části objektu.....	56
Tabulka č. 13 Náklady na elektrickou energii a vytápění v roce 2015.....	60
Tabulka č. 14 Náhled výpočtu tepelné ztráty v místnosti obývací pokoj ve staré části objektu	61
Tabulka č. 15 Preference kritérií.....	67
Tabulka č. 16 Váhy kritérií dle Saatyho matice.....	68
Tabulka č. 17 Vážená kriteriální matice W	68
Tabulka č. 18 Optimální a bazální varianta	68
Tabulka č. 19 Relativní ukazatel vzdálenosti c_i	68
Tabulka č. 20 Preference kritérií.....	69
Tabulka č. 21 Výhy kritérií dle Saatyho matice	69
Tabulka č. 22 Vážená kriteriální matice W	69
Tabulka č. 23 Optimální a bazální varianta	70

Tabulka č. 24 Relativní ukazatel vzdálenosti ci	70
Tabulka č. 25 Teoretický výkon fotovoltaického systému	71
Tabulka č. 26 Teoretická výtěžnost	71
Tabulka č. 27 Potřeba tepla na přípravu teplé vody a tepelné zisky ze solárních kolektorů	73
Tabulka č. 28 Náklady na vytápění a elektrickou energii po rekonstrukci.....	75
Tabulka č. 29 Úspora nákladů po rekonstrukci	75
Tabulka č. 30 Podmínky pro dotace skupiny A (splněny ano/ne).....	76
Tabulka č. 31 Podmínky pro dotace skupiny C.3.1 a C.3.2 (splněny ano/ne).....	77
Tabulka č. 32 Podmínky pro dotace skupiny C.3.4, C.3.5 a C.3.6 (splněny ano/ne)	77
Tabulka č. 33 Náklady na fotovoltaický systém.....	78
Tabulka č. 34 Kalkulace nákladů na solární systém pro přípravu teplé vody	79
Tabulka č. 35 Kalkulace nákladů na zateplení	80
Tabulka č. 36 Kalkulace nákladů na tepelný zdroj.....	81
Tabulka č. 37 Celkové náklady snížené o dotace	81
Tabulka č. 38 Čistá současná hodnota	82
Tabulka č. 39 Doba návratnosti dle ČSH	83
Tabulka č. 40 Vnitřní výnosové procento.....	83

Seznam grafů

Graf 1 Vývoj nákladů na elektrickou energii (2007/2015).....	59
Graf 2 Náklady na vytápění (2007/2015)	60
Graf 4 Tepelná ztráta ve staré části objektu.....	62
Graf 5 Elektroenergetická výtěžnost.....	72

Seznam vztahů

3.2.1	Celková tepelná ztráta
3.2.2	Tepelná ztráta prostupem tepla
3.2.3	Základní tepelná ztráta prostupem tepla
3.2.4	Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí
3.2.5	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí
3.2.6	Tepelná ztráta tepelnými mosty
3.2.7	Tepelná ztráta prostupem místnosti
3.2.8	Potřebný průtok vzduchu
3.2.9	Objemový tok větracího vzduchu
3.2.10	Intenzita výměny vzduchu filtrací
3.3.1	Tepelná zátěž okny
3.3.2	Tepelná zátěž stěnami
3.3.3	Tepelná zátěž stěnami
3.3.4	Tepelná zátěž osvětlením
3.3.5	Tepelná zátěž osobami
3.3.6	Tepelná zátěž osobami (počet osob)
3.3.7	Tepelná zátěž elektronickými zařízeními
3.4.1	Průměrný součinitel prostupu tepla

- 3.4.2 Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy
- 3.4.3 Součinitel prostupu tepla
- 3.4.4 Odpor konstrukce při prostupu tepla
- 3.4.5 Lineární činitel prostupu tepla
- 3.4.6 Bodový činitel prostupu tepla
- 3.5.1 Nejnižší vnitřní povrchová teplota konstrukce s jednosměrným šířením tepla
- 3.6.1.1 Instalovatelný výkon fotovoltaického systému
- 3.6.1.2 Elektroenergetická výtěžnost fotovoltaického systému
- 3.6.2.1 Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody
- 3.6.2.2 Celková měsíční spotřeba tepla na přípravu teplé vody
- 3.6.2.3 Teoretické měsíční využitelné zisky solární soustavy
- 3.6.2.4 Využitelné zisky solární soustavy
- 3.6.2.5 Celkové roční využitelné tepelné zisky
- 3.6.2.6 Solární pokrytí
- 3.6.2.7 Účinnost solárního kolektoru
- 3.6.2.8 Požadovaná velikost solárního kolektoru
- 3.6.2.9 Kapacita zásobníku teplé vody
- 3.6.3.1 Matice kriteriálních hodnot
- 3.6.3.2 Saatyho matice
- 3.6.3.3 Normalizovaný geometrický průměr
- 3.6.3.4 Normalizace hodnot
- 3.6.3.5 Konzistence Saatyho matice
- 3.6.3.6 Normalizovaná kriteriální matice
- 3.6.3.7 Vážená kriteriální matice
- 3.6.3.8 Ideální varianta
- 3.6.3.9 Bazální varianta
- 3.6.3.10 Vzdálenost od ideální
- 3.6.3.11 Vzdálenost od bazální varianty
- 3.6.3.12 Relativní ukazatel vzdálenosti
- 3.7.1 Čistý výnos z investice
- 3.7.1.1 Diskontované peněžní toky
- 3.7.1.2 Čistá současná hodnota investice
- 3.7.2.1 Vnitřní výnosové procento
- 3.7.3.1 Diskontovaná doba návratnosti
- 3.7.4.1 Nákladový účín investice
- 3.7.5.1 Výpočet výše podpory v oblasti A

1 Úvod

Světová poptávka po energiích je z velké části uspokojována energií z neobnovitelných zdrojů, převážně ropy, černého a hnědého uhlí, zemního plynu a radioaktivního materiálu. Jedná se o výkonné a relativně dobře dostupné zdroje energie, ale s jejich těžbou a spotřebou je spojena celá řada problémů a hrozeb.

Největším problémem je celosvětová závislost na těchto zdrojích a jejich snižující se zásoby. Například ropa je současným nejvyužívanějším neobnovitelným zdrojem, bez kterého by svět nebyl takový, jak ho známe. Její zásoby jsou ale velmi omezené. Při současné spotřebě odborníci odhadují, že většina zásob bude do roku 2046 spotřebována. To může vést, při neobjevení vhodné alternativy, k závažným celosvětovým problémům. Se zásobami ostatních jmenovaných zdrojů je situace obdobná, ale jejich vytěžení se v tak krátké době, jako je tomu u ropy, neočekává.

Druhým a neméně závažným problémem je ekologie. Využívání neobnovitelných zdrojů je typické vysokým množstvím emitovaných škodlivin a skleníkových plynů, jako jsou oxid uhličitý a metan. Vědci při dlouhodobém pozorování obsahu skleníkových plynů v atmosféře, emisí vzniklých lidskou činností a průměrných celosvětových teplot zjistili, že se svět otepluje a hlavním viníkem je lidstvo se svou nešetrností při využívání neobnovitelných zdrojů. Nejedná se pouze o zvyšující se teploty, ale i o poškozování životního prostředí těžbou, haváriemi a různými katastrofami. Jako příklad lze uvést havárii černobylského jaderného reaktoru, ztroskotání ropného tankeru Exxon Valdez u břehů Aljašky a typická smogová mračna nad asijskými metropolemi.

V zájmu udržitelného rozvoje, ochrany klimatu a životního prostředí začalo lidstvo tyto problémy řešit. Vhodnou náhradu za neobnovitelné zdroje našlo ve zdrojích obnovitelných (OZE). Pod tímto pojmem se skrývá energie získávaná ze slunečního svitu, větru, vody, země a biomasy. Díky vědeckému a technickému pokroku v této oblasti se OZE stává perspektivním zdrojem energie jak pro naši generaci, tak i pro generace budoucí.

Některé státy, převážně ty evropské, se již aktivně snaží omezit závislost na neobnovitelných zdrojích. Za jakéhosi průkopníka v této oblasti se považuje Německo, kde se alternativní zdroje z jedné čtvrtiny podílejí na výrobě elektrické energie. Česká

republika také podporuje rozvoj OZE. Již několik let zde funguje program s názvem Zelená úsporám, jehož hlavním cílem je snížení všech emisí CO₂ produkovaných v ČR, zlepšení životních podmínek domácnostem které dostanou podporu, snížení znečištění prachovými částicemi, vytvoření nových pracovních míst a úspora nákladů za vytápění. Cílů hodlá program dosáhnout pomocí podpory ve formě dotací. O dotace mohou zažádat fyzické i právnické osoby. Mohou být využity pro novostavby i pro renovace již stávajících nemovitostí. Dotace zefektivňují ekonomickou návratnost investic do OZE a to je i jedním z důvodů, proč se OZE staly populárními v českých domácnostech.

Diplomová práce, se bude zabývat využitím OZE ve starším rodinném domě (RD) v blízkosti Prahy. Hlavním cílem bude návrh celkové energetické koncepce s využitím alternativních zdrojů energie a návrh opatření vedoucích k úspoře energií. Těmito opatřeními se rozumí zateplení objektu, výměna starých oken za nová úsporná, rekonstrukce střechy, atd.

Práce bude členěná do třech částí. První část bude tvořit rešerše literatury společně s průzkumem dostupnosti OZE v lokalitě RD.

Druhá část se bude zabývat rozborem RD ze stránky stavební a ze stránky energetické. Tato část se zaměří na výpočet energetických ztrát a energetické náročnosti vybraného objektu, návrh opatření vedoucích k minimalizaci tepelných ztrát a tepelné náročnosti objektu a také navrhne alternativy k současným konvenčním zdrojům energií.

Třetí část se zaměří na finanční stránku projektu. Tedy na kalkulace investičních nákladů a na zdroje financování investice. Podrobně zde budou probrány náklady spojené s investicí a zisky z investice plynoucí. Z důvodů minimalizace vlastních nákladů investice budou v této části práce kalkulovány dostupné státní dotace z projektu Nová zelená úsporám 2015.

Hlavní přínos této diplomové práce vidí autor v energetické a technické analýze objektu, která může odhalit problémy a nedostatky ať už ze stránky ekonomické, energetické, tak i ze stránky konstrukční. Dále práce navrhuje způsoby řešení těchto problémů například rekonstrukcí a zateplením části objektu. Práce také nabízí způsob vedoucí ke zvýšení ekologičnosti využíváním alternativních zdrojů energií.

2 Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je návrh celkové energetické koncepce s využitím alternativních zdrojů energie pro vybraný rodinný dům v podobě investičního záměru. Řešeným problémem v diplomové práci je přechod od konvenčních zdrojů energie, jako jsou fosilní paliva, ke zdrojům alternativním.

Dílní cíle práce budou zaměřeny na analýzu současného technického a energetického stavu rodinného domu (tedy stav před aplikací změn), vytvoření návrhu renovací a úprav objektu vedoucím k úspoře energií, využití alternativních zdrojů energie v objektu, analýzu technického a energetického stavu objektu po plánovaných změnách a na finanční analýzu plánované investice.

Dle hlavní hypotézy aplikace úsporných opatření v rodinném domě umožní snížení nákladů na provoz (vytápění a elektrická energie dodávaná z veřejné sítě) objektu o dvacet pět až padesát procent. Dle druhé hypotézy se bude doba návratnosti investice do úsporných opatření a alternativních zdrojů energie nalézat v intervalu patnácti až dvaceti let provozu.

3 Metodika

3.1 Obecný popis rodinného domu

Rozbor rodinného domu byl sestaven ze dvou částí. V první části byl proveden obecný popis týkající se umístění objektu, geometrie objektu, druhu otopné soustavy, způsob větrání, atd. dle normy (ČSN 73 4301) a norem souvisejících.

V druhé části byl rodinný dům rozdělen do dvou zón. První zóna obsahovala obytné prostory (obývací pokoj, ložnice, studovna, koupelna, jídelna, atd.) a zóna druhá obsahovala technické místnosti (garáž, kotelna, sklad). U obou zón byla řešena stavební část, týkající se charakteristik stavebních konstrukcí, a energetická část zabývající se energetickými systémy zajišťujícími krytí potřeb energií.

Pro zjištění energetického stavu rodinného domu byl vypočten průměrný součinitel prostupu tepla společně s výpočtem tepelných ztrát objektu a kalkulace ročních nákladů na energie.

3.2 Výpočet tepelných ztrát

Tepelná ztráta představuje okamžitou hodnotu tepelného toku, který z objektu uniká prostupem tepla, zářením skrz průsvitné konstrukce a větráním (ČSN 06 0210 1994).

Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta Q_c ve W, se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snížená o trvalé tepelné zisky. Je dána dle (ČSN 06 0210 1994) vztahem

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (3.2.1)$$

kde Q_p je tepelná ztráta prostupem tepla;

Q_v tepelná ztráta větráním;

Q_z trvalý tepelný zisk.

Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla Q_p , ve W, se určí dle (ČSN 06 0210 1994) vztahem

$$Q_p = Q_0(1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (3.2.2)$$

kde Q_0 je základní tepelná ztráta prostupem tepla;

p_1 přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí;

p_2 přírážka na urychlení zátoku;

p_3 přírážka na světovou stranu.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_0 , ve W, se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností. Dle (ČSN 06 0210 1994) vztahem

$$Q_0 = k_1 S_1 (t_i - t_{e1}) + k_2 S_2 (t_i - t_{e2}) + \dots + k_n S_n (t_i - t_{en}) = \sum_{j=1}^{j=n} k_j S_j (t_i - t_{ej}) \quad (3.2.3)$$

kde $S_1, S_2 \dots S_n$ je 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 vnitřní výpočtová teplota ($^{\circ}C$);

$t_{e1}, t_{e2} \dots t_{en}$ výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce ($^{\circ}C$).

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti k_c , který se stanoví dle (ČSN 06 0210 1994) vztahem

$$k_c = \frac{Q_0}{\sum S(t_i - t_c)} \quad (3.2.4)$$

kde $\sum S$ je celková plocha všech konstrukcí ohraničující vytápěnou místnost (m^2);

t_i vnitřní výpočtová teplota;

t_c venkovní výpočtová teplota.

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 se pak stanoví dle (ČSN 06 0210 1994) ze vztahu

$$p_1 = 0.15 k_c \quad (3.2.5)$$

Přirážka na urychlení zátoku p_2 je uvažována pouze v případech, kdy ani za nejnižších venkovních teplot není možné zajistit nepřerušovanou dodávku tepla. Za normálních okolností se tato přírážka neuvažuje, protože za výpočtových podmínek se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

Pouze u budov se samostatnou kotelnou na tuhá paliva o jmenovitém výkonu menším než 150 kW se předpokládá, že ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění a proto přírážka p_2 nabývá těchto hodnot

- 0.10 při denní době vytápění ≥ 16 hodin;
- dle ČSN 06 0220:1993 při denní době vytápění < 16 hodin.

O výši přírážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované stavební konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích, poloha jejich společného rohu. U místností se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přírážkou nejvyšší.

Tabulka č. 1 Přírážka p_3 na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přírážka p_3	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

Zdroj: ČSN 06 0210

Tepelná ztráta tepelnými mosty

Tepelné mosty představují takové místně ohraničené plochy ve stavebních dílech, které ve srovnání s hlavní plochou vykazují podstatně nižší kvalitu tepelné izolace. Jejich hodnota se stanoví dle vztahu

$$Q_{pm} = 0,1 * \Sigma A * (t_i - t_c) \quad (3.2.6)$$

kde ΣA je součet všech ploch ochlazovaných konstrukcí.

Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním

Tepelná ztráta prostoru (místnosti) větráním Q_v , v W, se stanoví dle (ČSN 06 0210 1994) ze vztahu

$$Q_v = C_v \cdot V_v \cdot (t_i - t_c) \quad (3.2.7)$$

kde V_v je objemový tok větracího vzduchu, za V_v se dosadí větší z hodnot V_{vH} a V_{vP} ;

C_v objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0 °C ($J \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}$).

Objemový tok větracího vzduchu V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou

výměny vzduchu n_h (h^{-1}). Potřebný průtok se V_{vH} se stanoví dle (ČSN 06 0210 1994) ze vztahu

$$V_{eH} = \frac{n_h}{3600} V_m \quad (3.2.8)$$

kde V_m je vnitřní objem prostoru (místnosti) v (m^3).

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

$$V_{vp} = \Sigma(i_{LV}L)BM \quad (3.2.9)$$

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

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

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

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

M charakteristické číslo místnosti (-).

Charakteristické číslo budovy B závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině (chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá poloha) a na druhu budovy (řadové budovy a osaměle stojící budovy).

Součet součinů $\Sigma(i_{LV} \cdot L)$ se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy.

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří

- a) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken ($M=0,4$);
- b) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost oken ($M=0,5$);
- c) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken ($M=0,7$);
- d) místnosti bez vnitřních stěn ($M=1,0$).

V případech a) až c) se dále rozlišují místnosti podle počtu vnitřních dveří a podle jejich těsnosti.

Je-li hygienický nebo technologický nárok na intenzitu výměny vzduchu n větší než výpočtová intenzita výměny vzduchu infiltrací je nutno ji zajistit větráním.

Intenzita výměny vzduchu infiltrací n dle (ČSN 06 0210 1994), v h^{-1}

$$n = \frac{3600 \Sigma(i_{LV}L)BM}{V_m} \quad (3.2.10)$$

Do hodnoty $n=1$ až $1,5$ se předpokládá krýt tepelnou ztrátu otopným tělesem; při $n>1,5$ se doporučuje použít klimatizační jednotku.

Velmi těžké budovy

U budov s velmi těžkými obvodovými konstrukcemi schopnými tlumit účinek kolísání venkovní teploty na vnitřní teplotu v místnostech se tepelná ztráta prostupem tepla Q_p stanovuje pro vyšší venkovní teplotu, než je předepsaná výpočtová venkovní teplota t_c pro příslušnou teplotní oblast

- a) U budov s obvodovými stavebními konstrukcemi z plného cihelného zdiva se stanoví Q_p pro rozdíl teplot.

$\Delta t = t_i - t_c - 5$ ($^{\circ}\text{C}$) při tloušťce konstrukcí (včetně omítky) od 60 do 90 cm včetně;

$\Delta t = t_i - t_c - 10$ ($^{\circ}\text{C}$) při tloušťce konstrukcí (včetně omítky) větší než 90 cm.

- b) U budov s obvodovými konstrukcemi z přírodních kamenů nebo betonu se stanoví Q_p pro rozdíl teplot

$\Delta t = t_i - t_c - 5$ ($^{\circ}\text{C}$) při tloušťce stavebních konstrukcí od 90 do 120 cm včetně;

$\Delta t = t_i - t_c - 10$ ($^{\circ}\text{C}$) při tloušťce stavebních konstrukcí větší než 120 cm.

Tepelná ztráta větráním Q_v se stanoví podle vztahu (4.2.6) pro výpočtový rozdíl teplot

$\Delta t = t_i - t_c$.

3.3 Trvalé tepelné zisky

Trvalé tepelné zisky se člení na venkovní a vnitřní. Mezi venkovní zisky patří tepelné zisky okny a tepelné zisky stěnami. Mezi vnitřní tepelné zisky se řadí tepelné zisky osvětlením, tepelné zisky osobami tepelné zisky elektronických zařízení.

Tepelná zátěž okny

Tepelná zátěž okny se stanoví dle (ČSN 73 0542 1995) vztahem

$$E_{Zm} = E_{gm} \cdot A_{ok,p} \cdot T \cdot c_m \cdot c_n \quad (3.3.1)$$

kde E_{Zm} je průměrný tepelný zisk zasklení slunečního záření za měsíc ($\text{kWh} \cdot \text{měs}^{-1}$);

E_{gm} globální sluneční záření ($\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{měs}^{-1}$);

$A_{ok,p}$ plocha průsvitné části okna (m^2);

T celková propustnost slunečního záření okna;

c_m činitel využití slunečního záření;

c_n činitel korigující skutečnost, že dopad slunečních paprsků není kolmý.

Tepelná zátěž stěnami

Tepelná zátěž stěnami se stanoví dle (ČSN 73 0542 1995) vztahem

$$\alpha_e(t_i - t_j) + eI = \alpha_e(t_r - t_j) \quad (3.3.2)$$

$$t_r = t_e + \frac{\varepsilon I}{\alpha_e} \quad (3.3.3)$$

kde α_e je součinitel prostupu tepla na vnější straně konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$);

I intenzita sluneční radiace dopadající na konstrukci;

ε součinitel poměrné tepelné pohltivosti pro sluneční radiaci.

Tepelná zátěž osvětlením

Tepelná zátěž osvětlením se stanoví dle (ČSN 73 0542 1995) vztahem

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad (3.3.4)$$

kde Q_{sv} je tepelná zátěž osvětlením

P tepelná produkce svítidel;

c_1 součinitel současnosti používání svítidel;

c_2 zbytkový součinitel.

Tepelná zátěž osobami

Základní úroveň produkce citelného tepla mužem je normou (ČSN 73 0542 1995) stanovena na 62W (produkce citelného tepla ženou je stanovena na 85% a produkce citelného tepla dítětem je stanovena na 75% produkce muže) při mírně aktivní práci za

stolem při teplotě 20 °C, pro jiné teploty a jiné rozložení skupiny se provádí korektura dle vztahu

$$Q_L = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_L \quad (3.3.5)$$

$$i_L = 0,85i_z + 0,75i_d + i_m \quad (3.3.6)$$

kde Q_L je produkce tepla osobami;

i_L počet osob;

$i_{z,d,m}$ počet žen, dětí a mužů.

Tepelná zátěž elektronickými zařízeními

Tepelná zátěž elektronickými zařízeními je vypočtena dle (ČSN 73 0542 1995) vztahem

$$Q_e = c_1 \cdot c_3 \Sigma P \quad (3.3.7)$$

kde Q_e je tepelná zátěž elektronickými zařízeními (W);

P celkový příkon spotřebiče (W);

c_3 průměrné zatížení stroje.

3.4 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukce vyjadřuje celkovou výměnu tepla mezi prostory oddělenými od sebe danou stavební konstrukcí. Průměrný součinitel prostupu budovy nebo její části U_{em} se stanoví dle (ČSN 73 0540-4) vztahem

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}) \quad (3.4.1)$$

kde A je celková plocha konstrukcí ohraničující vytápěný objem budovy v (m^2);

H_T měrný tepelný tok prostupem tepla budovy ($\text{W} \cdot \text{K}^{-1}$).

Měrný tepelný tok prostupem tepla budovy H_T lze dle (ČSN 73 0540-4) stanovit vztahem

$$H_T = \sum A_i U_i b_i + \sum I_i \Psi_i b_i + \sum \chi_i b_i \quad (3.4.2)$$

kde A_i je plocha i -té konstrukce ohraničující vytápěný prostor (m^2);

U_i součinitel prostupu tepla i -té konstrukce ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$);

I_i délka i -té tepelné vazby na hranici budovy (m);

- Ψ_i lineární činitel prostupu tepla i-té tepelné vazby na hranici budovy ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$);
 χ_i bodový činitel prostupu tepla i-té tepelné vazby ($W \cdot K^{-1}$);
 b_i činitel teplotní redukce pro i-tou konstrukci nebo tepelnou vazbu.

Součinitel prostupu tepla i-té konstrukce se stanoví dle (ČSN 73 0540-4) vztahem

$$U_T(U) = \frac{1}{R_T} \quad (3.4.3)$$

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (3.4.4)$$

kde $U_T(U)$ je součinitel prostupu tepla ($W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$);

- R_T odpor konstrukce při prostupu tepla ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$);
 R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$);
 R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$);
 R odpor konstrukce ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$).

Lineární činitel prostupu tepla i-té tepelné vazby Ψ , v $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, na hranici budovy se vypočte dle (ČSN 73 0540-4) vztahem

$$\Psi = L - \sum U_j \cdot l_j \quad (3.4.5)$$

kde L je vypočtená tepelná propustnost ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$);

- U_j součinitel prostupu tepla j-té plošné dílčí konstrukce ($m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$);
 l_j délka j-té konstrukce (m);

nebo je též možné zjistit orientační hodnotu lineárního činitele prostupu tepla z tabulkových hodnot ČSN EN ISO 14683, ovšem jejich použití je omezeno na přesně stanovené případy a odhadnuté hodnoty jsou zatíženy výraznou chybou.

Bodový činitel prostupu tepla χ_e i-té tepelné vazby, v $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$, se vypočte dle (ČSN 73 0540-4) vztahem

$$\chi_e = L_{3D} \sum U_j \cdot A_j \quad (3.4.6)$$

kde A_j je plocha jednotlivých konstrukcí oddělujících dvě prostředí (m^2);

- L_{3D} plošná tepelná propustnost ($W \cdot K^{-1}$).

Činitel teplotní redukce b pro i-tou konstrukci se orientačně stanoví z tabulkových hodnot v ČSN 73 0540-3.

3.5 Návrh energeticky úsporných opatření

Zde práce navázala na výpočet průměrného součinitele prostupu tepla a tepelných ztrát rodinného domu z předchozí kapitoly. Dle zjištěných výsledků zde byly navrženy způsoby redukce energetické náročnosti a tepelných ztrát objektu. Těmito způsoby se rozumí

- výměna výplní otvorů;
- zateplení obvodové stěny;
- zateplení střechy;
- rekonstrukce a zateplení krovu;
- zateplení stropu suterénu.

Při návrhu tepelněizolačního systému bylo zapotřebí splnit požadavky normy (ČSN 73 0540-2) na součinitel prostupu tepla U (4.4.1) splňující podmínku $U \leq U_N^1$, dále na nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce, zkondenzovanou vodní páru konstrukce a roční bilanci kondenzace a vypařování vodní páry uvnitř konstrukce.

Nejnižší vnitřní povrchovou teplotu konstrukce s jednorozměrným šířením tepla lze stanovit dle (ČSN 73 0540-2) vztahem

$$\theta_{si} = \theta_{ai} - U \cdot R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_e) \quad (3.5.1)$$

kde θ_{ai} je navrhovaná vnitřní teplota (°C);

θ_e navrhovaná teplota na vnější straně konstrukce (°C).

Roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry se provádí bilančním výpočtem po měsících dle ČSN EN ISO 13788.

3.6 Dostupnost alternativních zdrojů energie

Pro využití alternativních zdrojů energie byla zjišťována jejich dostupnost v blízkém okolí rodinného domu. Jako zdroj těchto informací byla využita data projektu SolarGIS poskytující informace o ročním úhrnu slunečního záření, dále data z Českého hydrometeorologického úřadu informující o ročním úhrnu srážek a průměrných ročních teplotách. Také byla pro zjištění půdního stavu využita data ze služby Geoportál SOWAC-GIS. Data byla speciálně vybrána pro oblast nacházející se na souřadnicích 49°51'53.3"N 14°42'34.7"E.

¹ kde U_N je normovaná hodnota součinitele prostupu tepla

Alternativní zdroje energie

Hlavním cílem této části práce bylo nalézt alternativu za doposud využívané konvenční zdroje energie.

3.6.1 Elektrická energie – Fotovoltaický systém

Jako zdroj elektrické energie byl zvolen fotovoltaický systém. Pro návrh fotovoltaického systému byl vypočten teoretický výkon vybraného FV zařízení a také jeho roční elektroenergetická výtěžnost.

Instalovatelný výkon fotovoltaického systému

Teoretický výkon vybraného fotovoltaického systému byl počítán dle následujícího vzorce. Tímto výpočtem byl určen teoretický výtěžek fotovoltaického systému.

$$P_{MPP} = A \cdot \eta \quad (3.6.1.1)$$

kde P_{MPP} je instalovatelný výkon fotovoltaického systému ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$);
 A disponibilní plocha střechy rodinného domu (m^2);
 η účinnost zvoleného FV zařízení (%).

Elektroenergetický výtěžnost fotovoltaického systému

Výpočtem elektroenergetické výtěžnosti $E_{\text{elektrický}}$ (kWp) fotovoltaického systému byl vypočten odhadovaný roční zisk elektrické energie dle vztahu

$$E_{\text{elektrický}} = \frac{H_{\text{solar}} \cdot f_{\text{sklonu}} \cdot P_{MPP} \cdot PR}{1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}} \quad (3.6.1.2)$$

kde H_{solar} je roční hodnota sluneční radiace;
 f_{solar} sklon a nasměrování FV zařízení;
 PR poměr reálně získané energie a teoreticky dosažitelné energie za ideálních podmínek.

Tabulka č. 2 Výkonnost - Performance Ratio (PR)

Performance Ratio PR	Popis
0.85	absolutní špičkové zařízení, dobře odvětrávané, bez zastínění, malé znečištění
0.8	velmi dobrá úroveň zařízení, dobré odvětrávání, bez zastínění
0.75	průměrná úroveň zařízení
0.7	průměrná úroveň zařízení, vinou zastínění nebo špatným odvětráváním
0.6	špatná úroveň zařízení, s většími ztrátami způsobenými zastíněním, znečištěním nebo výpadkem systému
0.5	velmi špatná úroveň zařízení s velkým zastíněním nebo s poruchami

Zdroj: Quaschnig, Obnovitelné zdroje energie, 2010 [tabulka]

3.6.2 Teplá voda – Solární termický systém

Jako způsob ohřevu vody byl zvolen solární termický systém (solární kolektor). Při návrhu solárního termického systému byla vypočtena účinnost solárního kolektoru, potřebná kapacita zásobníku teplé vody a potřebná velikost solárního kolektoru. Také byla stanovena spotřeba teplé vody 45 litrů na osobu na den.

Potřeba tepla na přípravu teplé vody

Celková potřeba tepla na přípravu teplé vody $Q_{p,TV}$ (kWh.měs.⁻¹) se v jednotlivých měsících stanovuje dle (Matuška 2009) vztahem

$$Q_{p,TV} = (1 + z) \frac{nV_{TV,den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad (3.6.2.1)$$

kde $V_{TV, den}$ je průměrná denní spotřeba teplé vody (m³.den⁻¹);

n počet dní v daném měsíci;

p hustota vody (kg.m⁻³);

c měrná tepelná kapacita vody (J/kgK);

t_{TV} teplota teplé vody (°C);

t_{SV} teplota studené vody (°C);

z přírážka na tepelné ztráty související s přípravou teplé vody.

Tabulka č. 3 Přirážka na tepelné ztráty

Typ přípravy TV	Přirážka
Rodinný dům, průtokový ohřev	0.00
Zásobníkový ohřev bez cirkulace	0.15
Centrální zásobníkový ohřev s řízenou cirkulací	0.30
Centrální zásobníkový ohřev, neřízená cirkulace	1.00
CZT, příprava TV s meziobjektovými přípojkami, TV, CV	>2.00

Zdroj: T. Matuška, Zjednodušený výpočtový postup energetického hodnocení solárních soustav [tabulka]

Celková měsíční spotřeba tepla na přípravu teplé vody a vytápění $Q_{p,c}$ (kWh.měs⁻¹) se vypočte dle (Matuška 2009) vztahem

$$Q_{p,c} = Q_{p,TV} + Q_{p,VYT} \quad (3.6.2.2)$$

kde $Q_{p,TV}$ je potřeba tepla na vytápění.

Využitelné tepelné zisky solární soustavy

Teoretický měsíční využitelný zisk solárního kolektoru $Q_{k,u}$ (kWh/m²) v daném období lze vypočítat dle (Matuška 2009) vztahem

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot H_T \cdot A_k \cdot (1 - p) \quad (3.6.2.3)$$

kde η_k je účinnost solárního kolektoru;

p paušální procentní srážka;

H_T skutečné sluneční ozáření plochy kolektoru;

A_k plocha solárního kolektoru.

Využitelné zisky solární soustavy $Q_{ss,u}$ se stanoví jako průnik potřeby tepla a teoreticky využitelných zisků solární soustavy dle (Matuška 2009) vztahem

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,c}) \quad (3.6.2.4)$$

Celkové roční využitelné tepelné zisky solární soustavy $q_{ss,u}$ v (kWh.m⁻².rok⁻¹) se stanoví jako součet $Q_{ss,u}$ v jednotlivých měsících dle (Matuška 2009) vztahem

$$q_{ss,u} = \frac{\sum_{I}^{XII} Q_{ss,u}}{A_k} \quad (3.6.2.5)$$

Z podílu (27) a (29) je možné určit solární pokrytí f (%) dle (Matuška 2009) vztahem

$$f = 100 \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} \quad (3.6.2.6)$$

Účinnost solárního kolektoru

Závislost účinnosti kapalinového solárního kolektoru n_{sk} (%) na definovaných okrajových podmínkách se stanovuje z křivky účinnosti dle (Vyhláška č.441/2012) vztahem

$$n_{sk} = \eta_0 - a_1 \frac{(t_m - t_e)}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G} \quad (3.6.2.7)$$

kde η_0 je optická účinnost;

- a_1 lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$);
- a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$);
- G sluneční ozáření ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
- t_m střední teplota teplotonosné kapaliny (50 C)
- t_e venkovní teplota (20 C).

Požadovaná velikost solárního kolektoru

Požadovaná velikost solárního kolektoru byla vypočtena dle (Quaschnig 2010) vztahem

$$A \approx \frac{\text{celoroční pokrytí sluneční energií}}{\text{průměrná účinnost solárního kolektoru}} \cdot \frac{Q_{ww}}{H_{\text{solar}} f \text{ sklonu}} \quad (3.6.2.8)$$

kde Q_{ww} je celoroční spotřeba teplé vody vyjádřená v kWh (2300 W/rok).

Kapacita zásobníku teplé vody

Požadovaná kapacita zásobníku teplé vody byla vypočtena jako dvojnásobek denní spotřeby teplé vody jedné osoby násobený počtem osob v objektu dle (Quaschnig 2010) vztahem

$$V_{\text{zásobníku}} = 2 \cdot P \cdot V_{\text{osoby}} \quad (3.6.2.9)$$

kde P je počet osob;

- V_{osoby} spotřeba teplé vody na jednu osobu;
- $V_{\text{zásobníku}}$ objem zásobníku.

3.6.3 Volba tepelného zdroje vícekriteriální analýzou variant

Jako zdroj tepla bylo zvoleno několik možných alternativ. Ideální alternativa byla vybrána metodou vícekriteriální analýza variant s kritérii pořizovací náklady (MIN), provozní náklady (MIN), výkon (MAX), ekologie (MAX), možnost kombinace s jinými energetickými systémy, převážně se systémem ohřevu vody (MAX) a výše dotace (MAX). Možné varianty vytápění

- kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva;
- kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva;
- krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem;
- krbová kamna nebo vložka na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva;
- tepelné čerpadlo voda-voda;
- tepelné čerpadlo země-voda;
- tepelné čerpadlo vzduch-voda;
- plynový kondenzační kotel.

Vícekriteriální analýza variant

V modelu vícekriteriální analýzy variant je dáno diskrétní množina m variant, které jsou hodnoceny podle n kritérií. Cílem je najít variantu, která je podle všech kritérií celkově hodnocena co nejlépe, variantu kompromisní, případně seřadit varianty od nejlepší po nejhorší nebo vyloučit neefektivní varianty (Šubrt a kolektiv 2011). Matice kriteriálních hodnot bude mít tvar

$$Y = \begin{matrix} & f_1 & f_2 & \cdots & f_n \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (3.6.3.1)$$

kde sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám.

Stanovení vah kritérií Saatyho metodou

Jedná se o metodu kvantitativního párového porovnávání kritérií. Pro ohodnocení párových porovnání se dle (Šubrt a kolektiv 2011) používá devítibodová stupnice

- 1 - rovnocenná kritéria i a j ;
- 3 - slabě preferované kritérium i před j ;
- 5 - silně preferované kritérium i před j ;
- 7 - velmi silně preferované kritérium i před j ;
- 9 - absolutně preferované kritérium i před j ;

také je zde možné využít i mezistupně (2,4,6,8). Porovnávané hodnoty dvojic kritérií a velikosti preferencí i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu se zapisuje do Saatyho matice $S=(s_{ij})$

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (3.6.3.2)$$

z této matice se odvozují váhy kritérií pomocí normalizovaného geometrického průměru řádků matice S

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (3.6.3.3)$$

a následně normalizace hodnot b_i dle vztahu

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (3.6.3.4)$$

Současně je zapotřebí provést výpočet konzistence Saatyho matice dle vztahu

$$I_S = \frac{l_{max} - n}{n-1} \quad (3.6.3.5)$$

kde l_{max} je největší vlastní číslo matice S ;

n počet kritérií.

Saatyho matice je dle (Šubrt a kolektiv 2011) považována za dostatečně konzistentní, jestliže $I_S < 0,1$.

Výběr optimální varianty metodou TOPSIS

Metoda TOPSIS posuzuje varianty z hlediska jejich vzdálenosti od ideální a bazální varianty. Vyžaduje kardinální hodnocení variant podle jednotlivých kritérií a váhy těchto kritérií. Metoda je určena pro výběr varianty, která je nejbližší k ideální varianta určené vektorem (H_1, H_2, \dots, H_k) a nejdále od bazální varianty reprezentované vektorem (D_1, D_2, \dots, D_k) . Kriteriaální hodnoty jednotlivých variant jsou uspořádány do kriteriaální matice $Y=(y_{ij})$, kde y_{ij} je hodnoty i -té varianty hodnocené podle j -tého kritéria.

V prvním kroku se stanoví normalizovaná kriteriaální matice $R=(r_{ij})$ dle (Šubrt a kolektiv 2011) vztahem

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m y_{ij}^2}} \quad (3.6.3.6)$$

následně se normalizovaná kriteriaální matice R převede na váženou kriteriaální matici W vynásobením sloupců matice R vahou odpovídajícího kritéria dle (Šubrt a kolektiv 2011) vztahem

$$w_{ij} = v_j \cdot r_{ij} \quad (3.6.3.7)$$

kde v_j je váha kritéria.

Nyní se určí ideální varianta $H=(H_1, H_2, \dots, H_k)$ a bazální varianta $D=(D_1, D_2, \dots, D_k)$ z hodnot ve vážené kriteriaální matice kde (Šubrt a kolektiv 2011)

$$H_j = \max (w_{ij}); i = 1, 2, \dots, m, \quad (3.6.3.8)$$

$$D_j = \min (w_{ij}); j = 1, 2, \dots, k. \quad (3.6.3.9)$$

Dále se vypočítá vzdálenost varianty od ideální a bazální varianty dle (Šubrt a kolektiv 2011) vztahy

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - h_j)^2}; \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.6.3.10)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij} - d_j)^2}; \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.6.3.11)$$

kde d_i^+ je vzdálenost od ideální varianty;

d_i^- vzdálenost od bazální varianty.

Relativní ukazatel vzdálenosti se vypočte z (4.6.3.10) a (4.6.3.11) dle (Šubrt a kolektiv 2011) vztahem

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}; \quad i=1, 2, \dots, m \quad (3.6.3.12)$$

kde c_i je relativní ukazatel vzdálenosti.

3.7 Hodnocení investic

Finanční hodnocení investice

V počátku je zapotřebí vyčíslit rozdíl mezi investičními náklady a investičními příjmy v jednotlivých letech životnosti investice vztahem (Fotr a Souček 2010)

$$\check{C}V_{nt} = \text{investiční příjmy v čase } t - \text{investiční výdaje v čase } t \quad (3.7.1)$$

kde $\check{C}V_{nt}$ je čistý výnos z investice v čase t .

3.7.1 Diskontování investičních peněžních toků

Technika diskontování slouží k přepočtu peněžních toků realizovaných v odlišných časových obdobích na jejich současnou hodnotu k témuž časovému okamžiku a respektuje odlišnou časovou hodnotu peněz. Peněžní toky převedené na určitého společného jmenovatele jeho diskontováním se pak nazývají diskontované toky, úroková míra se obecně označuje jako diskontní sazba. (Fotr a Souček 2010) Diskontované peněžní toky se vypočítají dle vztahu

$$\check{C}V_{n0} = \check{C}V_{nt} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} \quad (3.7.1.1)$$

kde r je diskontní sazba.

Čisté výnosy budoucích let snižené o počáteční investiční výdaje, jejichž nominální hodnotu převedeme pomocí požadovaného úročení na hodnotu reálnou, představují tzv. čistou současnou hodnotu investice (Rosochatecká, et al. 2013).

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^m \frac{\check{C}V_n}{(1+i)^n} - I \quad (3.7.1.2)$$

kde $\check{C}SH$ je čistá současná hodnota;

i požadované úročení;

- m doba životnosti;
- n počet sledovaných období;
- I počáteční investiční výdaj.

3.7.2 Výpočet vnitřního výnosového procenta

Tento výpočet vychází z ČSH, ve které se zvolí dvě varianty požadovaného zúročení, přičemž jedna varianta musí dosahovat kladné ČSH a druhá záporné ČSH. Hledané vnitřní výnosové procento se pak nalézá v intervalu mezi těmito variantami. Výpočet má následující tvar (Rosochatecká, et al. 2013)

$$VUM = p_1 + \frac{A}{A+|B|} * (p_2 - p_1) \quad (3.7.2.1)$$

kde VUM je vnitřní výnosové procento;

- A kladná čistá současná hodnota;
- B záporná čistá současná hodnota;
- p₁ požadované zúročení při kladné čisté současné hodnotě;
- p₂ požadované zúročení při záporné čisté současné hodnotě.

3.7.3 Návratnost investice

Doba návratnosti byla vypočtena dle následujícího vztahu jako poměr investičních nákladů a diskontovaných peněžních toků (Rosochatecká, et al. 2013)

$$T_d = \frac{IN}{DCF} \quad (3.7.3.1)$$

kde T_d je diskontovaná doba návratnosti;

- IN investiční náklad;
- DCF diskontovaný peněžní tok.

3.7.4 Vyhodnocení nákladů na provoz RD před a po zavedení investice

U investice, jejíž zařazení do základních prostředků a do provozu působí převážně na snížení vlastních nákladů, platí vztah mezi úrovní nákladovosti po zavedení investice a před jejím zavedením. Vyjadřuje se jako nákladový účín (Scholleová 2008).

$$n\dot{U}_i = \frac{vN_i}{vN_0} < 1 \quad (3.7.4.1)$$

kde $n\dot{U}_i$ je nákladový účín investice;

vN_0 vlastní náklad před zavedením investice;

vN_1 vlastní náklad po zavedení investice.

3.7.5 Dotace státním programem Zelená úsporám 2015

Oblast A - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů

V této oblasti podpory jsou podporována opatření, která vedou ke snížení energetické náročnosti stávajících rodinných domů prováděná na obálce budovy, jako např. zateplení obvodových či vnitřních konstrukcí pomocí tepelně izolačních materiálů, které se stávají trvalou součástí zateplované stavební konstrukce, a výměna výplní stavebních otvorů. (Nová zelená úsporám 2015)

Dle dosažených energetických parametrů budovy po realizaci úsporných opatření se oblast podpory A dělí na čtyři podoblasti podpory prvního řádu: A.0, A.1, A.2, A.3

Stanovení výše podpory v oblasti A

Výše podpory v oblasti A se vypočte dle (Nová zelená úsporám 2015) vztahem

$$\text{Výše podpory} = \sum_{i=1}^j k \cdot S_i \cdot \text{výše podpory } i - \text{této opatření} \quad (3.7.5.1)$$

kde S_i je plocha i -té konstrukce v metrech čtverečních na obálce budovy;

k koeficient upravující výši podpory;

j počet konstrukcí na obálce budovy.

Oblast podpory C – Efektivní využití zdrojů energie

V této oblasti jsou podporována opatření, která zajistí efektivní využití energie v rodinných domech.

Podoblasti podpory C.1 a C.2 – Výměna zdrojů tepla

V těchto podoblastech podpory je podporována výměna původních hlavních zdrojů tepla na vytápění na tuhá fosilní paliva nedosahujících parametrů pro 3. emisní třídu a zdrojů na vyjmenovaná kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje. Dále je

podporována výměna elektrického vytápění používaného jako hlavní zdroj tepla na vytápění za systém s tepelným čerpadlem. (Nová zelená úsporám 2015)

Podoblast C.3 – Instalace solárních termických systémů

V této podoblasti je podporována instalace solárních termických systémů do dokončených rodinných domů a do novostaveb rodinných domů. Podporovány jsou pouze solární termické systémy s kolektory splňujícími minimální hodnotu účinnosti η_{sk} dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie. (Nová zelená úsporám 2015)

Tabulka č. 4 Požadované parametry v oblasti podpory C.3

Sledovaný parametr	Označení (jednotky)	C.3.1	C.3.2
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	$Q_{ss,u}$ [kWh.rok-1]	bez požadavku	≥ 2200
Vypočtený měrný využitelný zisk solární soustavy	$q_{ss,u}$ [kWh.m-2.rok-1]	≥ 350	≥ 280
Dosažení minimálního pokrytí potřeby teplé vody	[%]	≥ 50	bez požadavku
Instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztáženém k celkové ploše aparatury	[l.m-2]	≥ 45	≥ 45

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

Tabulka č. 5 Výše podpory v oblasti podpory C.3

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory (Kč/dům)
C.3.1	solární systém na přípravu teplé vody	35000
C.3.2	solární systém na přípravu teplé vody a přítápění	50000

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

4 Literární rešerše

Změna klimatu

Čtvrtá zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) vydaná v roce 2007 informuje o dopadu lidské činnosti na změnu klimatu.

Lidská činnosti *velmi pravděpodobně* přispěla ke zvyšování hladiny moří, *pravděpodobně* přispěla ke změnám atmosférické cirkulace, *pravděpodobně* přispěla ke zvyšování globální teploty a *spíše pravděpodobně* zvýšila riziko vln vysokých teplot, zvýšila četnost silných srážek a zvýšila plochu zasaženou suchem.

Většina pozorovaného nárůstu globálně zprůměrovaných teplot pozorovaných od poloviny 20. století je velmi pravděpodobně vyvolána pozorovaným nárůstem koncentrací antropogenních skleníkových plynů. Je pravděpodobné, že za posledních padesát let došlo v průměru na každém kontinentu (vyjma Antarktidy) k významnému antropogennímu oteplení.

Dle zprávy IPCC dosáhla koncentrace CO₂ (379 ppm) a CH₄ (1774 ppb) vyšších hodnot, než byla v posledních 650 000 letech. Nárůst koncentrace CO₂ byl převážně způsobem využíváním fosilních paliv. Nárůst koncentrace CH₄ je velmi pravděpodobně způsoben změnami ve využívání půdy (zemědělství) a využíváním fosilních paliv.

Tabulka č. Současné a historické hodnoty koncentrací skleníkových plynů

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HCFC-22	CF ₄
Předindustriální koncentrace	280 ppm	700 ppb	270 ppb	0	0	0
Současná koncentrace	385 ppm	1797 ppb	322 ppb	370 ppt	112 ppt	72 ppt
Přibližný nárůst	38 %	157 %	19 %	-	-	-
Doba setrvání v atmosféře	50 - 200	12	120	50	12	50 000

Zdroj: ČHÚ [online], dostupné z

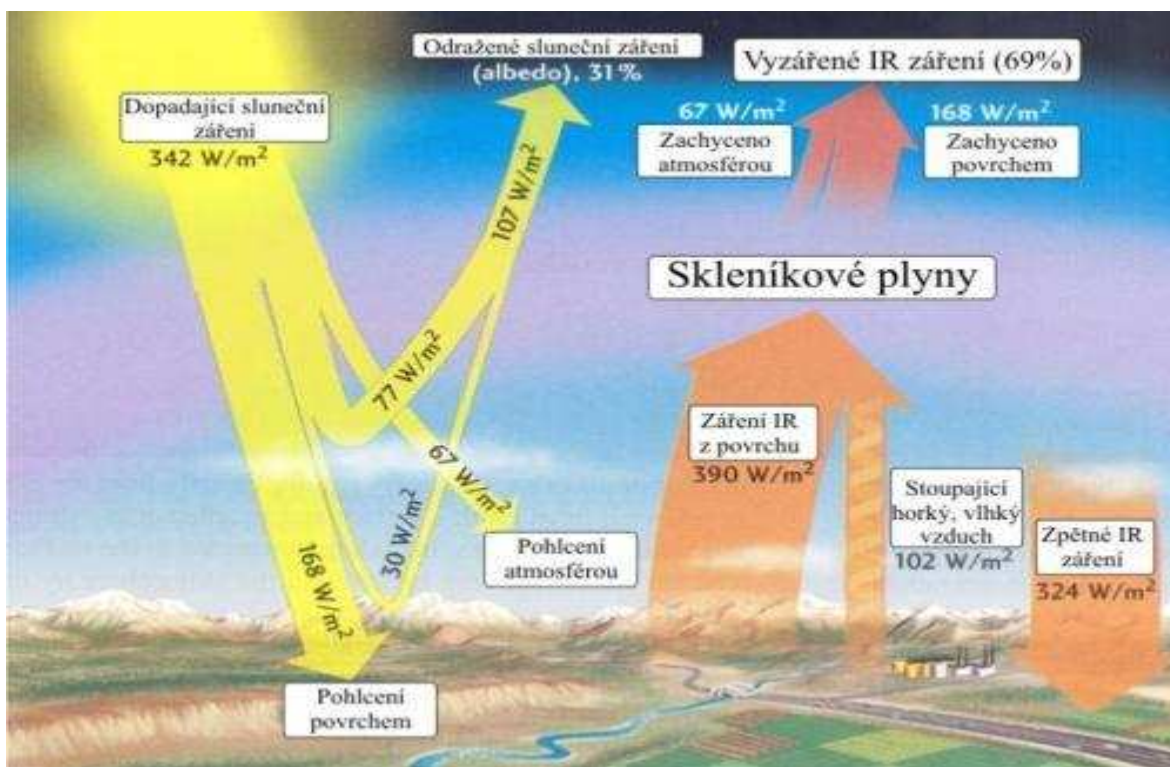
http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/cc_chap05.pdf [tabulka]

„I nadále se bude koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší rychle zvyšovat, protože intenzivní těžbou a spalováním fosilních paliv jsou ročně vyprodukovány miliardy tun oxidu uhličitého a tento oxid uhličitý je vypouštěn do ovzduší.“ (Kadrnožka 2006, str. 51)

Očekává se, že změněná četnost a intenzita extrémních povětrnostních jevů spolu se zvýšenou hladinou moří budou mít na přirozené a lidské systémy převážně nepříznivé dopady. Antropogenní oteplování a zvyšování hladin moří budou vlivem časových měřítek klimatických procesů a zpětných vazeb pokračovat ještě po staletí, a to i kdyby došlo ke stabilizaci koncentrací skleníkových plynů (IPCC).

Zpráva dále hovoří o zmírnění dopadu klimatických změn a adaptaci na tyto změny. Možné zmírnění dopadů klimatických změn vidí zpráva IPCC v rozvoji technologií, které nezatěžují prostředí nadměrnými emisemi skleníkových plynů. Tyto technologie by měli být zaměřené na využití alternativních zdrojů energie, jako jsou například Slunce, voda, vítr a Země.

Obr.č. 1 Princip skleníkového efektu



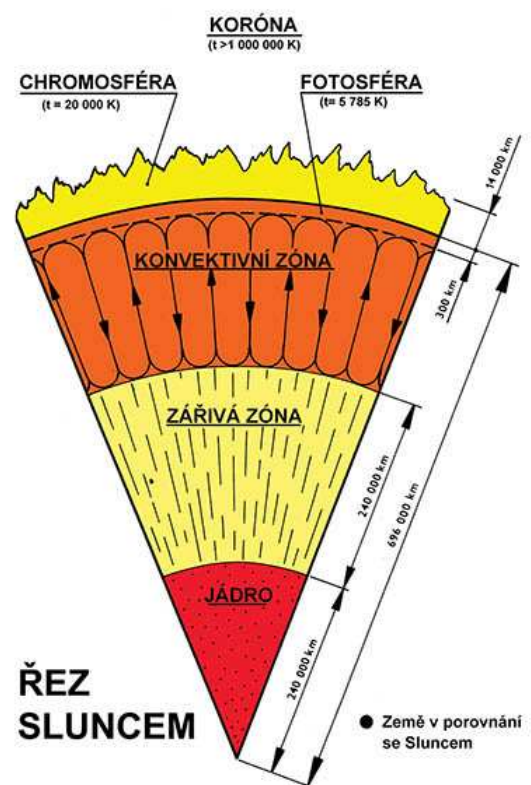
Zdroj: Nauka o Zemi pro technické obory, výukový multimediální text. Schéma znázorňující proudění slunečního záření atmosférou v poměru k vyzářenému záření ze zemského povrchu (obrázek). In: Teoretická část – Atmosféra (online). Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-atmosfera.htm>

4.1 Slunce dárce života a energie

Slunce je dle (Kleczek, 2004) koule plazmatu, skládající se z několika vrstev. **Jádra**, ve kterém probíhá silná termionukleární reakce (fúze) při níž se vodík přeměňuje na hélium a ve kterém vzniká a uvolňuje se veškerá sluneční energie. **Zářivé oblasti**, ve které fotony rentgenového záření putují několik milionů let a postupně se přeměňují na fotony světelné. **Konvektivní vrstvy**, kterou sluneční energie projde během 4 až 5 dní a ve které se energie ve formě fotonů pocházející z jádra, přeměňují na více forem (záření, teplo, ionizační a excitační energii). Poslední vrstva se nazývá **sluneční atmosféra** a skládá se z

- **fotosféry** – silná zhruba 300 kilometrů, ze které pochází skoro veškeré sluneční světlo a teplo;
- **chromosféry** – vrstva nad fotosférou, která emituje jen světlo určitého spektra;
- **přechodové vrstvy** – vrstva mezi chromosférou a korónou, ve které stoupá teplota až k jednomu milionu stupňů kelvina a ze které vychází extrémní ultrafialové záření;
- **koróny** – vrstva, která je řidší, než námi dýchaný vzduch a jejíž teplota dosahuje v průměru 2 milionů kelvinů, avšak během rentgenové erupce dosahuje až 50 milionů kelvinů (tato vrstva byla pozorována během zatmění, či na vysokohorských observatořích pomocí koronografů).

Obr.č. 2 Struktura Slunce



Zdroj: Pozorování Slunce. Řez Sluncem (obrázek). In: *Struktura Slunce – Stručný úvod* (online). Dostupné z: <http://www.pozorovanislunce.eu/slunce/struktura-slunce.html>

Dále dle (Kleczek, 2004) dopadá na Zemi jen půlmiliardtina sluneční zářivosti, která je rovna 180 000 terawattů, což činí ze Slunce základní energetický zdroj pro lidstvo. Všechnu tuto energii ale Země nevyužije (Kleczek, 2004), protože zhruba jedna třetina (60

000 terawattů) se odrazí od oblaků a od povrchu Země zpět do vesmíru. Zbylé přímé sluneční záření dopadající na Zemi se přeměňuje v různé formy energie – **nepřímá sluneční energie**

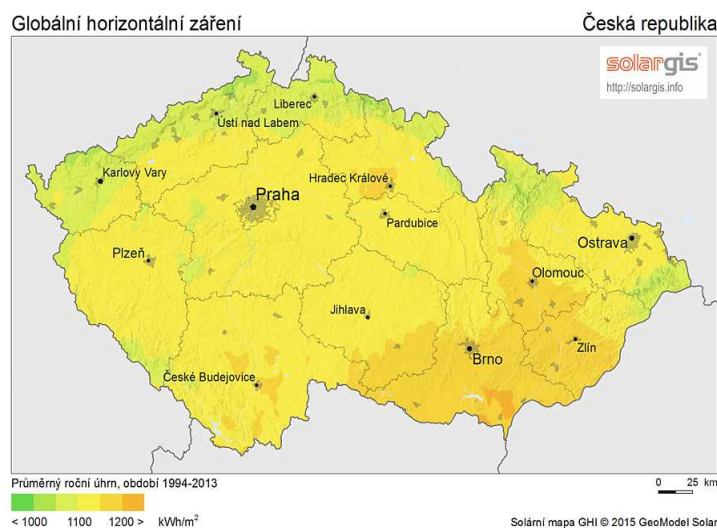
- teplo,
- kinetická energie větru a vodních toků,
- chemická energie v biomase.

Člověk se tuto přímou i nepřímou sluneční energií dokázal naučit využívat ve svůj prospěch tím, že ji přeměňuje na energii tepelnou, chemickou, elektrickou a mechanickou.

4.1.1 Sluneční iradiance

Sluneční svit sice dopadá na celý povrch planety, ale ne rovnoměrně. Na různé části planety dopadá různé množství slunečního záření. Největší množství slunečního záření dopadá na oblast nacházející se podél rovníku. Naopak nejméně slunečního svitu dopadá na polární oblasti. V České Republice dopadá nejvíce slunečního záření na oblast jižní Moravy a nejméně v severních Čechách, přesněji v oblasti národního parku České Švýcarsko (SOLARgis).

Obr.č. 3 Průměrné hodnoty solárního záření v ČR



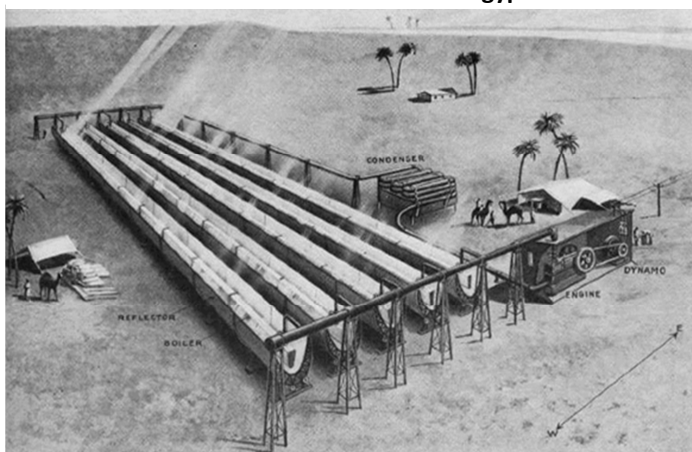
Zdroj: SolarGis, *Globální horizontální záření Česká Republika* (obrázek). In: *Free Download of Solar Radiation Maps: Global Horizontal Irradiation (GHI)* (online). Dostupné z: http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png

Množství dopadajícího slunečního záření je ovlivněno složením zemské atmosféry, excentricitou oběžné dráhy Země kolem Slunce a sklonem zemské osy. K měření celkového slunečního záření dopadající na povrch Země se používá přístroj s názvem Pyranometr, který funguje na principu teplotní difference na bílém a černém povrchu vzniklé dopadajícím slunečním zářením. Záření, dopadající na povrch Země, se měří

v $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$. Během jednoho roku se ale množství dopadajícího záření mění v závislosti na ročním období. Proto se jako měrná hodnota udává průměrná roční hodnota dopadajícího záření na jeden metr čtvereční. Kvůli rozdílným hodnotám slunečního záření se efektivnost využití sluneční energie v jednotlivých částech Země mění.

S ohledem na průměrný roční úhrn dopadajícího světelného záření a množství využitelného prostoru se jako ideální oblast pro masivní výstavbu solárních systémů jeví oblast severní a střední Afriky. Již v roce 1913 se americký inženýr a průkopník solární energie Frank Shuman pokusil vybudovat v egyptské poušti systém solárních kondenzátorů, které poháněly parní stroje sloužící k čerpání podzemní vody na

Obr.č. 4 Shumanův solární kondenzátor v Egyptě



Zdroj: The Electrical Experimenter. *A successful 100 H.P. Sun Power Plant Located at Mendi, on the Nile, Egypt* (obrázek). In: *The Utilization of the Sun's Energy* (online). Dostupné z: http://www.freeenergynews.com/Directory/Solar/Tesla/Experimenter_1916_Solar_Article.pdf

povrch. Tímto způsobem chtěl Frank Shuman přeměnit nehostinnou poušť na produktivní zemědělskou oblast. Ale začátek první světové války v roce 1914 znamenal konec projektu, protože jeho solární kondenzátory byly recyklovány a přeměněny na zbraně. (Butti a Perlin 1980)

4.1.2 Elektrická energie ze Slunce

Fotovoltaické panely dokáží díky jednotlivým fotovoltaickým článkům, z nichž jsou složeny, přeměňovat sluneční energii na energii elektrickou. Fotovoltaické články prošly několika vývojovými etapami (Bechník 2009)

- **první generace** – v současnosti nejrozšířenější technologie krystalických křemíkových článků, které v průměru dosahují účinnosti 50 až 65 %;
- **druhá generace** – do této generace patří tenkovrstvé panely, které měly odstranit nevýhody panelů první generace (převážně vysokou cenu a dlouhou dobu návratnosti), běžně prodávané panely druhé generace ovšem dosahují pouze 6 až

8 % účinnosti, tyto panely jsou tedy levnější a mají kratší dobu návratnosti, ale jejich účinnost je nízká a navíc podléhají rychlejší degradaci;

- **třetí generace** – do této generace patří vícevrstvé a koncentrátorové články, oproti druhé generaci dosahují vyšší účinnosti v závislosti na počtu vrstev, jsou ovšem technicky a výrobně daleko náročnější než předchozí generace a kvůli tomu je jejich cena vysoká.

Na výkon fotovoltaických článků nemá vliv pouze sluneční iradiace, ale také teplota článků a spektrální složení světla.

Autonomní systémy (Grid-off systémy)

Autonomní systémy jsou budovány na místech, kde není vhodné budovat elektrickou přípojku, či v blízkosti není přípojně místo k rozvodné síti (SOLARTEC s.r.o.). Grid-off systémy se dělí dle (Ministerstvo pro místní rozvoj 2009) na:

- Autonomní systémy **s přímým napájením** – přímé spojení solárního panelu se spotřebičem (spotřebič funguje jen při dostatečné intenzitě solárního záření)
- Autonomní systémy **s akumulací elektrické energie** – tyto systémy vyžadují solární baterie, ve kterých se akumuluje vyrobená energie
- Autonomní systémy **hybridní** – kombinace solárních panelů a jiných zdrojů podpůrných zdrojů energie, kupříkladu větrné elektrárny či kogenerační jednotky.

Autonomní systémy se skládají z fotovoltaických panelů, regulátoru zaručujícího optimální nabíjení akumulátorů, akumulátorů a propojující kabeláže.

On-grid systémy

Fotovoltaické systémy, které jsou napojeny na veřejnou rozvodnou síť, mají jiný koncept než autonomní systémy. V první řadě jsou vybavené měničem, který převádí stejnosměrný proud na střídavý proud. Měnič také optimalizuje napětí v systému, tak aby panely pracovali s co největší účinností. Dále musí být on-grid systémy při odvodu přebytečné vyrobené elektrické energie vybaveny vlastním měřičem, protože sazba pro odkud elektřiny z fotovoltaických systémů bývá odlišná než běžné sazby (Quaschnig 2010).

4.1.3 Fototermické systémy

„Sluneční vytápěcí systémy, v nichž se energie dopadajícího záření zachycuje kolektory a přeměňuje v teplo o nízkém teplotním potenciálu, slouží nejčastěji k ohřevu užitkové vody v domácnostech, v rekreačních objektech a v zemědělství, dále k vytápění budov a v menší míře také k technologickým účelům, např. k sušení zemědělských produktů.“ (Cihelka 1984)

Solární tepelné systémy se rozdělují na kapalinové a vzduchové. Vzduchové tepelné systémy se převážně používají při sušení rostlinných produktů v zemědělství a při vytápění a větrání budov v období s mírnějšími venkovními teplotami. Vzduchové systémy jsou oproti těm kapalinovým technicky jednodušší a navíc jsou imunní proti zamrznání. Jejich nevýhodou je především potřeba velkého objemu průtoku vzduchu a kondenzace vodní páry na vnitřních plochách kolektoru.

Kapalinové systémy se dle (Cihelka 1984) vyznačují malými průměry potrubního rozvodu. Z hlediska celkové koncepce se dělí buď na monovalentní (jediným zdrojem tepla jsou solární kolektory), nebo kombinované (solární kolektory jsou doplněny dalšími zdroji tepla). Ve většině případů se kapalinové systémy skládají z

- **solárního kolektoru** – hlavní funkční částí kolektoru je absorpční plocha, kterou zepředu chrání jedno (nebo i více) krycí sklo, která vytváří vzduchovou izolační mezeru zabráňující nadměrnému ochlazení kolektoru, zadní strana je chráněna vrstvou tepelné izolace, mezi krycím sklem a izolační vrstvou se nachází dutiny s teplonosnou kapalinou;
- **potrubí a teplonosné média** – složení teplonosného média závisí převážně na podnebí, ve kterém se fototermický systém nachází, většinou se ale skládá ze směsi vody, nemrznoucí kapaliny a antikorozi kapaliny;
- **oběhového čerpadla** – zajišťuje cirkulaci teplonosného média v systému;
- **akumulační nádrže** – obsahuje teplonosné médium, které se může od teplonosného média v kolektoru a potrubí lišit (v tom případě ale musí být tato dvě média oddělena);
- **expanzní nádoby** – vyrovnává tlak v systému a bývá doplněna několika dalšími bezpečnostními mechanismy (pojistný ventil, vypouštěcí ventil, teplotní ventil, odvzdušňovací a zavzdušňovací ventil);
- **elektrického přitápění** – podporuje ohřev teplonosného média v akumulační nádobě v době nedostatku solárního záření či v době zvýšené spotřeby (u kombinovaných systémů).

Nejčastější typy kolektorů, sloužící k vytápění budov, jsou

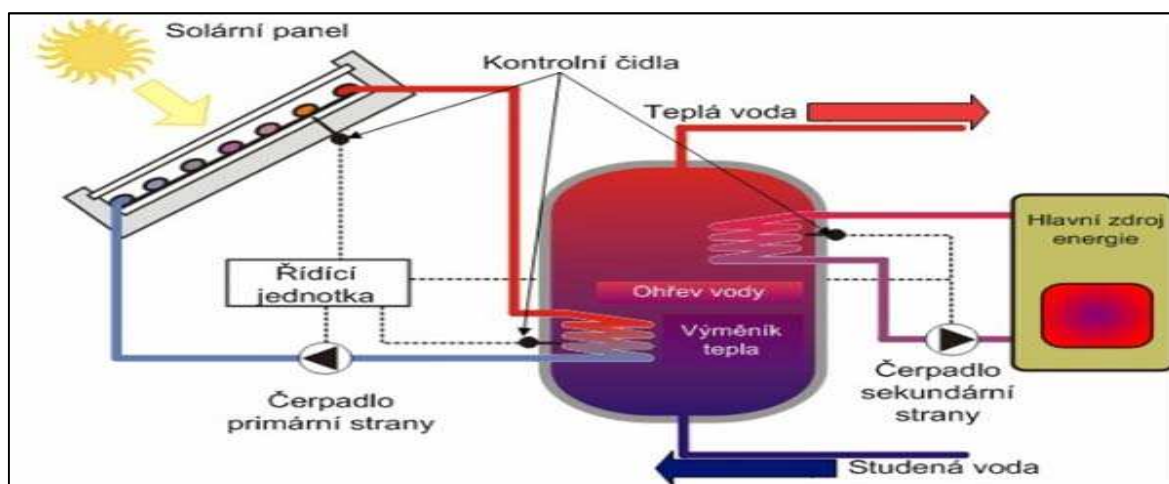
- **ploché kolektory** – tyto kolektory se dle teplotního média člení na vzduchové a kapalinové a jejich absorpční plocha je stejně velká jako čelní plocha;
- **koncentrující kolektory** – v těchto kolektorech jsou sluneční paprsky soustředovány čelní plochou, která je větší než absorpční plocha, do jednoho bodu čímž lze dosáhnout vyšších teplot;
- **vakuové kolektory** – absorpční plocha kolektoru se nachází ve vakuu za účelem snížení úniku tepla do okolí, tyto kolektory mohou být ploché i koncentrované.

Další nezbytné zařízení kapalinového systému, akumulční nádrž, se v praxi používá ve třech variantách

- ocelové válcové či čtyřhranné zásobníky s obsahem 0,1 až 20 m³;
- zásobníky z plastů o obsahu do 1 m³;
- betonové či zděné zásobníky o obsahu 5 až 50 m³

Důležitou součástí kapalinových systémů dle (Cihelka 1984) jsou i **tepelné výměníky**, které zajišťují výměnu tepla mezi akumulční nádrží a spotřebiči. Výměníky tepla mohou být vloženy přímo do akumulční nádoby, nebo mohou být umístěny jako samostatný prvek mimo zásobník. Jejich vnitřní objem a tlaková ztráta při proudění kapaliny by měli být co nejmenší.

Obr.č. 5 Schéma kapalinového solárního systému



Zdroj: Smart Energy s.r.o. *Jak solární systém funguje?* (obrázek). In: *Solární kolektory a příslušenství 4T* (online). Dostupné z: <http://www.smart-energy.cz/solarni-systemy.htm>

4.2 Geotermální energie

Geotermální energie je nejstarší energií na naší planetě. Jedná se o projev tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Geotermální energie má mezi OZE nezastupitelnou úlohu, a to především proto, že je jedním z mála obnovitelných zdrojů, který nemá původ ve sluneční energii. Jejimi největšími výhodami je především regulovatelnost výroby elektrické energie, případně tepla, a nezávislost na povětrnostních podmínkách.

Za geotermální energetické zdroje se dá považovat dle (Motlík 2007) místa s tepelnou energií, kterou je možno čerpat při přiměřených nákladech. Geotermální zdroje jsou zpravidla soustředěny kolem hranic litosférických desek, u kterých jsou patrné známky geologické aktivity (gejzíry, horké prameny, pára, kouř, ...).

Tepelné pole Země je dle (Myslil, a další 2007) možné charakterizovat několika základními parametry

- **geotermálním stupněm** - počet metrů, o který musíme sestoupit pod povrch, aby teplota stoupla o 1 °C;
- **teplotním gradientem** - vertikální gradient teploty v zemské kůře, který se vyjadřuje v setinách a desetínách stupňů Celsia na metr hloubky a jeho hodnota kolísá v rozmezí 0,01 až 0,1 °C na metr rostoucí hloubky;
- **hustotou tepelného toku** - vyjadřuje množství tepla, které prochází jednotkou plochy za jednotku času, Z hodnoty tepelného toku lze částečně odvodit rychlost růstu teploty s hloubkou, neříká však nic o původu tepla;
- **tepelnou vodivostí hornin** - horniny jsou poměrně špatnými vodiči tepla a jejich hodnota vodivosti závisí na obsahu vody, na porózitě, na tepelné vodivosti samotných horninotvorných minerálů, množství a charakteru tmelu a matrix, na struktuře i textuře i anizotropii.

Dále dělí geotermální zdroje na **vysokoteplotní**, které se nacházejí ve vulkanicky aktivních oblastech a jejich teplota přesahuje 200 °C; **středně teplotní**, teplota zde se nachází v intervalu 150 – 200 °C a **nízkoteplotní**, tyto zdroje s teplotou pod 150 °C jsou nejhojnější. Vysokoteplotní zdroje se využívají k přímé výrobě elektrické energie. Středně teplotní zdroje se využívají pro přímé vytápění a výrobu elektrické energie. Nízkoenergetické zdroje se využívají ve vytápění objektů, v průmyslu a také jako zdroj pro tepelná čerpadla.

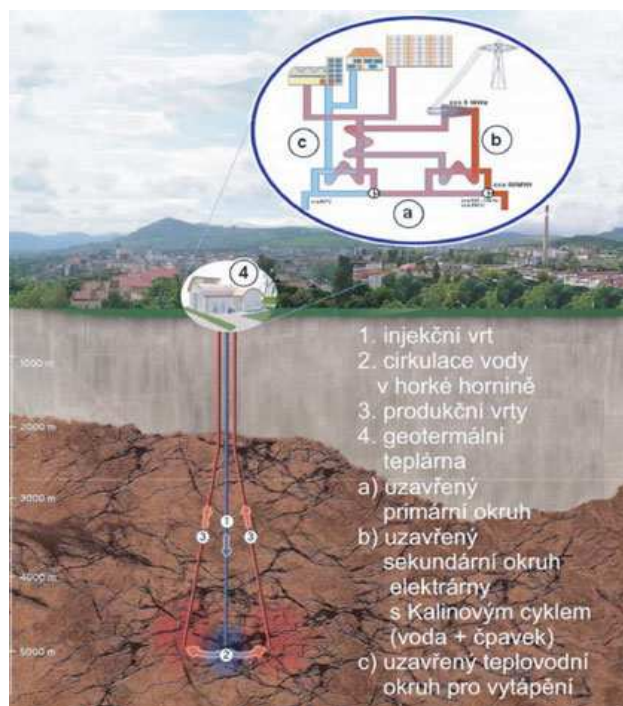
Teplu z těchto zdrojů se získává převážně použitím různých fluid (plyny, kapaliny, páry) v geotermálních systémech

- **hydrotermálních** – systémy využívající vysoký vodní tlak, systémy s vodní a přehřátou párou a dále sem patří také zvodně s vroucí, teplou a nízkoteplotní vodou a termální prameny;
- **petrofyzikálních** - majících zakonzervované energii v horninách, magmatických tělesech a suchém zemském teple (Hot Dry Rock – HDR, Fractured Hot Rock – FHR);
- **hlubinných vrtů** – systémy vrtů pro velké odběratele (>2 MW).

Metoda Hot Dry Rock (HDR)

V zemských hloubkách okolo šesti kilometrů, kde je teplota vyšší než 180 °C, se uměle vytváří tepelné výměníky, do kterých se z povrchu pod tlakem přivádí kapalina. Kapalina zde odebere teplo okolním horninám, díky čemuž se z ní stane přehřátá pára, která je odváděna zpět na povrch, kde roztáčí turbínu a využívá se tak pro výrobu elektrické energie i jako zdroj vytápění. Celý postup je založen na organickém Rankinově cyklu. Mezi hlavní výhody této metody patří dle (Myslil, a další 2007) získání energie kdekoli a kdykoli, zanedbatelná produkce škodlivých kapalin a plynů, získání neovlivnitelného energetického potenciálu. Tuto metodu v České

Obr.č. 6 Metoda Hot Dry Rock v Litoměřicích



Zdroj: Malý, Tomáš. *Schéma projektu využití metody HDR v Litoměřicích* [obrázek]. 2007. In: *Metoda hot dry rock v Litoměřicích* (online). Dostupné z: http://www.casopisstavbnictvi.cz/metoda-hot-dry-rock-v-litomericich_N82

Republice hodlá využít město Litoměřice při výstavbě geotermální elektrárny s celkovým výkonem 40-45 MW, která by dokázala zásobovat celé město Litoměřice teplem a také by kogeneračně vyráběla elektrickou energii. V roce 2007 byl úspěšně proveden testovací vrt a v roce 2014 získalo město od báňského úřadu povolení k vyhloubení pětikilometrového

vrtnu. Druhá část projektu, tedy výroba a zajištění dodávek tepla, by měla dle Zprávy z veřejného projednání geotermálního projektu Litoměřice začít nejdříve v roce 2017.

Metoda Hot Fractured Rock (HFR)

Metoda Hot Fractured Rock je v podstatě stejná jako metoda Hot Dry Rock s tím rozdílem, že HFR využívá přírodně vytvořených tepelných výměníků. Tektonická pásma, ve kterých se metoda HFR využívá, dosahují větších hloubek, díky čemuž dochází k mohutnějšímu výstupu tepla. Důležitou součástí metody HFR je i dokonalý geologický průzkum místních hornin. Je zde ale zvýšené riziko nestability a následných otřesů způsobených štěpením hornin a proto se tato metoda používá jen ve výjimečných případech.

4.2.1 Geotermální energie a tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou zařízení, která odjímají teplo z okolního prostředí (vody, vzduchu, země) a převádějí ho na vyšší teplotní hladinu (Myslil, a další 2007). Toto teplo se dále využívá k vytápění objektů či k ohřevu vody. Tepelná čerpadla se ve většině případů skládají ze dvou částí, vnitřní a vnější. Vnější část zajišťuje odebrání tepla z venkovního zdroje a vnitřní část zpracovává teplo získané vnější částí. Pro chod celého zařízení je zapotřebí dodávat elektrickou energii kompresoru tepelného čerpadla.

Tepelná čerpadla se většinou sestávají z několika základních součástí

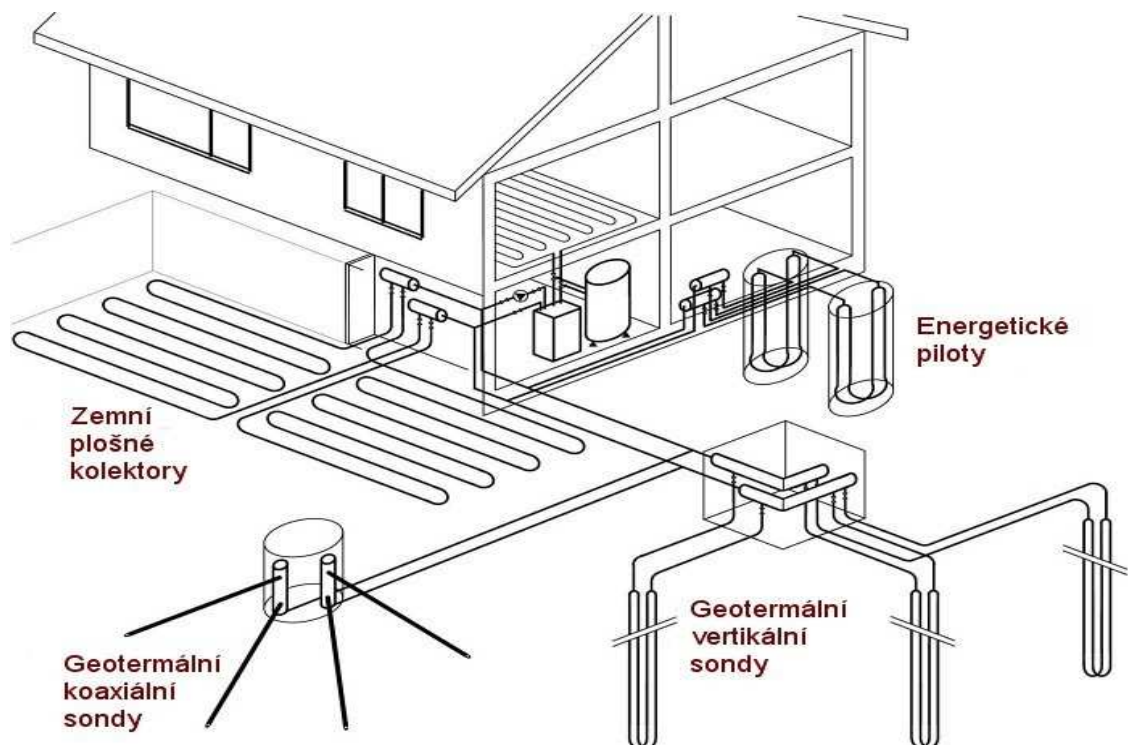
- **výparníku** – odebírá teplo nízkopotenciálnímu zdroji tepla;
- **kompresoru** – nasává plyn z výparníku a převádí ho na tlak odpovídající kondenzační teplotě, tímto se energie přečerpá na vyšší stupeň a je jí možné dále využívat;
- **kondenzátoru** – předává teplo do otopné soustavy;
- **expanzivního ventilu** – udržuje tlakový rozdíl mezi nízkotlakou a vysokotlakou stranou chladícího oběhu, udržuje přehřátí chladiva za výparníkem a reguluje průtok chladiva z kondenzátoru do výparníku.

V současné praxi se používá několik druhů tepelných čerpadel (Myslil, a další 2007) v závislosti na zdroji nízkopotenciálního zdroje

- **voda/voda** – uplatitelný v místech výskytu podzemních vod a teplejších hlubších zvodní, systém se skládá ze dvou vrtů, přičemž z jednoho vrtu se voda do tepelného čerpadla odebírá a do druhého vrtu se již voda ochlazená tepelným čerpadlem vypouští

- **země/voda svislý výměník** – tento systém tepelného čerpadla vyžaduje vybudování hlubokého vrtu, do kterého je implantován tepelný výměník s ekologickou nemrznoucí směsí, který odebírá teplo z hornin, tento druh tepelného čerpadla je převážně vhodný pro pozemky s menší rozlohou a mezi jeho hlavní výhody patří malá potřeba elektrické energie pro oběh nemrznoucí směsi a konstantní příkon tepla;
- **země/voda vodorovný výměník** – funguje na stejném principu jako systém země/voda se svislým výměníkem, s tím rozdílem, že není potřeba hloubit vrt, ale tepelný výměník se instaluje pod hranici zamrzající půdy (90-110cm), tento systém vyžaduje, aby se tepelný výměník instalovat v odpovídající délce, takže je zapotřebí, aby byla rozloha pozemku dostatečná;

Obr.č. 7 Geotermální čerpadla



Zdroj: GEROTop. *Možnosti využití geotermální energie* (obrázek). In: *Geotermální energie. O geotermální energii a tepelných čerpadlech* (online). Dostupné z: <http://www.gerotop.cz/cs/sluzby/tepelna-čerpadla-primarni-okruhy/geotermální-energie/>

4.3 Vodní energie

Energii vody se řadí stejně jako geotermální, větrná a sluneční energie do skupiny obnovitelných zdrojů energie. Energie vody se využívá převážně ve vodních elektrárnách, které mají značný energetický význam. Dokáží pohotově reagovat na potřeby elektrické energie v energetické soustavě, nezatěžují životní prostředí odpadem a představují levný a trvalý zdroj elektrické energie. V současnosti známe několik druhů vodních elektráren, které se člení podle funkcí v přenosové soustavě (Škorpík 2006) na

- **akumulační** – rozsáhlá vodní díla, která zadržují velké množství vody a která se spouští jen v určitý časový interval (převážně když je v energetické síti nedostatek elektrické energie) a mezi těmito intervaly se opětovně dopouští;
- **průtočné** – mnohem menší vodní díla než akumulaci nádrže se stálým vodním průtokem, jsou v provozu po většinu času;
- **přečerpávací** – vodní díla složená z minimálně dvou nádrží nacházejících se každá na jiné výškové úrovni; níže položená nádrž funguje jako nádrž akumulaci, tudíž vyrábí elektrickou energii v určitém časovém intervalu a do výše položené nádrže se v době přebytku elektrické energie přečerpává voda pro pozdější využití během energetických špiček.

Vodní elektrárny fungují na principu (ČEZ) přeměny mechanické vodní energie na energii elektrickou tím způsobem, že voda roztáčí takzvaný turbogenerátor (elektrický generátor přímo spojený s turbínou). Turbíny se dle způsobu práce dělí na rovnotlaké a přetlakové a dále se turbíny volí dle počtu specifických otáček turbíny a velikosti spádu na

- **nízkotlaké** – spád méně než 20 metrů, využívá se především Kaplanova turbína;
- **středotlaké** – spád mezi 20 a 100 metry, využívá se především Francisova turbína;
- **vysokotlaké** – spád více jak 100 metrů, využívá se především akční Peltonova turbína.

Vodní elektrárny se budují také v ústí řek či v zátokách, přičemž se využívá síly přílivu a odlivu. Tento druh vodních elektráren se stejně jako ostatní vodní elektrárny řadí mezi alternativní zdroje energie. Během přílivu dochází k napuštění přehradní nádrže mořskou vodou. Při odlivu dojde ke snížení mořské hladiny, čímž vznikne rozdíl mezi úrovní hladiny moře a úrovní vody v přehradě. V tomto okamžiku se otevřou vrata přehrady a voda tak může protékat skrz turbínu zpátky do moře. Hlavním problémem těchto přehrad je ovšem nutnost vhodného tvaru pobřeží a nepravidelnost přílivu. Přílivové přehrady také představují velkou překážku pro táhnoucí ryby.

Česká Republika nedisponuje vhodnými podmínkami pro budování velkých vodních děl kvůli nedostatku vody a potřebného spádu, ale na druhou stranu jsou vodní elektrárny v České Republice nezbytností, protože díky své schopnosti pohotově reagovat na výkyvy v energetické síti, zaručují stálý a plynulý přísun elektrické energie. Energie vyrobená vodními elektrárnami v České Republice má největší podíl na celkové výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů. V roce 2013 se z obnovitelných zdrojů vyrobilo celkem 9,243 TWh. Z tohoto celkového množství pocházelo 2,7 TWh z vodních elektráren (ČEZ).

Dle Skupiny ČEZ bylo v České Republice v roce 2014 v provozu 37 vodních elektráren ve vlastnictví Skupiny ČEZ s instalovaným výkonem 1960,2 MW. Z čehož sedm elektráren akumulacních a průtočných, tři přečerpávací elektrárny a dvacet sedm malých vodních elektráren. Vodní elektrárnou s nejvyšším instalovaným

výkonem 650 MW jsou Dlouhé Stráně I. Oproti největším vodním elektrárnám je ale výkon elektrárny Dlouhé Stráně I. velmi malý. Kupříkladu největší vodní elektrárna

Tři Soutěsky v Číně dosahuje výkonu zhruba 18 300 MW. Ovšem toto vodní dílo si vyžádalo vystěhování více jak milionu a čtvrt obyvatel a pod hladinu se potopilo třináct velkoměst, sto čtyřicet měst a více jak třináct set vesnic.

Největší vodní dílo v historii lidstva mělo být vybudováno v oblasti Středozevního moře. Jeho návrh vytvořil německý projektant Herman Sorgel (1885 – 1952). Projekt s názvem Atlantropa měl za cíl soběstačnost starého kontinentu a jeho ekonomické posílení. Těchto cílů chtěl Sorgel dosáhnout propojením Evropy s Afrikou, osídlením oblasti Středozevního moře a zúrodněním Sahary. Prvním krokem tohoto ambiciósního plánu bylo vybudování tří přehrad, přičemž největší z nich měla překlenuvat Gibraltarský průliv. Její délka měla činit 35 kilometrů, šířka 1,5 kilometru a výška 300 metrů. V jejím nitru měla být instalována vodní elektrárna s výkonem 50 gigawattů. Výstavba těchto tří přehrad by umožnila regulaci přítoku vody do Středozevního moře, což by vedlo k snížení hladiny

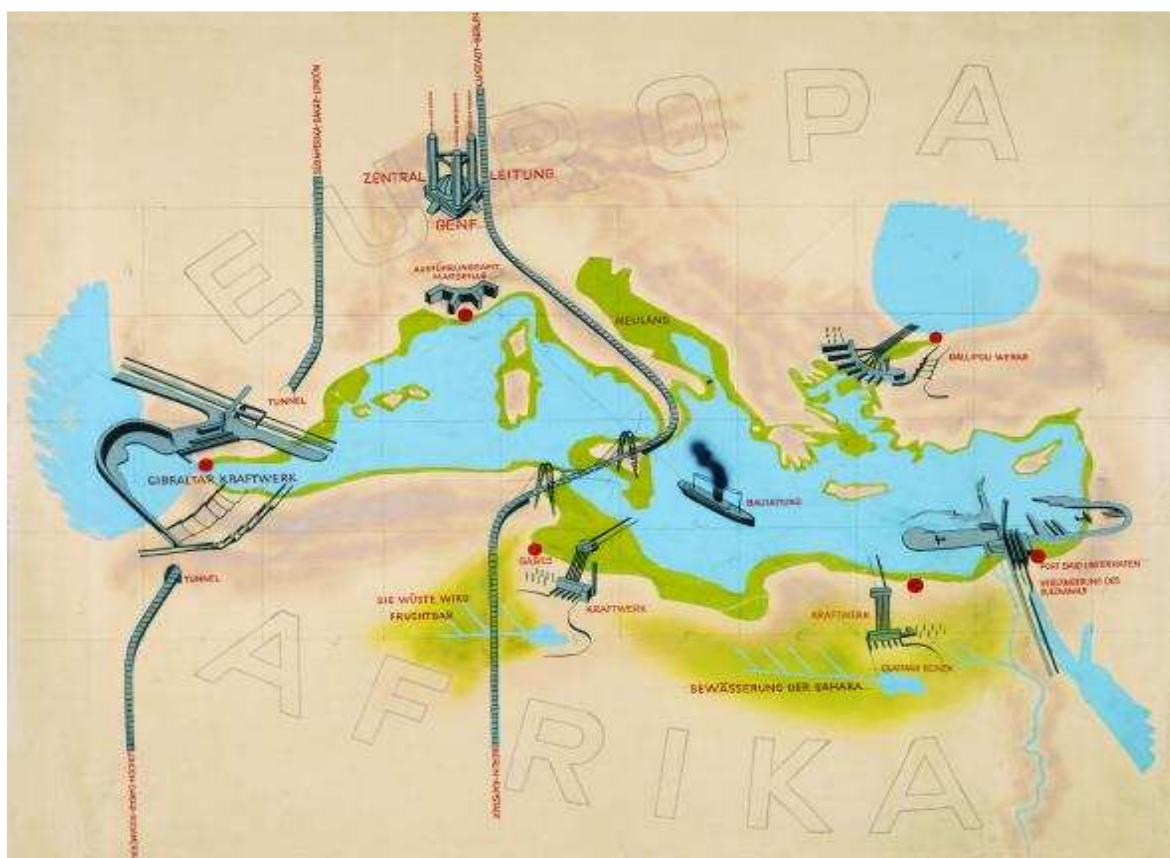
Obr.č. 8 Přečerpávací elektrárna Dlouhé stráně 1



Zdroj: Skupina ČEZ. *Dlouhé stráně I.* (obrázek). In: *Přečerpávací vodní elektrárna Dlouhé stráně* (online). Dostupné z <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/obnovitelne-zdroje/voda/dlouhe-strane.html>

Středozemního moře o 200 metrů. Vznikla by tak nová území o velikosti odpovídající velikosti Francie. Poslední část projektu se měla zaměřit na zúrodnění Sahary. Odkloněním řeky Kongo do Čadského jezera by vznikla vodní nádrž sloužící jako zdroj vody pro zavlažování okolních oblastí. Zúrodněním těchto oblastí by vznikl dostatek zemědělské půdy pro vzrůstající evropskou populaci. Doba výstavby tohoto projektu se měla pohybovat v intervalu 150 až 200 let. K realizaci ovšem nikdy nedošlo, kvůli vysokým nákladům a rozvoji jaderné energie (Kužel 2015).

Obr.č. 9 Projekt Atlantropa



Zdroj: Environment and Society portal. *Exhibition poster, 1932* (obrázek). In: *Atlantropa – Endless Energy from the Mediterranean Sea* (online). Dostupné z: <http://www.environmentandsociety.org/arcadia/atlantropa-endless-energy-mediterranean-sea>

4.4 Větrná energie

Vítr ve své podstatě vzniká během rozdílných tlaků vzduchu v atmosféře. Vzduch z oblastí s vyšším tlakem vzduchu proučí do oblastí s nižším tlakem, čímž vzniká vítr. Toto proudění také udává směr a sílu větru. Síla větru je dána jeho rychlostí, která se měří pomocí anemometru. Dle Beaufortovy stupnice se vítr člení do dvanácti kategorií, od bezvětří až po orkán.

Důležitým faktorem pro využití větrné energie je umístění větrné elektrárny. Krajina a její struktura povrchu významně ovlivňuje rychlost větru. Krajinu je možné členit dle drsnosti povrchu do čtyř skupin (Crome 2002, str. 34)

- otevřené pobřeží bez překážek s větrem směřujícím na pobřeží;
- otevřená krajina s ojedinělými volně stojícími keři a stromy;
- zemědělská krajina s rozptýlenými budovami a křovinami;
- uzavřená krajina s porostem stromů, mnoha křovinami a sousedícími budovami.

4.4.1 Větrné elektrárny

V minulosti byla větrná energie využívána větrnými mlýny a vodními čerpadly. Dnes slouží převážně k výrobě elektrické energie. Větrné elektrárny existují v několika podobách. Nejčastěji se s větrnými elektrárnami setkáváme v takzvaných větrných parcích, tedy oblastech, ve kterých je vybudováno větší množství pozemních elektráren. Průměr rotorů elektráren se může různit. Jak uvádí Quaschning (Quaschning, Obnovitelné zdroje energie 2010), některé rotory mohou dosahovat průměru více jak sta metrů a výkonu 6 MW.

Větrné elektrárny jsou konstruovány nejen na souši, ale i na moři. Takzvané off-shore větrné elektrárny využívají vyšší hustotu vzduchu a silné proudění větru nad hladinou moří. Tento typ elektráren má oproti běžným pozemním elektrárnám několik výhod. Ke své výstavbě nepotřebují půdu, jejich chod nenarušuje ráz krajiny a hluk způsobený jejich rotory neruší své okolí (European wind and energy asociation 2013).

Horst Crome popisuje ve své knize Technika využití energie větru (Crome 2002) čtyři základní témata mající vliv na praktické získávání energie. Vítr samotný; větrný konvertor jako stroj; místo a výška instalace; způsob ukládání a přeměna získané energie na energii využitelnou.

Konstrukce typických pozemních větrných elektráren se skládá ze **základu** (přenáší tlaky způsobené větrem a vahou zařízení do půdy), **věže** (umožňuje přístup ke gondole), **gondoly** (úložiště strojního zařízení), **soustrojí** (skládá se z rotoru, hřídele, brzdy, převodovky a generátoru) a **regulace** (zajišťuje chod soustojí v optimálních hodnotách a chrání zařízení před přetížením).

Zemí, která má na svém území největší instalovaný výkon větrných elektráren na světě, je od roku 2010 Čína. V roce 2013 dosáhl celkový instalovaný výkon čínských větrných elektráren 91 412 MW. V Evropě dosahuje největšího instalovaného výkonu Německo s 3 238 MW (rok 2013). V České Republice bylo dle České společnosti pro větrnou energii v roce 2013 v provozu 76 větrných elektráren s celkovým výkonem 269 MW. Dále ČSVE odhaduje počet malých větrných elektráren, určených zejména pro vlastní spotřebu, na několik desítek. Nejvíce větrných elektráren je instalováno v Ústeckém, Karlovarském a Olomouckém kraji.

Obr.č. 10 Větrný park chomutov



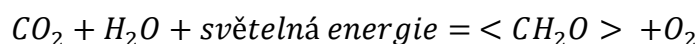
Zdroj: Vladimír Štastný. *Větrný park Chomutov* (obrázek). In: *blog.iDNES.cz. Větrný park Chomutov* (online). Dostupné z: <http://vladimirstastny.blog.idnes.cz/c/184369/Vetrny-park-Chomutov.html>

4.5 Energie biomasy

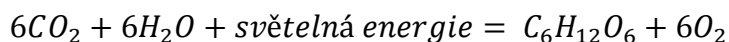
Biomasu je možné členit podle různých kritérií. Dle způsobu získávání členíme biomasu na **záměrně pěstovanou** (rostliny jednoleté a víceleté, energetické trávy) k energetickým účelům, biomasu **odpadní** (rostlinné zbytky ze zemědělské prvovýroby, lesní odpady, odpady z živočišné výroby) a biomasu **komunálního odpadu** (tuhé odpady z domácností, odpady ze služeb, atd.) a **průmyslového odpadu** (Ochodek, Koloničný a Janásek 2006).

Dle Vodrážky (Vodrážka 1998) jsou rostliny pro lidstvo nepostradatelným zdrojem potravin, stavebním materiálem a zdrojem bezpočtu chemických sloučenin nacházející uplatnění v mnoha oborech (farmaceutika, potravinová aditiva, průmyslové suroviny a přípravky, přípravky pro zemědělství).

Jako jeden z nejstarších a nejdůležitějších procesů v přírodě hodnotí Vodrážka (Vodrážka 1998, str. 111) autotrofní metabolismus a jeho ústřední děj **fotosyntézu**. Z fyzikálního hlediska je fotosyntéza přeměna slunečního záření na energii chemickou. Chemicky představuje fotosyntéza převod uhlíku na sacharidy vyjádřený vztahem



kde CH_2O představuje jednotku molekuly hexosy



Rostliny za pomoci fotosyntézy navíc vytváří organickou sloučeninu glukózu, základní stavební složku biomasy. Tento proces je tedy nejen nezbytný pro život rostlin samotných, ale i pro život lidí a dalších živočichů, protože odpadní látku procesu fotosyntézy tvoří kyslík, který je k životu nezbytný.

Murtinger a Beranovský ve své knize Energie z biomasy (Murtinger a Beranovský 2006) popisují biomasu jako **zdroj potravy** (nejstarší a nejdůležitější využití biomasy pro lidi i zvířata), **zdroj tepla** (teplo, získávané z biomasy spalováním, se využívá při vytápění, vaření a při ohřevu vody), **palivo pro dopravní prostředky** (paliva vyrobené z biomasy v několika posledních desetiletích nahrazují část dovážené ropy a ropných výrobků), **zdroj elektrické energie** a **průmyslovou surovinu**.

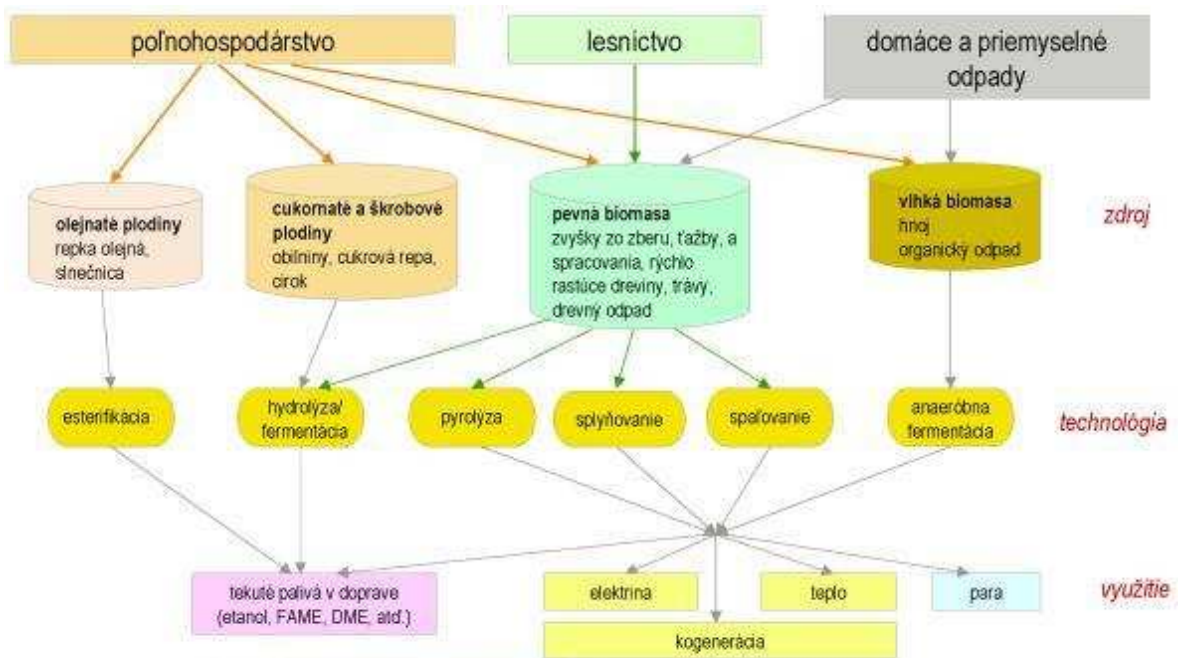
Ve většině případů se biomasa využívá pro spalování a zplyňování. Do samostatné kategorie patří biomasa vhodná pro anaerobní zpracování. Sem patří například komunální vody, odpady na skládkách, kravský hnůj či jiné exkrementy.

Biomasa jako zdroj tepla musí před samotným spálením projít zpracováním. Zpracováním se rozumí sušení a úprava dle formy a velikosti. Sušení biomasy probíhá buď **aktivně** (urychlení procesu sušení využitím energie z vnějšího zdroje) či **pasivně** (bez vnějšího energetického vstupu).

Spalování biomasy probíhá (Beranovský a Murtinger 2006) v kotlích na biomasu, které se dělí podle druhu paliva, technologie spalování, výkonu, ceny, atd. V rodinných domech se biomasa využívá převážně v podobě **štěpky, pelet** či **kusového štípaného dřeva**.

Biomasa se také využívá k výrobě elektrické energie. Spaluje se v kogeneračních jednotkách buď jako směs s uhlím v klasických elektrárnách či v podobě bioplynu v bioplynových stanicích.

Obr.č. 11 Konverze biomasy na energii



Zdroj: Obnoviteľné zdroje energie. Zjednodušená schéma konverzie roznych typov biomasy na energiu (obrázok). In: *Energia z biomasy* (online). Dostupné z: <http://www.oze.stuba.sk/oze/energia-z-biomasy/>

4.6 Úspora energií v rodinném domě

4.6.1 Zateplení

Tepelná izolace budovy dle (Stempel 2014) ovlivňuje prostup tepla pláštěm budovy v obou směrech. V zimě tepelná izolace zabraňuje přílišnému úniku tepla z vytápěných prostor a v létních měsících zabraňuje tepelná izolace přílišnému tepelnému toku do budovy a následnému přehřívání obytných místností.

Tepelná izolace se využívá k zateplení vnějších stěn, vnitřku budov a střešních prostor. Účinnost tepelné izolace je dána součinitelem prostupu tepla izolací. Součinitel prostupu tepla nabývá u rozdílných typů izolace různých hodnot, a proto je tedy nezbytné zvolit optimální typ tepelné izolace.

Při navrhování tepelné izolace je nutné vzít v potaz i faktory, které mají vliv na správnou funkčnost izolace. Mezi tyto faktory patří ochrana proti vlhkosti, vznik tepelných mostů, průvzdušnost a protipožární ochrana.

4.6.2 Repase či výměna oken

Dle (Machalda 2004) jsou okna velkým zdrojem tepelných ztrát, protože teplo uniká prostupem a sáláním skrze sklo a rám a také spárami mezi křídly a rámem. Jako možný způsob snížení tepelných ztrát okny uvádí Machalda repasování starých oken či výměnu starých oken za nová.

Repase oken spočívá ve výměně vnitřního skla sklem pokoveným, opravou kytování a kontrolou kování a nátěrem. Při výměně oken dochází k nahrazení stávajících oken okny novými, která jsou složena již z několika vrstev. Dnes se ve velké míře používají dvou či čtyřsklená zasklení. Prostor mezi jednotlivými vrstvami bývá vyplněn vzácným plynem, nejčastě argonem. Na vnější straně těchto oken bývá nanesena mikroskopická vrstva kovu, která propouští dovnitř denní světlo, ale teplo z místnosti ven již nepropouští.

Výměna oken je oproti repasování oken nákladnější, nadruhou stranu při výměně oken je možné dosáhnout větších úspor.

4.6.3 Větrání

Přirozené větrání je průtok vzduchu vyvolaný přirozeným rozdílem tlaků vně a uvnitř budovy (Zmrhal a Drkal 2013). Kvůli těmto tlakovým rozdílům dochází k proudění

vzduchu otvory v budově. Přirozené větrání je buď trvalé (aerace a šachtové větrání) nebo časově omezené (infiltrace a provětrávání). Nucené větrání představuje využití vzduchotektiky k větrání a vytápění budov.

Infiltrace je přirozené větrání způsobené netěsnostmi spárami oken a dveří. Nejznatelnější je infiltrace v zimním období, kdy působí tepelné ztráty. Dnešní technická úroveň snížila úroveň infiltrace na tak nízkou úroveň, že může narušovat hygienické požadavky.

Provětráváním se rozumí výměna vzduchu otevíráním oken, ke kterému by mělo docházet často a nárazově.

Celkové nucené větrání zajišťuje rovnoměrné provětrání pásma pobytu osob čerstvým vzduchem. Systém nuceného větrání dále zajišťuje filtraci přiváděného vzduchu, odvod vzduchu, odlučování látkových škodlivin ze vzduchu vyfukovaného do atmosféry, ohřev přiváděného vzduchu v zimním období.

4.6.4 Vytápění a regulace vytápění

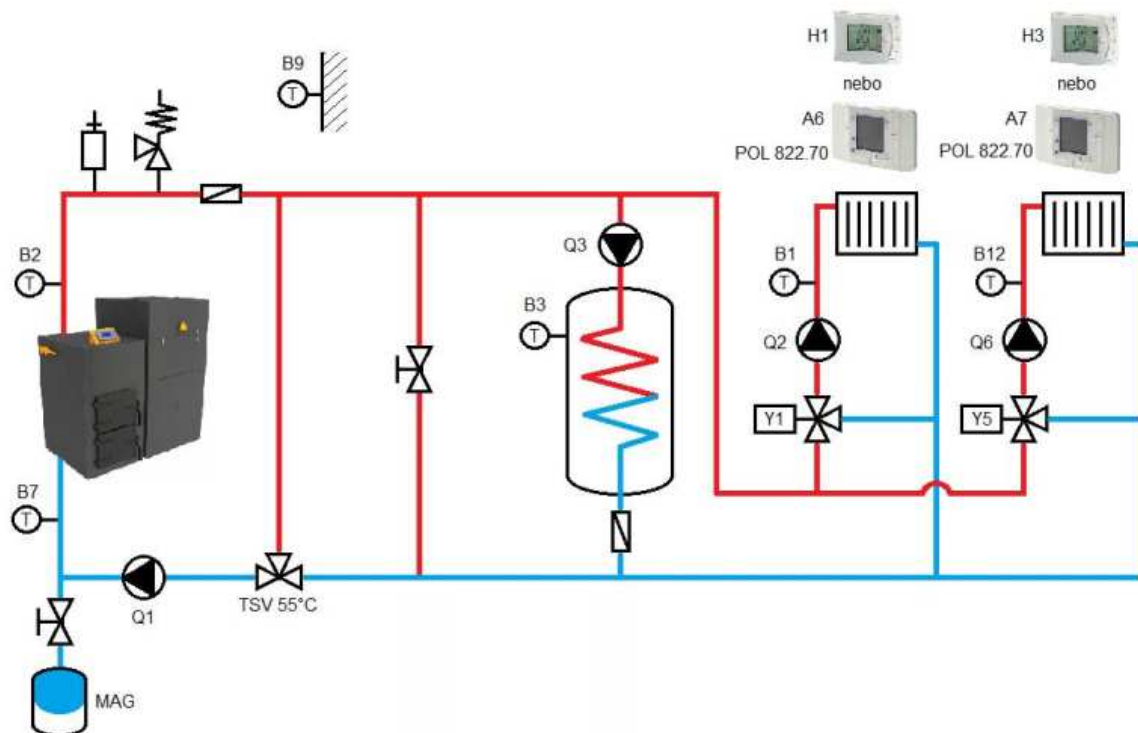
Vytápění rodinného domu by mělo být dle (Dufka 2007) projektováno dle vybraného typu rodinného domu. Na volbu vytápěcí soustavy má vliv především velikost domu, stáří domu, místní podmínky a omezení pro volbu soustavy a náklady na vytápění (náklady na pořízení otopné soustavy a náklady na její provoz).

Důležitým faktorem prostředí rodinného domu je takzvaná tepelná pohoda. Petráš (Petráš a kolektiv 2005) charakterizuje tepelnou pohodu jako tepelné vlhkostní mikroklima tepelného stavu interiéru, ve kterém člověk nepocítuje chlad ani nadměrné teplo. Je tedy důležité udržovat v objektech optimální teplotu. K tomuto účelu slouží různá regulační zařízení, která se umísťují do otopných soustav.

V objektech se tepelný výkon reguluje několika způsoby. Dle výstupní teploty vody ze zdroje tepla, dle vnitřní teploty vzduchu, dle venkovní teploty vzduchu, dle zátěže. Volba regulace spočívá na velikosti a druhu budovy, tepelně akumulacních vlastnostech budovy, tepelně akumulacních vlastnostech otopné soustavy, vlivu vnějších klimatických vlivů na budovu, mikroklimatických podmínkách, investičních nákladech na regulační zařízení a nárocích uživatele na komfort a mikroklima (Petráš a kolektiv 2005).

K optimální regulaci ve velkých objektech se využívá centrální řící technika, která umožňuje automatické centrální hlášení a protokolování poruch, ohlašování požáru a kontrolní funkci, úpravu dat a statistiku, energetický management, členění a statistiku. V menších objektech se používají samostatné regulátory, které jsou vybaveny akčními členy (regulátory, teploměry atd.). (Petráš a kolektiv 2005)

Obr.č. 12 Schéma otopné soustavy s regulátory u kotlů na uhlí



Zdroj: BENEKOVterm s.r.o. Ukázka doporučeného schéma zapojení kotlů BENEKOV C PREMIUM (obrázek). In: Ekvitermní řízení otopné soustavy – automatické kotle na uhlí (II) (online). Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/mereni-a-regulace/11366-ekvitermni-rizeni-otopne-soustavy-automaticke-kotle-na-uhli-ii>

4.7 Podpůrný program Zelená úsporám

Nejrozšířenějším podpůrným programem zaměřeným na alternativní zdroje energie je program Zelená úsporám, v aktualizovaném názvu Nová zelená úsporám 2015. Tento program se zaměřuje na zlepšení stavu životního prostředí, úsporu energií v konečné spotřebě, stimulaci ekonomiky ČR a další sociální přínosy, například zlepšení kvality bydlení občanů.

Česká Republika získala finanční prostředky na program Zelená úsporám (Nová Zelená úsporám 2015) z prodeje emisních povolenek European Union Allowance. S těmito povolenkami se obchoduje pouze v rámci evropského systému emisního obchodování a obchodují s nimi přímo jednotlivé podniky. Od roku 2013 si podniky musí tyto povolenky kupovat na specializovaných burzách, před rokem 2013 obdržely od státu určitý počet povolenek zdarma.

O dotaci z programu Zelená úsporám (Nová zelená úsporám 2015) může zažádat

- A. Fyzické osoby podnikající i nepodnikající;
- B. Společenství vlastníků jednotek;
- C. Bytová družstva;
- D. Města a obce (včetně městských částí);
- E. Podnikatelské subjekty;
- F. Případně další právnické osoby.

Postup podání žádosti o dotaci

1. Zpracování odborného posudku;
2. Vyplnění krycího listu technických parametrů;
3. Vyplnění elektronické žádosti o podporu;
4. Doručení KP fondu žádost o podporu;
5. Kontrola žádosti fondem;
6. Akceptace žádosti;
7. Zajištění odborného technického dozoru;
8. Výběr materiálů dodavatelů a realizace opatření;

9. Volba materiálů, výrobků, jejich dodavatelů a realizace opatření;
10. Závěrečné vyhodnocení žádosti;
11. Registrace a rozhodnutí o poskytnutí dotace;
12. Výplata dotace;
13. Závěrečné vyhodnocení akce.

Program poskytuje **rodinným domům** a **bytovým domům** podporu na snížení energetické náročnosti budov. Pro rodinné domy poskytuje dotace v oblastech

- A. Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů
 - Dotace na zateplení obálky budovy.
- B. Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
 - Dotace na výstavbu nových rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností.
- C. Efektivní využití zdrojů energie
 - Dotace na výměnu neekologického zdroje tepla;
 - Dotace na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem;
 - Dotace na instalaci solárních termických systémů;
 - Dotace na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu.

Bytovým domům nabízí dotace v oblasti

- A. Snižování energetické náročnosti stávajících bytových domů
 - Dotace na zateplení obálky budov;
 - Dotace na výměnu neekologického zdroje tepla;
 - Dotace na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem;
 - Dotace na instalaci solárních termických systémů;
 - Dotace na instalaci systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla; z odpadního vzduchu.

Oblast A (rodinné domy) - Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů

Oblast A zaměřená na snižování energetické snížení náročnosti stávajících rodinných domů se dále člení na čtyři podskupiny A.0., A.1, A.2., A.3.. Tyto podskupiny jsou určeny dle stanovených technických parametrů a procentuálního snížení měrné roční potřeby tepla na vytápění. Požadované parametry těchto podskupin jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka č. 6 Požadované parametry v oblasti podpory A

Sledovaný parametr	Označení (jednotky)	A.0	A.1	A.2	A.3
Měrná roční potřeba tepla na vytápění po realizaci	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	Bez požadavku	90	55	35
nebo			nebo		
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]		$\leq 0,95 U_{em,R}$	$\leq 0,85 U_{em,R}$	$\leq 0,75 U_{em,R}$
Měněné stavební prvky obálky budovy	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	$U \leq 0,9 * U_{re,c,20}$	dle požadavku ČSN 73 0540-2 a vyhl. Č. 78/2013 Sb.		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění EA oproti stavu před realizací opatření	[%]	≥ 20 %	≥ 40 %	≥ 50 %	≥ 60 %

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015

Maximální výše dotace v oblasti A se vypočítává dle jejích podskupin, typu konstrukce a jejích rozměrů

Tabulka č. 7 Výše podpory v oblasti podpory A

Typ konstrukce	Podoblast podpory		
	A.0 a A.1 (Kč/m ²)	A.2 (Kč/m ²)	A.3 (Kč/m ²)
Obvodová stěna	500	600	800
Střecha	500	600	800
Výplně otvorů	2100	2750	3800
Podlaha na terénu	700	900	1200

Ostatní konstrukce, stropy	350	400	550
----------------------------	-----	-----	-----

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

Oblast C (rodinné domy) – Efektivní využití zdrojů energie

Oblast C, zaměřená na efektivní využití zdrojů energie, se dále člení na podoblasti C.1, C.2, C.3, C.4. V těchto podoblastech podpory je podporována výměna původních hlavních zdrojů tepla na vytápění na tuhá fosilní paliva nedosahujících parametrů pro třetí emisní třídu a zdrojů na vyjmenovaná kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje. Je podporována výměna elektrického vytápění používaného jako hlavní zdroj tepla na vytápění za systém s tepelným čerpadlem. (Nová zelená úsporám 2015) Dále se podoblast C zabývá instalací solárních termických systémů a instalací systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

Tabulka č. 8 Výše podpory v oblasti C

Podoblast podpory		Typ zdroje	Výše podpory (Kč)	
			C.1 (spolu se zateplením)	C.2 (bez zateplení)
C.1.1	C.2.1	Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	50000	40000
C.1.2	C.2.2	Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	100000	80000
C.1.3	C.2.3	Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem s ruční dodávkou paliva a uzavřené krbové vložky s teplovodním výměníkem	50000	40000
C.1.4	C.2.4	Krbová kamna nebo vložka na biomasu s teplovodním výměníkem se samočinnou dodávkou paliva	50000	40000
C.1.5	C.2.5	Tepelné čerpadlo voda - voda	100000	80000
C.1.6	C.2.6	Tepelné čerpadlo země - voda	100000	80000
C.1.7	C.2.7	Tepelné čerpadlo vzduch - voda	75000	60000
C.1.8	C.2.8	Plynový kondenzační kotel	18000	15000

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

Tabulka č. 9 Výše podpory v oblasti C.3

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory (Kč)
C.3.1	Solární systém na přípravu teplé vody	35000
C.3.2	Solární systém na přípravu teplé vody a přitápění	50000

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

Tabulka č. 10 Výše podpory v oblasti C.4

Podoblast podpory	Typ systému	Výše podpory (Kč)
C.4.1	Centrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	100000
C.4.2	Decentrální systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	75000

Zdroj: Nová zelená úsporám 2015 [tabulka]

5 Vlastní práce

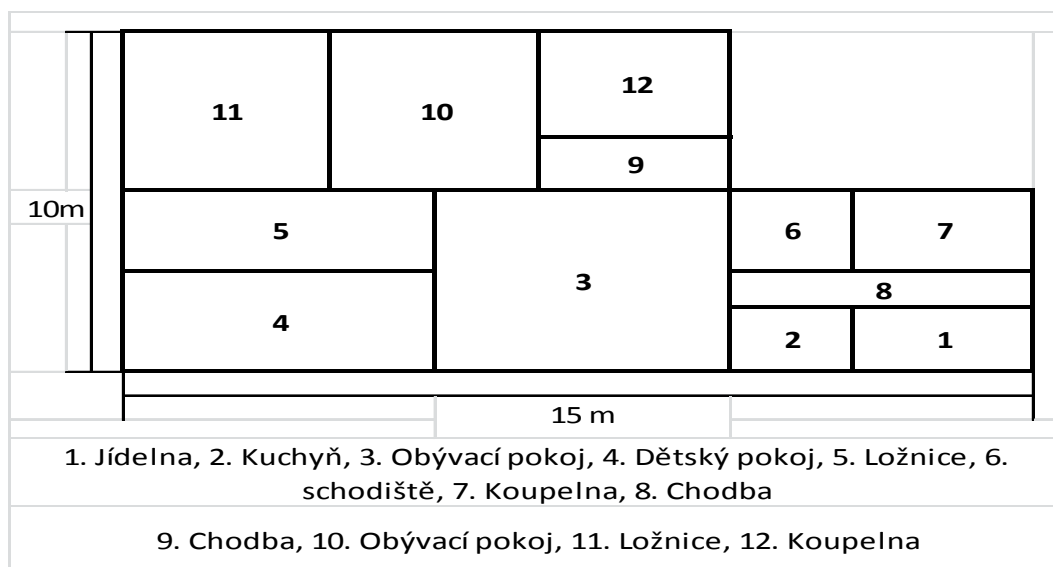
5.1 Popis objektu

Vybranný rodinný dům se nachází v obci Čtyřkoly. Jedná se o budovu s jedním nadzemním a jedním podzemním patrem (sklep s kotelnou a garáž). Objekt je možné rozdělit do dvou částí dle roku výstavby.

Stará část domu byla postavena v roce 1924. Je částečně podskledpená. Nachází se v ní sedm obytných místností (místnosti číslo 1 až 8), sklep s kotelnou, garáž a nezateplená půda. Místnosti ve staré části objektu jsou orientovány východním, jižním a západním směrem.

Nová část domu byla vybudována v roce 1978 a tvoří ji čtyři nepodsklepené místnosti (místnosti číslo 9 až 12). Orientace místností je převážně severním směrem, kromě místnosti Ložnice, která je orientována směrem západním

Obr.č. 13 Stručné půdorysné schéma rodinného domu



Zdroj: Vlastní zpracování

Následující tabulka číslo 11 zachycuje typ a popis konstrukcí ve staré části objektu.

Tabulka č. 11 Popis konstrukcí staré části objektu

Konstrukce	Popis konstrukce	Rozměry (m ²)
Obvodová konstrukce	Obvodová část konstrukce je tvořena pálenými cihlami (na vnitřní i venkovní straně omítka o síle 2.5 cm), celková tloušťka obvodové zdi činí 55 cm	82.5
Strop pod nevytápěnou půdou	Strop tvoří trémová konstrukce, na vnitřní straně stropu jsou dřevěné desky a omítka o síle 2 cm, mezi trámy se nachází vrstva plech sloužící jako izolace	50
Strop v kontaktu s venkem	Konstrukce stropu je betonová s izolační vrstvou o síle 1.5 mm a vrstvou plechu o síle 1,5 mm na venkovní straně.	25
Střecha	Střecha nad starou částí objektu je sedlová, jednovrstevná, nepochůzná se sklonem 40 stupňů. Střešní krytina je tvořena pálenými taškami. Nosná konstrukce střechy je tvořena dřevěnými krovy, bez střešních oken jen s průchodem umožňujícím údržbu střechy a komína.	120
Půdní prostory	Půdní prostory nacházející se pod střechou nejsou nijak vytápěné, podlaha je pochozí prkenná.	50
Podlahy u podsklepených místností	Podlahy podsklepených místností jsou tvořeny z betonových panelů, které nejsou nijak tepelně izolovány	50
Podlahy u nepodsklepených místností	Podlahy u nepodsklepených místností jsou betonové, jsou v přímém kontaktu se zemí a nejsou nijak izolované.	25
Okna a dveře	Ve staré části objektu se nachází 6 nových plastových oken a 1 venkovní nové plastové dveře.	16.32

Zdroj: Vlastní zpracování

Následující tabulka číslo 12 zachycuje typ a popis konstrukcí ve staré části objektu.

Tabulka č. 12 Popis konstrukcí nové části objektu

Konstrukce	Popis konstrukce	Rozměry (m ²)
Obvodová konstrukce	Obvodová část konstrukce je tvořena pálenými cihlami o šíře 40 cm (na vnitřní i venkovní straně omítka o síle 2.5 cm), celková tloušťka obvodové zdi činí 45 cm	49
Strop pod nevytápěnou půdou	Strop tvoří trámová konstrukce, na vnitřní straně stropu jsou dřevěné desky a omítka o síle 2 cm, mezi trámy se nachází vrstva plev sloužící jako izolace	50
Střecha	Střecha nad novou částí navazuje na střechu nad starou částí objektu. Je jednovrstevná, pochozí se sklonem 15 stupňů. Střešní krytinu tvoří plech o síle 1,5 mm	55
Půdní prostory	Půdní prostory nacházející se pod střechou nejsou nijak vytápěné, podlaha je nepochozí prkenná.	50
Podlahy u nepodsklepených místností	Podlahy u nepodsklepených místností jsou betonové, jsou v přímém kontaktu se zemí a nejsou nijak izolované.	50
Okna a dveře	Ve staré části objektu se nachází 4 nová plastová okna a 1 venkovní nové plastové dveře.	9.8

Zdroj: Vlastní zpracování

Způsob vytápění objektu, příprava teplé vody a zdroj elektrické energie

Stará část objektu je vytápěna centrálně kotlem na tuhá paliva (starší typ kotle Hercules u24, pořízený v roce 1998). Tento kotel se nachází na hranici životnosti a nesplňuje nové ekologické požadavky. Jako energetický zdroj se využívá pouze kusové štípané dřevo. V každé místnosti se nachází topné těleso.

Teplá voda je ve staré části objektu připravována v elektrickém ohříváči (typ OKCE 125 Dražice, pořízený v roce 2007). Teplá voda je připravována pouze v době průběhu nízkého energetického tarifu.

Elektrická energie ve staré části objektu je získávána z veřejné sítě. Poskytovatel elektrické energie je společnost ČEZ a.s. (distribuční sazba D 25d, produkt D Akumulace 8 comfort).

Nová část objektu je vytápěna elektrickými teplovzdušnými konvektory (2 konvektory typu Sencor SCF 2003). V místnostech nové části objektu jsou instalována i otopná tělesa napojená na centrální vytápěcí systém staré části objektu, ale průtok teplé vody byl přerušen. Tepelná tělesa jsou tedy plně funkční, ale nepoužívají se.

Teplá voda je ve staré části objektu připravována v elektrickém ohřívači stejného typu a stejného data pořízení jako ve staré části objektu.

Elektrická energie v nové části objektu je získávána z veřejné sítě. Rozvody jsou napojené na elektroměr ve staré části objektu. Distribuční sazba je stejná jako ve staré části objektu.

5.2 Dostupnost alternativních zdrojů energie

Solární energie

Ve zvolené oblasti byl dle portálu SolarGIS v roce 2015 úhrn dopadající sluneční energie o hodnotě 1150 kWh/m². Střecha je orientována jižním směrem se sklonem 35 stupňů. Taktéž je střecha dostatečně stabilní a má dostatečnou plochu pro umístění fotovoltaických i solárních termických kolektorů.

Pro instalaci fotovoltaického systému a systému solárního pro přípravu teplé vody je možné využít pouze jižní stranu střechy nad starou částí objektu. Ostatní střešní plochy jsou kvůli nedostatečnému oslunění nevhodné.

Instalace fotovoltaických systémů na již existující objekty není místní správou omezena. Instalace fotovoltaických panelů na střechu objektu je tedy možná.

Geotermální energie

Pozemek, na kterém se objekt nachází, se nalézá v povodňovém pásmu řeky Sázavy a již byl několikrát částečně zaplaven. Rozměr pozemku činí necelých 1 000 metrů čtverečních, z toho je pouze 50 až 70 metrů čtverečních využitelných pro instalaci tepelných zdrojů. Z těchto důvodů není možné vybraný pozemek využívat jako zdroj geotermální energie.

Vodní energie

V blízkosti objektu se nachází vodní tok. Jeho využití ale není možné.

Větrná energie

Využití větrné energie není možné z důvodu nedostatečných rozměrů pozemku, jeho nevhodného umístění a omezení výstavby větrných elektráren v dané oblasti.

Energie z biomasy

Energie z biomasy (kusové dřevo, dřevitá štěpka, dřevěné pelety a peletky a další typy biomasy) je možné plně využít. V objektu se nachází dostatečné prostory k instalaci tepelného zdroje spalujícího biomasu i dostatečné prostory k případnému skladování biomasy. Dodavatelů biomasy je v blízkosti objektu dostatek.

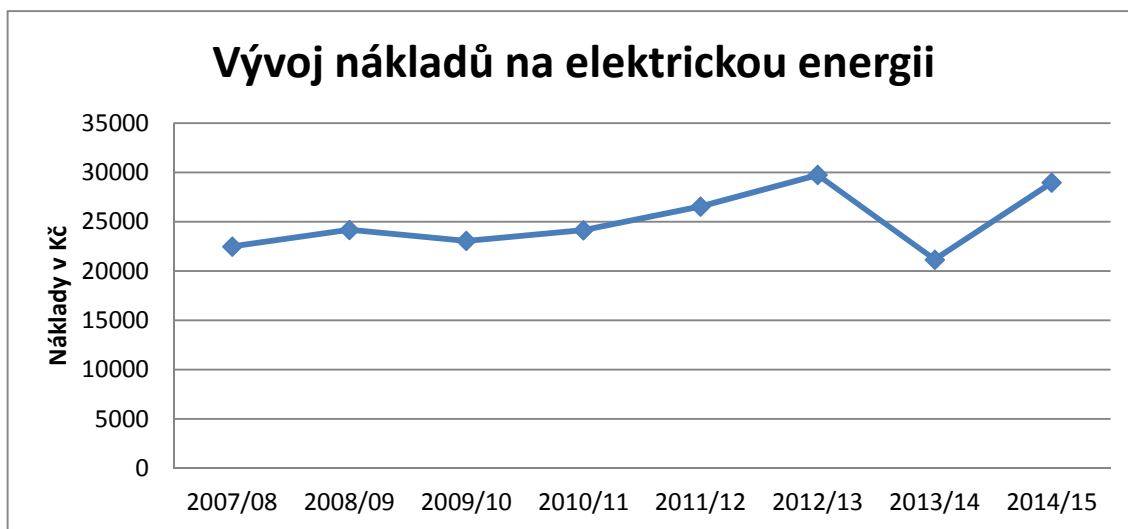
5.3 Náklady na elektrickou energii a vytápění

Náklady na elektrickou energii.

Na úroveň nákladů na elektrickou energii dodanou z veřejné elektrické sítě má vliv spotřeba elektrické energi, cena elektrické energie a poměr mezi vysokým a nízkým tarifem. Dále se do nákladů na elektrickou energii z veřejné elektrické sítě započítaly náklady za příkon (náklady na jistič 3x25 A).

Následující graf č. 1 zachycuje vývoj nákladů na elektrickou energii dodávanou z veřejné elektrické sítě v letech 2007 až 2015. Nejvyšší náklady byly zaznamenány v období 2012/2013 ve výši 29 738 Kč. Naopak nejnižší náklady byly zaznamenány v následujícím období (2013/2014) ve výši 21 143 Kč. Tento pokles nákladů byl způsoben výměnou kamen na tuhá paliva (dřevo) za elektrický přímotop, který měl dlouhodobou poruchu. Za sledované období se náklady navýšily o 28,79 %, meziročně se náklady navyšovaly v průměru o 3,68 %.

Graf 1 Vývoj nákladů na elektrickou energii (2007/2015)



Zdroj: Vlastní zpracování

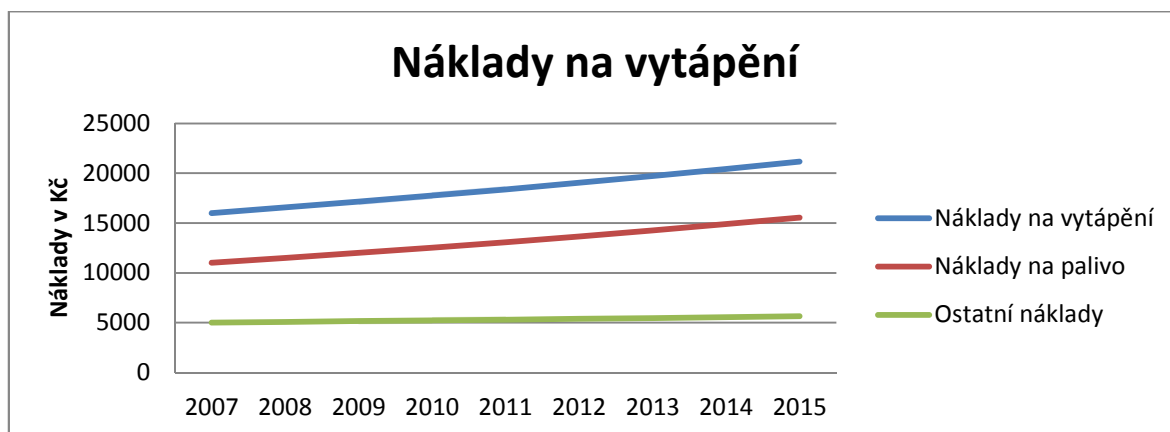
Spotřeba elektrické energie se ve sledovaném období výrazně neměnila. Nejnižší spotřeba elektrické energie byla zaznamenána v období 2013/2014 s hodnotou 6 239 kWh. Nejvyšší spotřeba byla zaznamenána v období 2014/2015 ve výši 8 442 kWh. V období 2014/2015 byla spotřeba o 5,98 % vyšší než v období 2007/2008.

Náklady na vytápění

Celkové roční náklady na vytápění tvoří náklady na pořízení paliva, náklady na zpracování paliva a náklady na provoz a údržbu.

Následující graf zachycuje vývoj nákladů na vytápění v letech 2007 až 2015. Během tohoto období vzrostly náklady na vytápění o 26,1 %. Nejvýznamnější podíl na růstu nákladů na vytápění má růst nákladů na palivo, které se zvýšily o 37,2 %.

Graf 2 Náklady na vytápění (2007/2015)



Zdroj: Vlastní zpracování

Náklady na elektrickou energii a vytápění v roce 2015

V roce 2015 činily celkové náklady na elektrickou energii a vytápění 56 796 Kč. Náklady na vytápění činily 21 180 Kč. Náklady na elektrickou energii z veřejné sítě činily 35 616 Kč.

Tabulka č. 13 Náklady na elektrickou energii a vytápění v roce 2015

Položka	Spotřeba	Cena za jednotku (Kč)	Náklady na energii (Kč)	Servis a údržba (Kč)	Náklady celkem (Kč)
Náklady na vytápění	4442	3.5	15548	4417	21180
Náklady na elektrickou energii z veřejné sítě	8442	4	33768	1848	35616
Celkové náklady					56796

Zdroj: Vlastní zpracování

5.4 Výpočet tepelných ztrát a tepelných zisků

Stará část objektu

Dle (3.2.2) byla u všech místností staré části objektu vypočtena celková tepelná ztráta. K tepelným ztrátám prostupem konstrukcí Q_p byly připočteny tepelné ztráty větráním $Q_{v,v}$, vypočtené dle vzorce (3.2.7) a ztráty tepelnými mosty vypočtené dle (3.2.6).

Obr.č. 14 Tepelné ztráty ve staré části objektu



Zdroj: Vlastní zpracování

Celková tepelná ztráta ve staré části objektu činila 9696,72 W. Nejvyšší tepelná ztráta byla vypočtena v místnosti Obývací pokoj, kde tepelná ztráta místnosti dosáhla hodnoty 2122,15 W. Naopak nejnižší tepelná ztráta 634,36 W byla vypočtena v místnosti Kuchyň.

Tabulka č. 14 Náhled výpočtu tepelné ztráty v místnosti obývací pokoj ve staré části objektu

Místnost	Tepelná ztráta prostupem tepla (Q_p) (W)	Tepelná ztráta vzduchem ($Q_{v,v}$) (W)	Tepelná ztráta místnosti (W)
Obývací pokoj	1688.2	434	2122.2

Ochlazovaná konstrukce	Rozměry	Součinitel prostupu tepla konstrukcí	Vnější teplota	Vnitřní teplota	Tepelná ztráta
Obvodová stěna	10.27	1.14	-15	20	409.8
Podlaha	25	1.67	5	20	626.3
Strop	25	0.94	5	20	352.5
Okno dvojité	3.48	1.2	-15	20	146.2
Přirážka p1		0.15			230.2
Přirážka p3		-0.05			-76.7
Tepelná ztráta prostupem tepla					1688.2

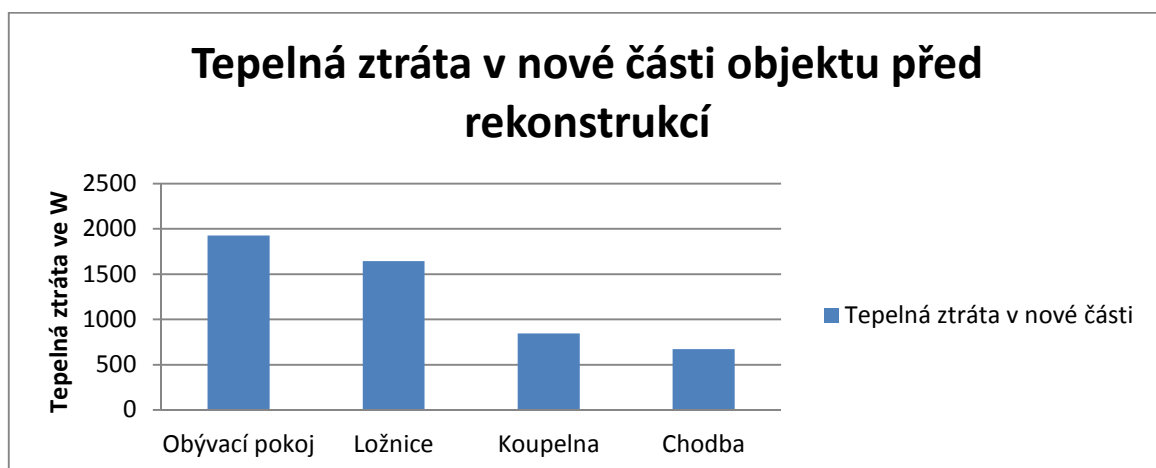
Zdroj: Vlastní zpracování

Nová část objektu

Dle (3.2.2) byla u všech místností nové části objektu vypočtena celková tepelná ztráta. Dále byly k tepelným ztrátám připočteny ztráty větráním vypočtené dle vzorce (3.2.7) a ztráty tepelnými mosty vypočtené dle (3.2.6).

Celková tepelná ztráta v nové části domu dosáhla hodnoty 5630,6 W. Nejvyšší vypočtená tepelná ztráta byla v místnosti Obývací pokoj s hodnotou 1926 W. Druhá nejvyšší vypočtená tepelná ztráta byla v místnosti Ložnice s hodnotou 1644 W. Nejmenší tepelná ztráta byla vypočtena v místnosti Chodba s hodnotou 562,3 W.

Graf 3 Tepelná ztráta ve staré části objektu



Zdroj: Vlastní zpracování

Tepelná ztráta v celém objektu

Tepelná ztráta ve staré části objektu činila 9697,72 W, v nové části objektu činila 5630,6 W. Celková tepelná ztráta objektu před rekonstrukcí činila 15327,32 W.

5.4.1 Výpočet tepelných zisků

Stará část objektu

U všech místností staré části domu byly dle (3.3.1) vypočteny tepelné zisky okny. Nejvyšší vypočtené hodnoty byly v místnostech Obývací pokoj (464,8 W) a Dětský pokoj (464,8 W). Hlavní příčinou takto vysokých hodnot byly převážně jižní orientace těchto místností. Nejnižší vypočtené hodnoty byly v místnosti Chodba a to 5,56 W. Celkové tepelné zisky okny byly 1599,93 W.

Dle (3.3.7) byly vypočteny tepelné zisky z elektrických spotřebičů. Nejvyšší hodnoty byly vypočteny v místnosti Kuchyň (417,2 W). V místnostech Ložnice, Jídelna a Chodba nebyly tepelné zisky z elektrických spotřebičů počítány, protože se v těchto místnostech nenachází žádné elektrické spotřebiče, které by bylo možno začlenit do výpočtů. Suma zisků z elektrických spotřebičů činila 751,54 W.

Dle (3.3.4) byly vypočteny tepelné zisky z osvětlení místností v celkové výši 84 W. Nejvyšší zisky byly vypočteny v místnostech Obývací pokoj (30 W) a Dětský pokoj (30 W). Vztahem (3.3.2) byla vypočtena celková hodnoty tepelných zisků ze stěn místností ve výši 55,29 W. Objekt je tvořený velmi silnými zdmi. Z tohoto důvodu jsou zisky ze stěn velmi nízké.

Ve staré části objektu trvale žijí dvě osoby. Muž a žena. Dle (3.3.5) byly vypočteny tepelné zisky osob ve výši 183,52 W.

Celkové tepelné zisky činily 2 674,28 W.

Nová část objektu

U všech místností nové části domu byly dle (3.3.1) vypočteny tepelné zisky okny. Nejvyšší vypočtené hodnoty byly v místnostech Ložnice (84,3 W) a Obývací pokoj (53 W). Hlavní příčinou nízkých hodnot byla severní orientace těchto místností. Celkové tepelné zisky okny byly 164,35 W.

Dle (3.3.7) byly vypočteny tepelné zisky z elektrických spotřebičů. Nejvyšší hodnoty byly vypočteny v místnosti Obývací pokoj (112,54 W). Suma zisků z elektrických spotřebičů činila 215,43 W.

Dle (3.3.4) byly vypočteny tepelné zisky z osvětlení místností v celkové výši 69 W. Vztahem (3.3.2) byla vypočtena celková hodnota tepelných zisků ze stěn místností ve výši 14,6 W. Objekt je tvořen velmi silnými zdmi. Z tohoto důvodu byly zisky ze stěn velmi nízké.

Ve staré části objektu trvale žijí dvě osoby. Muž a žena. Dle (3.3.5) byly vypočteny tepelné zisky osob ve výši 183,52 W.

Celkové tepelné zisky činily 547,5 W.

5.4.2 Výsledná tepelná ztráta objektu před rekonstrukcí (tepelné ztráty snížené o tepelné zisky)

Od tepelných ztrát 15327,32 W byly odečteny tepelné zisky ve výši 3221,78 W. Výsledná tepelná ztráta činila 12105,54 W.

5.4.3 Průměrný součinitel prostupu tepla před rekonstrukcí

Dle (3.4.1) byl vypočten průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} pro celý objekt. Hodnota U_{em} činila **1,48 W.m⁻².K⁻¹**.

5.5 Úsporná opatření

Stará část objektu

Ve staré části objektu byla instalována úsporná opatření ve formě zateplení obvodové stěny, mezitrámového zateplení stropu a vnitřní izolace stropu v nezastřešené části objektu.

Zateplení obvodové stěny pěnovým polystyrénem o šířce patnácti centimetrů a součinitelem tepelné vodivosti 0,039 W/mK snížilo součinitel prostupu tepla konstrukcí z původní hodnoty 1,14 W/m²K na 0,22 W/m²K. Zateplení stropu (zateplení minerální plstí mezi stropní trámy o síle 30 cm a součinitelem tepelné vodivosti 0,038 W/mK) mezi obytnými místnostmi a nevytápěnou půdou snížilo součinitel prostupu tepla konstrukcí z původní hodnoty 0,94 W/m²K na 0,21 W/m²K.

Místnosti Jídelna, Koupelna, Chodba a Kuchyně se nenachází pod nezateplenou střechou, jejich strop je v přímém kontaktu s venkovním prostředím a jeho konstrukce je betonová s izolační vrstvou a vrstvou plechu o síle 1,5 mm na venkovní straně. Z tohoto důvodu nebyla na zateplení použita mezitrámová minerální plst' jako u ostatních místností, ale byla použita vnitřní polystyrenová vrstva o síle 3 cm součinitelem tepelné vodivosti 0,039 W/mK.

Průměrný součinitel prostupu tepla byl snížen v jednotlivých místnostech následovně. V místnosti Koupelna klesl z 0,958 na 0,329 W/m²K, v místnosti Obývací pokoj klesl z 0,363 na 0,223 W/m²K, v místnosti Ložnice klesl z 0,43 na 0,307 W/m²K, v místnosti Dětský pokoj klesl z 0,576 na 0,283 W/m²K, v místnosti Jídelna klesl z 0,57 na 0,383 W/m²K, v místnosti Kuchyně klesl z 0,337 na 0,226 W/m²K, v místnosti Chodba se průměrný součinitel prostupu snížil na 0,29 W/m²K.

Nová část objektu

V nové části objektu byla instalována úsporná opatření ve formě zateplení obvodové stěny a mezitrámového zateplení stropu.

Obvodová stěna nové části budovy byla zateplena stejným izolačním materiálem o stejné tloušťce jako obvodová zeď staré části budovy. Pěnový polystyrén o šířce patnácti centimetrů a součinitelem tepelné vodivosti 0,039 W/mK snížil součinitel prostupu tepla konstrukcí z původní hodnoty 0,9 W/m²K na 0,21 W/m²K. Strop byl taktéž tepelně

izolován minerální vatou o síle 30 cm. Mezi nevytápěnými prostory a obytnými místnostmi se snížit součinitel prostupu tepla z 2,14 W/m²K na 0,2 W/m²K.

Průměrný součinitel prostupu tepla byl snížen v jednotlivých místnostech následovně. V místnosti Koupelna klesl z 0,454 na 0,25 W/m²K, v místnosti Obývací pokoj klesl z 0,509 na 0,275 W/m²K, v místnosti Ložnice klesl z 0,452 na 0,339 W/m²K, v místnosti Chodba se průměrný součinitel prostupu tepla snížil z 0,368 W/m²K na 0,082 W/m²K.

5.5.1 Tepelná ztráta po rekonstrukci

Stará část

Po plánované rekonstrukci došlo k následující redukci tepelné ztráty. V místnosti Koupelna 70,36 %, v místnosti Obývací pokoj 30,26 %, v místnosti Dětský pokoj 43,91 %, v místnosti Ložnice 24,88 %, v místnosti Jídelna 33,6 %, v místnosti Kuchyň 18,84 % a v místnosti chodba 0 %. Celkově se tepelná ztráta ve staré části objektu snížila o 32,22%.

Po rekonstrukci došlo ke snížení tepelné ztráty z 9696,72 W na 6572,63 W. Po odečtení tepelných zisků ve výši 2260,71 W činila zbývající tepelná ztráta 4311,92 W.

Nová část

Po plánované rekonstrukci došlo k následující redukci tepelné ztráty. V místnosti Koupelna 61,23 %, v místnosti Obývací pokoj 54,52 %, v místnosti Ložnice 39,36 % a v místnosti chodba 74,52 %. Celkově se tepelná ztráta v nové části objektu snížila o 53,37 %.

Po rekonstrukci došlo ke snížení tepelné ztráty z 5630,6 W na 2915,6 W. Po odečtení tepelných zisků ve výši 547,5 W činí zbývající tepelná ztráta 2368,1 W.

Celková tepelná ztráta objektu

Celková tepelná ztráta po rekonstrukci a poodečtení tepelných zisků v obou částech domu činila 6680,02 W.

5.5.2 Průměrný součinitel prostupu tepla po rekonstrukci

Po rekonstrukci průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} dle (3.4.1) klesl na hodnotu **0,91 W.m⁻².K⁻¹**.

5.6 Zdroj tepla

Na pokrytí tepelné ztráty 6680,02 W (6,7 kW) bylo zapotřebí zvolit takový tepelný zdroj, který by výkonem odpovídal tepelné ztrátě navýšené o třicet procent jako přírůžku k urychlení zátopy. Tepelný zdroj tedy měl mít minimální výkon o hodnotě 8684,03 W (8,7 kW).

Z prvotních možností se musel vyřadit tepelný zdroj typu voda-voda. Studna, do které by bylo tepelné čerpadlo instalováno, nemělo dostatečný vodní přítok. Navíc toto čerpadlo mohlo ohrozit hladinu vody v sousedních studnách. Dále bylo nutné vyřadit tepelný zdroj typu země-voda s horizontální instalací kolektoru. Pozemek přilehlý k objektu neměl dostatečné rozměry. Taktéž nebylo možné použít vertikální instalaci tepelného čerpadla (hlubinný vrt) kvůli nevhodnosti podloží a blízkosti vodního toku, který by mohl ohrozit vrt.

Mezi zbývajících varianty byl zařazen kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva (v_1), kotel na biomasu s automatickým dodáváním paliva (v_2), krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem (v_3), tepelné čerpadlo vzduch – voda (v_4) a plynový kondenzační kotel (v_5). Jednotlivé varianty zobrazuje tabulka přílohy číslo 5.

Výběr optimální varianty s přihlédnutím k výši dotace

Pro analýzu variant byla zvolena následující kritéria. Pořizovací cena (k_1), náklady na provoz (k_2), výkon (k_3), ekologie (k_4), možnost kombinace s jinými zdroji tepla (k_5) a výše dotace (k_6).

Dle (3.6.3.2) byly vypočteny výhy kritérií. V prvním kroku byly stanoveny preference jednotlivých kritérií.

Tabulka č. 15 Preference kritérií

Kritéria	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
k_1	1	4.00	3.00	4.00	6.00	3.00
k_2	0.25	1	3.00	5.00	6.00	3.00
k_3	0.33	0.33	1	3.00	5.00	6.00
k_4	0.25	0.20	0.33	1	3.00	4.00
k_5	0.17	0.17	0.20	0.33	1	0.50
k_6	0.33	0.33	0.17	0.25	2.00	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka č. 16 Váhy kritérií dle Saatyho matice

Číslo varianty	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6
Váhy	0.381	0.249	0.181	0.094	0.039	0.057

Zdroj: Vlastní zpracování

Matici variant bylo nutné sjednotit dle maximaxových kritérií, převedení jednotlivých hodnot zachycuje tabulka přílohy číslo 6. Následně byla dle (3.6.3.6) vypočtena normalizovaná matice R, která byla dle (3.6.3.7) převedena na váženou kriteriální matici W.

Tabulka č. 17 Vážená kriteriální matice W

Varianta	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
v_1	0.424	0.284	0.241	0.089	0.039	0.056
v_2	0.312	0.161	0.210	0.089	0.039	0.111
v_3	0.420	0.284	0.168	0.089	0.000	0.056
v_4	0.000	0.296	0.091	0.119	0.039	0.083
v_5	0.378	0.000	0.252	0.089	0.039	0.020

Zdroj: Vlastní zpracování

Z této matice W byly určeny optimální a bazální varianty dle vztahů (3.6.3.10) a (3.6.3.11).

Tabulka č. 18 Optimální a bazální varianta

Varianta	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6
H_j	0.424	0.296	0.252	0.119	0.039	0.111
D_j	0	0	0.091	0.089	0	0.02

Zdroj: Vlastní zpracování

Dále byla u každé varianty vypočtena vztahem (3.6.3.10) vzdálenost od ideální hodnoty d_i^+ a vztahem (3.6.3.11) vzdálenost od bazální hodnoty d_i^- . Vztahem (3.6.3.12) byl vypočten relativní ukazatel vzdálenosti c_i .

Tabulka č. 19 Relativní ukazatel vzdálenosti c_i

Varianta	d_i^+	d_i^-	c_i
v_1	0.0650	0.5342	0.8915
v_2	0.1829	0.3836	0.6772
v_3	0.1128	0.5139	0.8201
v_4	0.4544	0.3065	0.4028
v_5	0.3144	0.4131	0.5678

Zdroj: Vlastní zpracování

Dle metody TOPSIS byl vypočten relativní ukazatel vzdálenosti c_i u všech pěti variant. Vyrianta s nejvyšší hodnotou c_i měla nejmenší relativní vzdálenost od optimální varianty. V tomto případě varianta v_1 tedy kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva.

Výběr varianty bez přihlédnutí k výši dotace

Pro analýzu variant byla zvolena následující kritéria. Pořizovací cena (k_1), náklady na provoz (k_2), výkon (k_3), ekologie (k_4), možnost kombinace s jinými zdroji tepla (k_5).

Dle (3.6.3.2) byly vypočteny výhy kritérií. V prvním kroku byly stanoveny preference jednotlivých kritérií.

Tabulka č. 20 Preference kritérií

Kritéria	k1	k2	k3	k4	k5
k1	1	4.00	3.00	4.00	6.00
k2	0.25	1	3.00	5.00	6.00
k3	0.33	0.33	1	3.00	5.00
k4	0.25	0.20	0.33	1	3.00
k5	0.17	0.17	0.20	0.33	1

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka č. 21 Výhy kritérií dle Saatyho matice

Číslo varianty	1	2	3	4	5
Váhy	0.403	0.264	0.192	0.100	0.041

Zdroj: Vlastní zpracování

Matici variant bylo nutné sjednotit dle maximových kritérií, převedení jednotlivých hodnot zachycuje tabulka přílohy číslo 6. Následně byla dle (3.6.3.6) vypočtena normalizovaná matice R, která byla dle (3.6.3.7) převedena na váženou kritériální matici W.

Tabulka č. 22 Vážená kritériální matice W

	k1	k2	k3	k4	k5
v1	0.449	0.301	0.256	0.094	0.041
v2	0.330	0.171	0.222	0.094	0.041
v3	0.445	0.301	0.178	0.094	0.000
v4	0.000	0.314	0.096	0.126	0.041
v5	0.401	0.000	0.267	0.094	0.041

Zdroj: Vlastní zpracování

Z této matice W byly určeny optimální a bazální varianty dle vztahů (3.6.3.10) a (3.6.3.11).

Tabulka č. 23 Optimální a bazální varianta

	k1	k2	k3	k4	k5
Hj	0.449	0.314	0.267	0.126	0.041
Dj	0	0	0.096	0.94	0

Zdroj: Vlastní zpracování

Dále byla u každé varianty vypočtena vztahem (3.6.3.10) vzdálenost od ideální hodnoty d_i^+ a vztahem (3.6.3.11) vzdálenost od bazální hodnoty d_i^- . Vztahem (3.6.3.12) byl vypočten relativní ukazatel vzdálenosti c_i .

Tabulka č. 24 Relativní ukazatel vzdálenosti c_i

Varianta	d_i^+	d_i^-	c_i
v1	0.0361	1.0170	0.9657
v2	0.1937	0.9333	0.8281
v3	0.1039	1.0052	0.9063
v4	0.4804	0.8734	0.6452
v5	0.3192	0.9523	0.7490

Zdroj: Vlastní zpracování

Dle metody TOPSIS byl vypočten relativní ukazatel vzdálenosti c_i u všech pěti variant. Vyrianta s nejvyšší hodnotou c_i měla nejmenší relativní vzdálenost od optimální varianty. V tomto případě varianta v_1 tedy kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva.

5.7 Fotovoltaický systém

Dle (3.6.1.1) byl vypočten teoretický výkon vybraného fotovoltaického systému v kW/m². Roční úhrn dopadající solární energie v oblasti zvoleného domu byl dle portálu SolarGis k roku 2015 1150 W/m². Maximální využitelná střešní plocha byla stanovena na 25 m². Tento maximální rozměr byl zvolen z toho důvodu, aby celková váha fotovoltaických panelů, solárních panelů, střešní krytiny a při případném pokrytí sněhovou vrstvou, nedošlo k překročení nosnosti konstrukce. Do tabulky číslo 20 byla zaznamenána účinnost čtyř vybraných fotovoltaických panelů a jejich teoretický výkon.

Tabulka č. 25 Teoretický výkon fotovoltaického systému

Kolektor	PMPP (kWp)	Plocha (m ²)	Účinnost (%)
GS-55	3.20	25	0.128
ESP-150	3.80	25	0.152
SF160-S	3.25	25	0.13
Green T.	4.35	25	0.174

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejvyšší teoretický výkon 4,35 kWp byl vypočten u fotovoltaického panelu s názvem Green Triplex PMO60MO2 (rozměry 131,8 x 98,3 x 4, plocha aparatury 1,296 m², výkon 230 Wp, životnost těchto panelů deklarována na minimálně 25 let). Dle (3.6.1.2) byla vypočtena teoretická výtěžnost u vybraných fotovoltaických panelů.

Tabulka č. 26 Teoretická výtěžnost

Kolektor	Výtěžnost	Hsolar	Fsklonu	Pmpp	PR
GS-55	2760	1150	1	3.20	0.75
ESP-150	3278	1150	1	3.80	0.75
SF160-S	2803	1150	1	3.25	0.75
Green T.	3752	1150	1	4.35	0.75

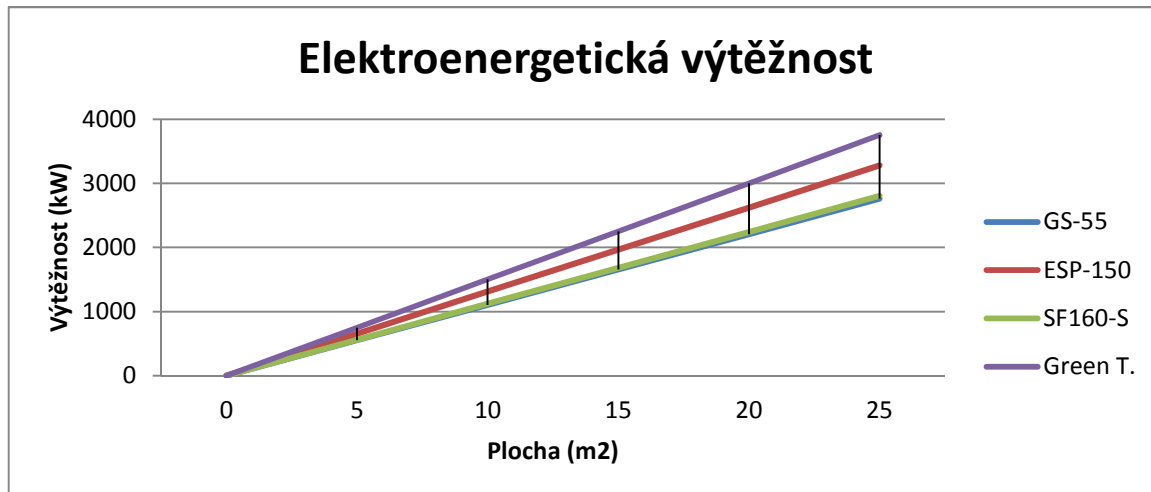
Zdroj: Vlastní zpracování

Dle výpočtů nejvyšší teoretickou výtěžnost měl fotovoltaický panel s názvem Green Triplex PMO60M02 od společnosti Benq, který ročně dokázal vyprodukovat 3,752 MW (3752 kW) elektrické energie při využití celé povolené využitelné plochy, tedy při 25 m².

Celý využitelný prostor 25 m² nebylo možné využít jen pro fotovoltaické panely. Na střechu se taktéž instalovaly solární termické články určené k ohřevu vody, které snížily využitelný prostor o 7,8 m². Do zbylého prostoru 17,2 m² bylo možné instalovat deset

fotovoltaických panelů značky Green Triplex PMO60M02 s rozměru 1,61 m². Celková elektroenergetická výtěžnost fotovoltaického systému se snížila na 2,416 MW (2416 kW).

Graf 4 Elektroenergetická výtěžnost



Zdroj: Vlastní zpracování

Za další bylo nutné vypočítat požadovaný počet akumulátorů dle požadavku dotační skupiny C.3.2.3. Požadavek touto dotační skupinou byl 1,75 kWh minimální měrné kapacity akumulátoru na 1 kWp výkonu fotovoltaického systému. Pro výkon 2,8 kWp činila minimální měrná kapacita akumulátoru 4,9 kWh. Této minimální měrné kapacitě odpovídala celková kapacita akumulátorů ve výši 410 Ah.

K akumulaci energie byly použity akumulátory typu LiFeYPO₄, tedy lithium-železo-fosfátové akumulátory. Tento druh akumulátorů se od ostatních typů lišil především v životnosti, která se pohybovala mezi 2000 až 8000 nabíjecími cykly. Na druhou stranu byl tento typ akumulátorů finančně nákladnější, cena jednoho akumulátoru o napětí 12 V a kapacitě 40 Ah byla 7 tisíc Kč.

Dle minimální měrné kapacity akumulátoru 410 Ah bylo zapotřebí 10,25 lithium-železo-fosfátových akumulátorů. Po zaokrouhlení na celé jednotky 11 akumulátorů.

5.8 Solární systém pro přípravu teplé vody

Solární systém byl navrhován tak, aby dokázal pokrýt potřebu tepla pro přípravu teplé vody v letních měsících (červen, červenec, srpen). Pro ostatní měsíce (září až květen) bylo nutné navrhnout doplňkový zdroj tepla pro přípravu teplé vody. Nejvhodnějším řešením v tomto případě byl elektrický ohřev instalovaný přímo v akumulární nádrži solárního systému.

Dle (3.6.2.1) byla vypočtena potřeba tepla na ohřev vody. Průměrná denní spotřeba teplé vody byla stanovena na 225 litrů ($0,225 \text{ m}^3/\text{den}$). Požadovaná teplota teplé vody byla stanovena na 55 C, teplota studené vody vstupující do systému byla stanovena na 10 C. Hustota vody na m^3 byla stanovena na 998 kg při teplotě 20 C. Měrná tepelná kapacita vody byla stanovena na 4 181 Joulů.

Přirážka na tepelné ztráty při ohřevu vody byla stanovena na 15 %.

Roční suma tepla potřebného na ohřev teplé vody se rovnala 4780 kWh.

Tabulka č. 27 Potřeba tepla na přípravu teplé vody a tepelné zisky ze solárních kolektorů

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen
Dny	31	28	31	30	31	30
Qp,TV	406	366	406	393	406	393
Qss,u	59	109	214	276	368	393
Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem
31	31	30	31	30	31	365
406	406	393	406	393	406	4780
406	384	300	173	72	41	2795

Zdroj: Vlastní zpracování

Jako solární kolektor byl zvolen panel s názvem KPS1+ANT od společnosti Regulus (rozměry 203 x 103 x 9 cm, plocha aparatury 1,92 m², objem kapaliny 1,37 l, výkon 1517 Wp, tyto panely mají deklarovanou životnost minimálně 25 let).

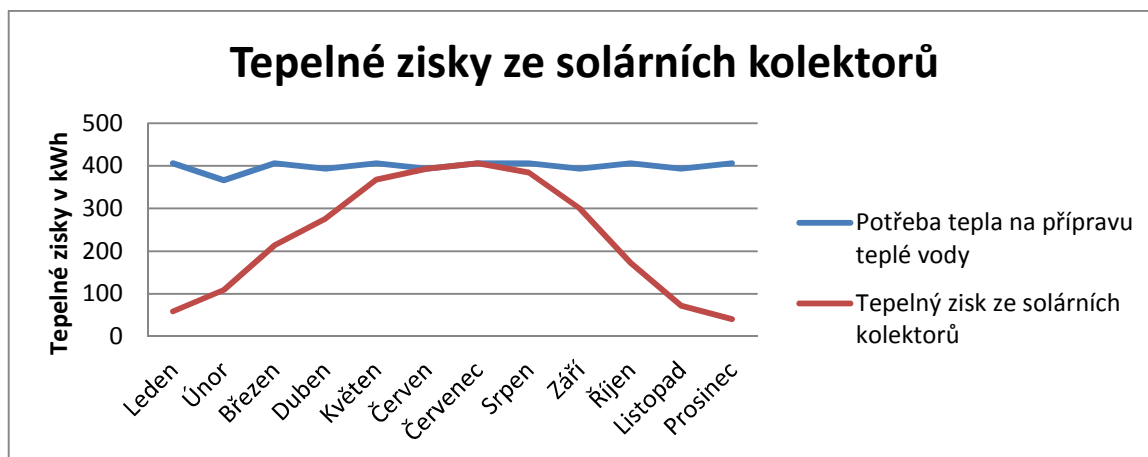
Dle (3.6.2.3) byly vypočteny teoreticky využitelné zisky solárního kolektoru.

Ozáření plochy kolektoru bylo stanoveno na 1150 W na m². Potřebná plocha solárního kolektoru byla stanovena dle (3.6.2.8) na 5,3 m². Koeficient a_1 byl stanoven na 3,73, koeficient a_2 byl stanoven na 0,014, optická účinnost byla stanovena na 80,6 %. Účinnost solárního kolektoru byla dle (3.6.2.7) stanovena na 70 %.

Paušální procentní srážka byla stanovena na 20%. Tato srážka představuje tepelné ztráty v solárním systému (ztráta tepla v potrubí, akumulátoru, atd.).

Roční využitelné zisky byly vyčísleny v hodnotě 2795 kWh.

Obr.č. 15 Tepelné zisky ze solárních kolektorů



Zdroj: Vlastní zpracování

Solární pokrytí bylo určeno podílem (3.6.2.3) a (3.6.2.1) na 58,47 %.

Dle (3.6.2.9) byla vypočtena požadovaná velikost zásobníků teplé vody o objemu 360 litrů.

5.9 Náklady na provoz domu po rekonstrukci

Po instalaci úsporných opatření ve formě zateplení a instalaci fotovoltaického systému, solárního systému pro přípravu teplé vody a instalaci tepelného zdroje ve formě kotle na tuhá paliva s ručním dodáváním paliva došlo ke snížení nákladů na vytápění a nákladů na elektrickou energii z veřejné sítě.

K těmto nákladům se po instalaci výše zmíněných opatření přiřadily náklady na servis a údržbu fotovoltaického systému a náklady na servis a údržbu solárního systému pro přípravu teplé vody.

Potřeba energie na vytápění byla snížena z 3 789 kW na 2 529 Kw. Potřeba elektrické energie z veřejné sítě byla snížena z 8 442 kWh na 3 823 kWh.

Tabulka č. 28 Náklady na vytápění a elektrickou energii po rekonstrukci

Položka	Spotřeba	Cena za jednotku (Kč)	Náklady na energii (Kč)	Servis a údržba (Kč)	Náklady celkem (Kč)
Náklady na vytápění	2529 kW	3.5	8851	4417	13268
Náklady na elektrickou energii z veřejné sítě	3823 kWh	4	15292	1848	17140
Solární systém (příprava t. vody)	---	---	---	2000	2000
Fotovoltaický systém	---	---	---	2000	2000
Celkové náklady					34408

Zdroj: Vlastní zpracování

Úspora nákladů po rekonstrukci byla vyčíslena na 22 388 Kč. Náklady na vytápění a elektrickou energii z veřejné sítě se snížily o 39,42 %.

Tabulka č. 29 Úspora nákladů po rekonstrukci

Položka	Náklady (Kč)
Náklady před rekonstrukcí	56796
Náklady po rekonstrukci	34408
Úspora nákladů	22388

Zdroj: Vlastní zpracování

5.10 Nárok na dotace

Pro získání dotací bylo nutné splnit několik podmínek, stanovených dle jednotlivých dotačních skupin.

Pro dotační skupinu A bylo zapotřebí splnit podmínky týkající se průměrného součinitele prostupu tepla obálkou budovy, měrná roční potřeba tepla na vytápění, měněné stavební prvky obálky budovy a procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění. Dle výpočtů bylo možné dosáhnout na dotační skupinu A.1.

Tabulka č. 30 Podmínky pro dotace skupiny A (splněny ano/ne)

Sledovaný parametr	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci	A.0	A.1	A.2	A.3
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	1.48	0.91	ano	ano	ne	ne
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	12.105 kW	6.680 kW	ano	ano	ne	ne
Měněné stavební prvky obálky budovy	---	---	ano	ano		
Procentní snížení vypočtené měrné roční potřeby tepla na vytápění	---	45.81%	ano	ano	ne	ne

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro dotační skupinu C.3.1 a C.3.2 bylo zapotřebí splnit podmínky týkající se vypočteného celkového využitelného zisku solární soustavy, vypočteného měrného zisku solární soustavy, dosaženého minimálního pokrytí potřeby teplé vody a instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztaženém k celkové ploše aparatury. V práci není kalkulováno s využitím získaného tepla k přitápění, proto bylo možné dosáhnout pouze na dotační skupinu C.3.1.

Tabulka č. 31 Podmínky pro dotace skupiny C.3.1 a C.3.2 (splněny ano/ne)

Sledovaný parametr	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci	C.3.1.	C.3.2.
Vypočtený celkový využitelný zisk solární soustavy	0	2795 kWh	ano	ano
Vypočtený měrný zisk solární soustavy	0	527 kWh	ano	ano
Dosažení minimálního pokrytí potřeby teplé vody	0	58%	ano	ano
Instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztáženém k celkové ploše aparatury	0	68 l	ano	ano

Zdroj: Vlastní zpracování

Pro dotační skupiny C.3.4, C.3.5 a C.3.6 bylo zapotřebí splnit podmínky týkající se celkových využitelných zisků v budově, minimální míry využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby, akumulace přebytků energie do teplé vody, minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulční nádrž, akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů a minimální měrná kapacita akumulátorů.

Tabulka č. 32 Podmínky pro dotace skupiny C.3.4, C.3.5 a C.3.6 (splněny ano/ne)

Sledovaný parametr	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci	C.3.4	C.3.5	C.3.6
Celkový využitelný zisk v budově	0	2416 kW	ano	ano	ne
Minimální míra využití vyrobené elektřiny pro krytí spotřeby v místě výroby	0	100%	ano	ano	ano
Akumulace přebytků energie do teplé vody	0	0	ne	---	---
Minimální měrný objem zásobníku teplé vody nebo akumulční nádrž	0	0	ne	---	---
Akumulace přebytků energie do elektrických akumulátorů	0	4.9 kWh	ano	ano	ano
Minimální měrná kapacita akumulátorů	0	1.75 kWh	---	ano	ano

Zdroj: Vlastní zpracování

5.11 Náklady na alternativní zdroje energií

5.11.1 Náklady na fotovoltaický systém

Náklady na fotovoltaický systém se skládaly z nákladů na komponenty (fotovoltaické panely, akumulátory, měnič napětí MTTP, střídač, ochranné prvky, propojovací vodiče a uchycovací a upevňovací materiál), nákladů na instalační práce, nákladů na revizi a nákladů na vypracování projektu. Náklady na komponenty fotovoltaického systému byly vyčísleny v hodnotě 181 280 Kč. Náklady na instalační práce byly vyčísleny na 12 000 Kč (48 pracovních hodin po 250 Kč/hod.). Náklady na revizi fotovoltaického systému byly vyčísleny na 3 000 Kč. Náklady na vypracování projektové dokumentace byly vyčísleny na 14 502 Kč (8 % z ceny komponentů). Celkové náklady na fotovoltaický systém byly vyčísleny na 210 782 Kč.

Tabulka č. 33 Náklady na fotovoltaický systém

Název komponentu	Označení	Množství	Cena za jednotku s DPH (Kč)	Celková cena s DPH (Kč)
Fotovoltaické panely	Green T.	10 ks	6730	67300
Akumulátory	LiFeYPO4 12V 40Ah	11 ks	6990	76890
Měnič MTTP	EastPower GSC-F2448-60M	1 ks	4990	4990
Střídač	Axpert MKS 24V 2400W Plus	1 ks	19900	19900
Propojovací vodiče	---	60 m	60	3600
Ochranné prvky	---	4 ks	---	3350
Uchycovací a upevňovací materiál	---	125 Ks	---	5250
Instalační práce	---	48 h	250	12000
Revize	---	1 ks	3000	3000
Projekt	---	1 ks	8% n. na materiál	14502
Náklady celkem				210782

Zdroj: Vlastní zpracování

5.11.2 Náklady na solární systém pro přípravu teplé vody

Náklady na solární systém pro přípravu teplé vody se skládaly z nákladů na komponenty (solární kolektory, akumulační nádrž, spojovací materiál, přetlaková nádrž, regulátor, oběhové čerpadlo, pojistné a přetlakové ventily a teplotní médium), nákladů na instalaci solárního systému, nákladů na revizi solárního systému a nákladů na vypracování projektu.

Náklady na komponenty byly vyčísleny na 108 599 Kč, náklady na instalaci byly vyčísleny na 15 000 Kč (60 pracovních hodin po 250 Kč/hod.), náklady na revizi solárního systému byly vyčísleny na 3 000 Kč, náklady na vypracování projektové dokumentace byly vyčísleny na 8268 Kč (8 % z ceny komponentů). Celkové náklady na solární systém pro přípravu teplé vody byly vyčísleny na 134 867 Kč.

Tabulka č. 34 Kalkulace nákladů na solární systém pro přípravu teplé vody

Název komponentu	Typ	Množství	Cena za kus s DPH	Cena celkem s DPH
Akumulační nádrž	OKC 400 NTRR/SOL	1 ks	31677	31677
Solární kolektory	KPS1+ ANT	3 ks	11301	33903
Spojovací materiál	SOLARFLEX A - DUO DN12x13, 15 m	2 ks	8373	16746
Přetlaková nádrž	SL025	2 ks	1440	2880
Regulátor	SRS3	1 ks	6776	6776
Oběhové čerpadlo	ECO-ST 25/1-5 - 180	1 ks	9123	9123
Teplonosné médium	Solarten Super 25	1 ks	2239	2239
Pojistné, přetlakové ventily	---	4 ks	---	5255
Projekt	---	---	8% z n. na materiál	8268
Instalace systému	---	60 h	250	15000
Revize systému	---	1 ks	3000	3000
Náklady celkem				116867

Zdroj: Vlastní zpracování

5.11.3 Náklady na zateplení

Náklady na zateplení se skládaly z nákladů na zateplení obvodové zdi, nákladů na mezitrámové zateplení stropu, nákladů na vnitřní zateplení stropu v nepodstřešené části staré části domu, nákladů týkajících se ostatních nákladů (ukotvení, štuk, nátěr, ...) které byly nezbytné, dále pak z nákladů na práci, nákladů na revizi a nákladů na vypracování projektu. Náklady na zateplení obvodové zdi byly vyčísleny na 34 200 Kč. Náklady na mezitrámovou izolaci stropu byly vyčísleny na 19 812 Kč. Náklady na vnitřní izolaci stropu byly vyčísleny na 1 976 Kč. Náklady na ostatní materiál byly vyčísleny na 75 956 Kč. Náklady na práci byly vyčísleny na 30 000 Kč (120 pracovních hodin při 250 Kč/hod.). Náklady na revizi byly vyčísleny na 3 000 Kč. Náklady na vypracování

projektové dokumentace byly vyčísleny na 10 556 Kč (8 % z ceny materiálu). Celkové náklady na zateplení byly vyčísleny na 175 500 Kč.

Tabulka č. 35 Kalkulace nákladů na zateplení

Komponent	Typ	Množství	Cena za kus (s DPH)	Cena celkem (s DPH)
Izolace obvodové zdi	Expandovaný polystyren, Baumit (15 cm)	180 ks	190	34200
Mezitrámová izolace stropu	Skelná vata, Isover (30 cm)	14 ks	1415	19812
Vnitřní izolace stropu	Expandovaný polystyren, Baumit (3 cm)	38 ks	52	1976
Ostatní materiál (ukotvení, štuk, nátěr, ...)	---	1084 ks	---	75956
Práce	---	250 h	120	30000
Revize	---	1 ks	3000	3000
Projekt	---	1 ks	(8% n. na materiál)	10556
Náklady celkem				175500

Zdroj: Vlastní zpracování

5.11.4 Náklady na tepelný zdroj

Náklady na tepelný zdroj (kamna na biomasu s ruční dodávkou paliva) se skládaly z nákladů na komponenty (tepelný zdroj, expanzní nádoba, termostatická hlavice), nákladů na instalaci a zkoušku kotle, nákladů na úpravu komínu, nákladů na revizi a nákladů na vypracování projektu. Náklady na tepelný zdroj byly vyčísleny ve výši 26 600 Kč. Náklady na instalaci a zkoušku kotle byly vyčísleny ve výši 2 000 Kč. Náklady na úpravu otopných těles byly vyčísleny ve výši 2 000 Kč. Náklady na úpravu komínu byly vyčísleny ve výši 18 565 Kč. Náklady na revizi byly vyčísleny ve výši 3 000 Kč. Náklady na vypracování projektové dokumentace byly vyčísleny ve výši 4 439 Kč (8 % z ceny materiálu). Celkové náklady na tepelný zdroj byly vyčísleny na 62 921 Kč.

Tabulka č. 36 Kalkulace nákladů na tepelný zdroj

Komponent	Typ	Množství	Cena za kus (s DPH)	Cena celkem (s DPH)
Tepelný zdroj	Atmos DC 15 E	1 ks	26600	26600
Instalace a zkouška kotle	---	8 h	250	2000
Úprava otopných těles	---	8 h	250	2000
Úprava komínu	---	1 ks	18565	18565
Expanzní nádoba	HSO25	1 ks	1077	1077
Termostatická hlavice	eQ-3 L	10 ks	524	5240
Revize	---	1 ks	3000	3000
Projekt	---	1 ks	(8% n. na materiál)	4439
Náklady celkem				62921

Zdroj: Vlastní zpracování

5.11.5 Celkové náklady po dotacích

Celkové náklady na plánovanou rekonstrukci byly 566 070 Kč. Tato částka byla složena z nákladů na zateplení 175 500 Kč, nákladů na fotovoltaický systém 210 782 Kč, nákladů na solární systém pro přípravu teplé vody 116 867 Kč a nákladů na tepelný zdroj 62 921 Kč. Od těch to nákladů bylo možné po splnění výše zmíněných podmínek odečíst dotace ve výši 79 000 Kč na zateplení, dotace ve výši 70 000 Kč na fotovoltaický systém, dotace ve výši 31 460 Kč na tepelný zdroj a dotace ve výši 35 000 Kč na solární systém pro přípravu teplé vody.

Tabulka č. 37 Celkové náklady snížené o dotace

Náklady a dotace	Kč
Náklady na zateplení	175500
Náklady na fotovoltaický systém	210782
Náklady na solární systém pro přípravu teplé vody	116867
Náklady na tepelný zdroj	62921
Dotace na zateplení	79000
Dotace na tepelný zdroj	31460
Dotace na fotovoltaický systém	70000
Dotace na solární systém pro přípravu teplé vody	35000
Náklady celkem	350610

Zdroj: Vlastní zpracování

Celkové investiční náklady po odečtení dotací činily 350 610 Kč.

5.12 Finanční hodnocení investice (ČSH, VUM, Doba návratnosti, Nákladový účín)

5.12.1 Čistá současná hodnota

Počáteční investiční výdaj byl stanoven dle celkových nákladů po odečtení dotací na 350 610 Kč. Roční výnosy z investice byly dle úspory nákladů stanoveny na 22 388 Kč. Životnost všech komponentů instalovaných v rodinném domě byla minimálně 25 let, proto byla i čistá současná hodnota počítána pro 25 období. Diskontní sazba byla stanovena na 2 %.

Dle (3.7.1.1) byly vypočteny diskontované peněžní toky. Dle (3.7.1.2) byla vypočtena čistá současná hodnota investice.

Tabulka č. 38 Čistá současná hodnota

Roky	Výdaje	Příjmy	ČVnt	Diskontní sazba (2%)	Diskontní sazba (4%)	ČVn (2%)	ČVn (4%)	ČSH (2%)	ČSH (4%)
0	350610	0	0	1	1	0	0	-350610	-350610
...
17	0	22388	22388	0.7141626	0.5133732	15989	11493	-30644	-78245
18	0	22388	22388	0.7001594	0.4936281	15675	11051	-14968	-67194
19	0	22388	22388	0.6864308	0.4746424	15368	10626	399.408	-56567
20	0	22388	22388	0.6729713	0.4563869	15066	10218	15465.9	-46350
21	0	22388	22388	0.6597758	0.4388336	14771	9824.6	30237	-36525
22	0	22388	22388	0.646839	0.4219554	14481	9446.7	44718.4	-27078
25	0	22388	22388	0.6095309	0.3751168	13646	8398.1	86481.1	-862.87

Zdroj: Vlastní zpracování

S diskontní sazbou 2 % měla čistá současná hodnota na konci dvacátého pátého období hodnotu 86 481,1 Kč. Toto znamená, že na konci 25 byla investice splacena a byla i zisková ve výši 86 481,1 Kč.

5.12.2 Doba návratnosti investice

Dle (3.7.3.1) byla vypočtena doba návratnosti investice. Průměrné diskontované peněžní toky byly stanoveny na 17 484 Kč. Doba návratnosti byla stanovena na 20,05 let (20 let a 18 dní).

Tabulka č. 39 Doba návratnosti dle ČSH

Investice	Průměrné CF	Doba návratnosti
350610	17484	20,05

Zdroj: Vlastní zpracování

5.12.3 Vnitřní výnosové procento

Dle (3.7.3.2) bylo vypočteno vnitřní výnosové procento investice. Při úrokové míře 2 % se čistá současná hodnota rovnala 86 481,14 Kč (investice byla zcela zplacena a při tom dosáhla určitého zisku), při úrokové míře 4 % se čistá současná hodnota rovnala -862,9 Kč (investice nebyla zcela zplacena). Vnitřní výnosové procento bylo vypočteno ve výši 3,9802 %.

Tabulka č. 40 Vnitřní výnosové procento

Úroková míra A	Úroková míra B	ČSH A	ČSH B	VUM (%)
0.02	0.04	86481,14	-862,9	3,9802

Zdroj: Vlastní zpracování

5.12.4 Nákladový účín

Dle (3.7.4.1) byl vyhodnocen nákladový účín investice. U nákladového účínu se předpokládá $n\dot{U}_i < 1$. Náklady na vytápění a elektrickou energii před investicí činily 56 796 Kč, náklady po investici činily 34 408 Kč. Nákladový účín byl vyčíslen na 0,6058.

Dle výsledku nákladového účínu byly náklady na vytápění a elektrickou energii po investici nižší než před investicí.

5.12.5 Financování investice

Majitelé chtějí financovat investici pouze z vlastních zdrojů (úspory na stavebním spoření).

Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout celkovou energetickou koncepci rodinného domu s využitím alternativních zdrojů energie. Dílčí cíle diplomové práce byly zaměřeny na analýzu současného technického a energetického stavu rodinného domu, návrh renovací vedoucích k úspoře nákladů na provoz rodinného domu, využití alternativních zdrojů energie v rodinném domě, na analýzu technického a energetického stavu rodinného domu po navrhovaných úpravách a na finanční analýzu investice.

Současný stav rodinného domu byl hodnocen z hlediska konstrukčního a energetického. Konstrukční hodnocení jednotlivých částí objektu bylo provedeno dle typu konstrukce (obvodová stěna, strop, podlaha, atd.), dle použitého materiálu (zdivo z pálených cihel, beton, atd.) a dle konstrukčních rozměrů. Energetické hodnocení vycházelo z analýzy nákladů na elektrickou energii a nákladů na palivo v období 2007 až 2015. Dále byl analyzován způsob vytápění rodinného domu, způsob přípravy teplé vody a zdroj elektrické energie. Taktéž byla hodnocena dostupnost alternativních zdrojů energie.

Dle informací poskytnutých analýzou současného stavu rodinného domu byla vypočtena celková tepelná ztráta objektu i tepelná ztráta jednotlivých místností. Také byly vypočteny celkové tepelné zisky (tepelné zisky okny, stěnami, elektronickými spotřebiči a lidmi) objektu i tepelné zisky v jednotlivých místnostech. Taktéž byl vypočten i průměrný součinitel prostupu tepla celého objektu. Celková tepelná ztráta objektu byla vypočtena na 15 327,32 W. Celkové tepelné zisky objektu byly vypočteny na 3 221,78 W. Průměrný součinitel prostupu tepla objektu byl vypočten v hodnotě $1,48 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Energeticky úsporná opatření pro rodinný dům byla navržena ve formě zateplení obvodově stěny objektu, mezitrámového zateplení stropu, vnitřního zateplení stropu v nezastřešených prostorách objektu. Následně byly opětovně vypočteny tepelné ztráty objektu s instalovanými úspornými opatřeními. Celková tepelná ztráta objektu se snížila na 9 488,23 W. Průměrný součinitel prostupu tepla se snížil na $0,91 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Z výsledků vyplynulo, že tepelné ztráta byla snížena o 44,82 %.

Alternativní energie (solární energie a energie biomasy) byla v práci využita jako zdroj elektrické energie, zdroj tepla potřebného k přípravě teplé vody a jako zdroj tepla k vytápění objektu. Pro využití solární energie byl instalován fotovoltaický systém na

výrobu elektrické energie a solární termický systém pro přípravu teplé vody. Výběr hlavního zdroje vytápění proběhl pomocí vícekritériální analýzy variant s využitím metody TOPSIS. Podle výsledků metody TOPSIS byl vybrán kotel na biomasu s ručním dodáváním paliva (kusové dřevo). S využitím alternativních zdrojů energie a se snížením tepelných ztrát došlo k významnému snížení ročních nákladů na vytápění a elektrickou energii z 56 796 Kč na 34 408 Kč. Náklady se snížily o 22 388 Kč (pokles o 39,42 %).

Ve finanční analýze investice byla vypočtena čistá současná hodnota, vnitřní výnosové procento, doba návratnosti investice a nákladový účín investice. Investice byla zcela financována z vlastních zdrojů majitelů rodinného domu. Celkové investiční náklady byly vypočteny ve výši 566 070 Kč. V diplomové práci bylo kalkulováno s možností částečně financovat investici dotací ze státního programu Nová zelená úsporám 2015, tato dotace významně snížila investiční náklady. Výše dotace byla vypočtena na 215 460 Kč. Celkové investiční náklady díky dotaci poklesly na 350 610 Kč. Doba návratnosti byla vypočtena na 20,05 let (20 let a 18 dní). Vnitřní výnosové procento bylo vypočteno v hodnotě 3,98 %. Nákladový účín byl vypočten na 0,6058, což potvrzuje výše zmíněný pokles nákladů o 39,42%.

Bez státní dotace by celkové investiční náklady činily 566 070 Kč a doba návratnosti investice by byla 35,4 let.

Dle hlavní hypotézy měla aplikace úsporných opatření v rodinném domě umožnit snížení nákladů na provoz objektu o dvacet pět až padesát procent. Tato hypotéza byla potvrzena, protože náklady na provoz rodinného domu (vytápění a elektrická energie dodávána z veřejné sítě) klesly o 39,42 %. Dle druhé hypotézy se měla doba návratnosti investice do úsporných opatření a alternativních zdrojů energie nalézat v intervalu patnácti až dvaceti let provozu. Tato hypotéza nebyla potvrzena, protože doba návratnosti byla vypočtena na 20,05 roku (20 let a 18 dní).

Seznam použité literatury

BERANOVSKÝ, Jiří. *Alternativní energie pro váš dům*. 1. vyd. Brno: ERA, 2003, 125 s. Stavitel. ISBN 80-865-1759-4.

BUTTI, Ken a John PERLIN. *A golden thread: 2500 years of solar architecture and technology*. New York: Van Nostrand Reinhold, c1980, xi, 289 p. ISBN 0917352076.

CROME, Horst. *Technika využití energie větru: svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2002, 144 s. ISBN 80-861-6719-4.

CIHELKA, Jaromír. *Sluneční vytápěcí systémy: from principles to new concepts*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1984, 206 s. Knižnice technických aktualit. ISBN Sluneční vytápěcí.

ČSN EN ISO 13788. *Tepelně-vlhkostní chování stavebních dílců a stavebních prvků – Vnitřní povrchová teplota pro vyloučení kritické povrchové vlhkosti a kondenzace uvnitř konstrukce – Výpočtové metody*. Praha: Český normalizační institut, 2002.

ČSN 06 0210. *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994.

ČSN 73 4301. *Obytné budovy*. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN 73 0542. *Způsob stanovení energetické bilance zasklených ploch obvodového pláště budov*. Praha: Český normalizační institut, 1995.

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

DRKAL, František a Vladimír ZMRHAL. *Větrání*. 1. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013, 157 s. ISBN 978-80-01-05181-8.

EUROPEAN WIND ENERGY ASSOCIATION. *Deep Water: The next step for offshore wind energy* [online]. 2013 [cit. 2015-09-21]. ISBN 978-2-930670-04-1. Dostupné z: http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/reports/Deep_Water.pdf

FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 408 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.

KADRNOŽKA, Jaroslav. *Energie a globální oteplování: Země v proměnách při opatřování energie*. Vyd. 1. Brno: VUTIUM, 2006, 189 s. 21. století. ISBN 80-214-2919-4.

KLECZEK, Josip. *Život se Sluncem a ve vesmíru: nová věda - bioastronomie*. Vyd. 1. V Praze: Paseka, 2011, 289 s., [64] s. barev. obr. příl. Fénix (Paseka). ISBN 978-80-7432-075-0.

KUŽEL, Martin. Atlantropa: Kontinent, který jsme nepostavili. *Epocha*. Vydání 268, str. 37, RF HOBBY, 24.7.2015. ISSN 1214-9519.

MURTINGER, Karel a Jiří BERANOVSKÝ. *Energie z biomasy: svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. vyd. Brno: ERA, 2006, vi, 94 s. 21. století. ISBN 80-736-6071-7.

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

MOTLÍK, Jan. *Obnovitelné zdroje energie a možnosti jejich uplatnění v České republice: from principles to new concepts*. 1. vyd. Praha: ČEZ, 2007, 181 s. Knižnice technických aktualit. ISBN 978-80-239-8823-9

MYSLIL, Vlastimil a Jiří BERANOVSKÝ. *Geotermální energie: ekologická energie z hlubin Země - současné možnosti využívání*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2007, 32 s. Planeta (Ministerstvo životního prostředí). ISBN Geotermální energie

Ministerstvo životního prostředí. *Závazné pokyny pro žadatele a příjemce podpory z programu Nová zelená úsporám*. Nová zelená úsporám. 17.4. 2015. http://www.novazelenausporam.cz/file/431/zavazne-pokyny-pro-zadatele-rd_2_vyzva_-v-2.pdf (přístup získán 3. 6. 2015).

OCHODEK, Tadeáš, Jan KOLONIČNÝ a Pavel JANÁSEK. *Potenciál biomasy, druhy, bilance a vlastnosti paliv z biomasy: studie v rámci projektu Možnosti lokálního vytápění a*

výroby elektřiny z biomasy. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2006, 185 s. ISBN 80-248-1207-X.

PETRÁŠ, Dušan. *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.

PETRÁŠ, Dušan. *Vytápění rodinných a bytových domů*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2005, 246 s. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.

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

ROSOCHATECKÁ, Eva. *Cvičení z ekonomiky podniků*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2012, 138 s. ISBN 978-80-213-2258-5.

SCHOLLEOVÁ, Hana. *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2012, 268 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4004-1.

STEMPEL, Ulrich E. *Zateplení a rekonstrukce rodinného domu*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 157 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-4808-5.

ŠKORPÍK, Jiří. Využití energie vodního spádu, *Transformační technologie*, 2006-10, [last updated 2013-07]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/vyuziti-energie-vodniho-spadu.html>.

ŠKORPÍK, Jiří. Biomasa jako zdroj energie, *Transformační technologie*, 2006-10, [last updated 2011-08]. Brno: Jiří Škorpík, [online] pokračující zdroj, ISSN 1804-8293. Dostupné z <http://www.transformacni-technologie.cz/biomasa-jako-zdroj-energie.html>.

ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011, 351 s. ISBN 978-80-7380-345-2.

VODRÁŽKA, Zdeněk. *Biochemie pro studenty středních škol a všechny, které láká tajemství živé přírody: svépomocná stavba větrných zařízení*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998, 161 s. ISBN 80-718-3083-6.

WÜRFEL, Peter. *Physics of solar cells: from principles to new concepts*. 1st ed. Weinheim: Wiley-VCH, c2005, xii, 186 s. Fénix (Paseka). ISBN 35-274-0428-7.

Zákon č. 441/2012 Sb. o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie

Přílohy

Tabulka přílohy č. 1 Náklady na elektrickou energii z veřejné sítě 2007-2015

Náklady na elektrickou energii 2007-2015		
Období	Množství (v kWh)	Náklady (v Kč)
10.7.2007 - 05.7.2008	7966	22482
06.7.2008 - 06.7.2009	7434	24172
07.7.2009 - 16.7.2010	7491	23053
17.7.2010 - 11.7.2011	7509	24143
12.7.2011 - 13.7.2012	7533	26543
14.7.2012 - 08.7.2013	7914	29738
09.7.2013 - 10.7.2014	6239	21143
11.7.2014 - 08.7.2015	8442	28954

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka přílohy č. 2 Náklady na vytápění 2007-2015

Náklady na vytápění 2007-2015			
Roky	Náklady na palivo	Ostatní náklady	Celkové náklady
2007	11000	5000	16000
2008	11486	5075	16561
2009	11994	5151	17145
2010	12524	5228	17752
2011	13078	5307	18384
2012	13656	5386	19042
2013	14259	5467	19726
2014	14889	5549	20439
2015	15548	5632	21180

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka přílohy č. 3 Tepelné zisky okny za topné období X.-IV.

Tepelné zisky okny za topné období (X.-IV.)								
Místnosti	Ezm	Egm	Aok,p	T1	T2	T3	Cm	Cn
Koupelna	35.40	103.65	0.69	0.81	1	0.9	0.97	0.7
Obýv. P.	464.88	416.99	2.124	0.81	1	0.9	0.8	0.9
D. pokoj	464.88	416.99	2.124	0.81	1	0.9	0.8	0.9
Ložnice	147.69	211.23	1.24	0.81	1	0.9	0.91	0.85
Jídelna	367.70	416.99	1.68	0.81	1	0.9	0.8	0.9
Chodba	5.56	103.65	0.1518	0.81	1	0.9	0.97	0.5
Kuchyň	113.81	416.99	0.52	0.81	1	0.9	0.8	0.9
Celkem	1599.93							

- T1 celková propustnost slunečního záření okna
T2 znečištění zasklení
T3 činitel stínění okna

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka přílohy č. 4 Tepelné zisky osob

Tepelné zisky osob							
Objekt	QL	TO (m.)	Muži	Muži (iL)	Ženy	Ženy (iL)	Teplota
Stará č.	183.52	6.2	1	1	1	0.85	16
Nová č.	183.52	6.2	1	1	1	0.85	16

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka přílohy č. 5 Vícekriteriální analýza variant výběru zdroje tepla

Vícekriteriální analýza variant výběru zdroje tepla							
Tepelný zdroj	Název	Pořizovací cena	Provozní náklady	Výkon	Ekologie	Kombinace s OES	Výše dotace
Kotel na biomasu s ruční dodávkou paliva	Atmos DC 15 E	26600	13268	15	3	1	50000
Kotel na biomasu se samočinnou dodávkou paliva	Hercules U22 Robot	70819	18426	20	3	1	100000
Krbová kamna na biomasu s teplovodním výměníkem	Prity W17	31500	13268	16	3	0	50000
Tepelné čerpadlo vzduch-voda	BoxAir-30I-2016	183900	19000	8.65	4	1	75000
Plynový kondenzační kotel	DAKON KZ 24 C	46600	27400	24	3	1	18000
Kritérium	---	MIN	MIN	MAX	MAX	MAX	MAX

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka přílohy č. 6 Převod na maximaxová kritéria

Převod na maximaxová kritéria						
Varianta	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄	k ₅	k ₆
v ₁	157300	14132	15	3	1	50000
v ₂	113081	8974	20	3	1	100000
v ₃	152400	14132	16	3	0	50000
v ₄	0	8400	8.65	4	1	75000
v ₅	137300	0	24	3	1	18000

Zdroj: Vlastní zpracování