

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Diplomová práce

Alternativní energetická koncepce rodinného domu

Lukáš Votrubec

© 2014 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra ekonomiky

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Votrubec Lukáš

Podnikání a administrativa

Název práce

Alternativní energetická koncepce rodinného domu

Anglický název

Alternative energy concept for family house

Cíle práce

Hlavním cílem diplomové práce je vytvořit energetickou koncepci rodinného domu s následným vyhodnocením ekonomické efektivity předmětné investice do obnovitelných zdrojů energie.

Hlavního cíle bude dosaženo podle dílčích cílů:

- zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých druhů obnovitelných zdrojů energie
- stanovit tepelné ztráty budovy v závislosti na technickém řešení konstrukce domu
- navrhnout způsob řešení energetické koncepce domu
- posouzení ekonomické efektivity investice

Metodika

Hlavní cíl bude v teoretické části naplňován pomocí studia odborné literatury v oblasti obnovitelných zdrojů energie s cílem představit možnosti využití navrhovaných řešení.

V praktické části je bude následně definován objekt včetně příslušné geografické lokality. Dále budou s využitím technologických znalostí a adekvátních metodologických nástrojů stanoveny tepelné ztráty objektu a zjištěny fyzikální vlastnosti objektu. Na základě uvedených údajů poté bude navrženo optimalizované řešení jednotlivých energetických koncepcí pro zvolený objekt.

Použité metody:

- metody technologického zabezpečení budov
- kalkulace nákladů
- analýza efektivity
- metody hodnocení investic

Harmonogram zpracování

- Úvod 05/13
- Cíl 05/13
- Metodika 05/13
- Literární rešerše 09/13
- Výsledky 12/13
- Závěry 03/14.

Rozsah textové části

50 - 60 str.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje, vytápění objektu, biomasa, fotovoltaický systém, energie země, využití, náklady, návratnost

Doporučené zdroje informací


1. BROŽ, K., ŠOUREK, B.: Alternativní zdroje energie, Vydavatelství ČVUT v Praze, 2003. ISBN 80-01-02802-X.
2. BÁČOVÁ, M., BÁRTA, J., BROTÁNEK, A., CIHLÁŘ, J.: Manuál energeticky úsporné architektury, Vydavatel: Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-904577-1-3.
3. HOLTZ, T.: Topíme dřevěnými peletami, Grada, 2007, ISBN 978-80-247-1634-3.
4. PETRÁŠ, D. a kolektiv: Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie, Jaga, Bratislava 2008.
5. BUFKA, A.: Obnovitelné zdroje energie v roce 2006, Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2007. 33 stran.
6. KARLÍK, R.: Tepelné čerpadlo pro váš dům, Grada Publishing, a. s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.

Vedoucí práce


Malý Michal, Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

březen 2014


prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.
Vedoucí katedry




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

V Praze dne 17.9.2013

Čestné prohlášení

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

V Praze dne 28.3.2014

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu Ing. Michalovi Malému, Ph.D. za odborné vedení při psaní diplomové práce.

Alternativní energetická koncepce rodinného domu

Alternative energy concept for family house

Souhrn

Diplomová práce s názvem „Alternativní energetická koncepce rodinného domu“ se zabývá problematikou vytápění. Nejméně polovinu svého života trávíme v domech. V důsledku liberalizace cen paliv a energie se stalo vytápění významnou položkou v rozpočtech domácností. V Teoretické části má práce charakterizovat jednotlivé způsoby alternativních zdrojů pro vytápění a ohřev teplé vody, zhodnotit jejich výhody a nevýhody a poukázat na současné trendy v této oblasti.

V praktické části byl vybrán konkrétní rodinný dům, který byl zhodnocen z hlediska své konstrukce, tepelně-technických vlastností a energetické náročnosti. Na základě těchto informací byla navržena alternativní řešení energetické koncepce a vyhodnocena ekonomická návratnost investičních variant. Výsledky ukázaly, že nejvýhodnější navrženou obnovitelnou variantou je kombinace kotle na pelety s ohřevem teplé vody pomocí solárního kolektoru.

Summary

The thesis „Alternative energy concept for family house“ deals with heating. At least half of our life we spend in the houses. As a result of the liberalization of fuel prices and energy the heating has become an important item in the household budgets. In the theoretical part of my thesis has characterized the various ways of alternative sources for heating and hot water, evaluate their advantages and disadvantages and point out the current trends in this area.

In the practical part was chosen a concrete house, which was evaluated in terms of their structure, thermal properties and energy consumption. Based on this information, it was proposed alternative energy concepts and evaluated the economic return on investment alternatives.

Klíčová slova: Obnovitelné zdroje, rodinný dům, biomasa, fotovoltaické panely, tepelná čerpadla, návratnost investic.

Keywords: Renewable resources, the family house, biomass, photovoltaic panels, heat pumps, return of investments.

OBSAH

Úvod	9
1. Cíl práce.....	11
2. Metodika	12
2.1. Použité metody.....	12
2.2. Kalkulace nákladů	20
2.2.1. Ekonomické hodnocení investic	20
3. Teoretická část	25
3.1. Obnovitelné zdroje energie.....	25
3.2. Sluneční energie.....	26
3.2.1. Fotovoltaické panely.....	28
3.2.2. Solární termické kolektory.....	30
3.3. Energie biomasy	31
3.4. Energie půdy.....	33
3.4.1. Tepelná čerpadla typu Země.....	35
3.4.2. Tepelná čerpadla typu Voda	36
3.4.3. Tepelná čerpadla typu Vzduch	37
3.5. Energie větru.....	38
3.6. Energie vody	40
3.6.1. Geotermální energie.....	43
3.7. Podpora obnovitelných zdrojů Nová zelená úsporám	43
3.7.1. Nová zelená úsporám 2013	43
3.7.2. Nová zelená úsporám 2014	44
4. Praktická část.....	46
4.1. Lokalita objektu	46
4.1.1. Půdorys 1.NP	46
4.1.2. Půdorys 2.NP	47
4.2. Stanovení energetických vlastností objektu	48
4.2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla.....	49
4.2.2. Výpočet tepelných ztrát	49
4.2.3. Tepelná ztráta větráním	51
4.2.4. Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru	52
4.2.5. Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody.....	53
4.3. Návrh otopné soustavy.....	54
4.4. Volba otopných těles.....	55
4.5. Výchozí situace vytápění domu.....	57
4.6. Varianta vytápění pomocí kotle na pelety v kombinaci se solárními kolektory	58
4.6.1. Technické údaje o vybraném kotli ATMOS.....	60
4.6.2. Solární soustava	62
4.6.3. Technické údaje o solární sestavě a kalkulace.....	63

4.6.4.	Návratnost Investice kotle a solární soustavy	64
4.7.	<i>Vytápění pomocí tepelného čerpadla země – voda</i>	67
4.7.1.	Technické údaje o čerpadlu a kalkulace	68
4.7.2.	Návratnost Investice	70
4.8.	<i>Vytápění pomocí kondenzačního kotle</i>	72
4.8.1.	Technické údaje a kalkulace	73
4.8.2.	Návratnost Investice do kondenzačního kotle	75
4.9.	<i>Čistá současná hodnota (NPV)</i>	76
4.9.1.	Kotel na pelety se solárním kolektorem	76
4.9.2.	Tepelné čerpadlo země – voda	77
4.9.3.	Kondenzační plynový kotel	78
4.9.4.	Porovnání výsledků	79
4.10.	<i>Porovnání ekonomické výhodnosti jednotlivých variant</i>	80
5.	Závěr	84
6.	Seznam použitých zdrojů	87
7.	Seznam tabulek, grafů a obrázků	91
8.	Přílohy	1

Úvod

Při projektování rodinných domů se klade stále větší důraz na úsporu energií a tím i peněz. Použití moderních technologií pro realizování úsporných opatření existuje celá řada. Zvolit jejich správnou kombinaci tak, aby každé z nich opravdu plnilo svůj účel v závislosti na specifických podmínkách, je nesnadný úkol.

Alternativami za běžně využívané zdroje energie jsou především solární kolektory, tepelná čerpadla a kotle na biomasu. S vytápěním pomocí solárních kolektorů nelze v našich klimatických podmínkách, z důvodu malého počtu slunečných dnů v zimním období, příliš počítat. Jako pomocný tepelný zdroj použitý na ohřev teplé užitkové vody však mohou ušetřit hodně energie, zejména v letním období. Při realizaci je důležité správné umístění kolektoru a flexibilita nastavení jeho polohy v závislosti na ročním období tak, aby paprsky na kolektor dopadaly pokud možno kolmo.

Pro většinu způsobů vytápění je k dosažení úspor potřebný systém regulace s automatickým čidlem, který samočinně vypíná a zapíná topení, jakmile se vzduch v místnosti vzdálí od nastavené teploty nebo reaguje podle venkovní teploty. Tepelné čerpadlo je, i pro starší dům, považováno za dobře využitelný zdroj alternativní energie. Důležitou podmínkou je, aby bylo čerpadlo vhodně určené a dimenzované. Může využívat tepelnou energii akumulovanou v zemině, podzemní vodě nebo ve venkovním vzduchu. Pomocí této přeměněné energie lze vytápět dům, ohřívat teplou vodu a v létě místnosti i ochlazovat. Vysoká pořizovací cena tepelných čerpadel je rentabilní u zateplených domů s nízkými ztrátami tepla.

Vytápěním obnovitelnými zdroji energie nevzniká tolik škodlivin jako u konvenčních způsobů vytápění. Dřevěné peletky mají velmi dobrou výhřevnost a při spalování neznečišťují ovzduší zdaleka tolik, jako uhlí nebo koks. Konvenční způsob vytápění teplovzdušným krbem prohřívá danou místnost rovnoměrně. Chladný vzduch je nasáván průduchy u podlahy a poté jej ohřátý vydechují horní otvory, které vytvářejí přirozenou cirkulaci vzduchu. Pomocí teplovzdušných rozvodů je možné přivádět teplo i do dalších místností a jedná se tedy o vhodný a úsporný doplňující zdroj tepla.

Spalováním fytopaliv, která pohlcují oxid uhličitý, se absorbovaný CO_2 opět vypustí do ovzduší a uzavře tím koloběh uhlíku. Rozšiřující se pěstování energetických

plodin může v budoucnu snižovat jejich cenu. Navíc zvyšující se produkce na venkově vytváří nová pracovní místa. V České republice dochází každoročně k přírůstkům množství dřeva. Dostatek lesních porostů by měl přispívat k uspokojení zvyšující se poptávky po biomase.

Výhodou těchto zdrojů je fakt, že jsou nevyčerpatelné. Strategickým zájmem je jejich rozšiřování. K dosažení těchto zájmů je zapotřebí vytvoření vhodných podmínek. Evropská unie se zavázala k zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů k celkové produkci energie na 20 % v roce 2020. Jednotlivé členské země mají různé cíle v závislosti na svých konkrétních podmínkách. Problémem se stal způsob, jakým toho jednotlivé státy chtějí dosáhnout. Česká republika má za cíl zvýšit svůj podíl na 13 %. Důsledkem chyb politiků se v roce 2009 vytvořily zákony s neúměrně vysokými podporami pro fotovoltaické elektrárny. Z těchto důvodů senátoři rozhodli, že podpora pro většinu nových obnovitelných zdrojů energie bude, od uvedení do provozu po 1.1.2014, v České republice zastavena. Vygradovaná situace poškozuje, z hlediska efektivnosti, přínosné zdroje jako komunální bioplynové stanice, vodní elektrárny, atd. Vysoké náklady na obnovitelné zdroje energie, které nyní přesahují 44 miliard korun, se zrušením podpory nových zdrojů nesníží.

1. Cíl práce

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout energetickou koncepci rodinného domu a následně provést ekonomické hodnocení navržených systémů včetně dílčích ukazatelů návratnosti investic do obnovitelných zdrojů energie.

Hlavního cíle bude dosaženo podle dílčích cílů:

Dílčí cíl č. 1

- Zhodnocení hlavních výhod vybraných druhů obnovitelných zdrojů energie.

Dílčí cíl č. 2

- Provést rozbor technického řešení domu a na základě dosažených parametrů posoudit energetickou náročnost daného objektu.

Dílčí cíl č. 3

- Navrhnout alternativní způsoby řešení koncepce vytápění a ohřevu teplé vody.

Dílčí cíl č. 4

- Porovnat jednotlivé vybrané varianty řešení vytápění a ohřevu teplé vody.

Dílčí cíl č. 5

- Posoudit ekonomickou náročnost navržených způsobů a na základě výsledků následně výběr optimálního řešení pro daný objekt.

Aplikací alternativních způsobů získávání energie lze podpořit životní prostředí. V této práci bych chtěl ověřit technologie, které by měly přispívat ke snížení energetické zátěže budov s ohledem na ekonomickou návratnost vybraných řešení. Stanovení ekonomické návratnosti je hlavním kritériem pro rozhodování jakýchkoliv investorů.

2. Metodika

Pro teoretickou část práce je potřeba prostudovat odborné články, literaturu a internetové zdroje obsahující témata týkající se obnovitelných zdrojů energie s cílem představit možnosti využití navrhovaných řešení. V praktické části je nutné určit objekt a popsat danou lokalitu. Pomocí výpočtů stanovit tepelné ztráty objektu a zjistit tepelně izolační vlastnosti objektu. Na základě těchto údajů poté navrhnout řešení jednotlivých energetických koncepcí pro zvolený objekt.

Z nabízeného množství jednotlivých způsobů řešení energetické koncepce vytápění domu byly vybrány tři nejvhodnější varianty, které jsou podle mého názoru nejvhodnější pro rodinný dům. U každého vybraného zdroje je potřeba vzít v potaz jeho výhody a nevýhody.

2.1. Použité metody

– Zhodnocení zjištěných dat

V teoretické části je po prostudování odborných článků, literatury a internetových zdrojů zpracováno množství informací k variantám obnovitelných řešení vytápění domu. Konstatování jednotlivých výhod a nevýhod je zpracované pro objektivní zjištění skutečnosti.

– Určení objektu

Základní informace o lokalitě, kde se objekt nachází, byly určující pro výchozí zjištění tepelně-technických vlastností konstrukce domu. Podle lokality byla určena vnější výpočtová teplota. Objekt se nachází v Praze. Podle normy ČSN 12831 byla v tabulce (viz. Příloha č. 1) stanovena pro otopné období v lokalitě Praha teplota $\vartheta_{hp,e} = -12^{\circ}\text{C}$ (ČNI, 2005 str. 69). Tato teplota se používá pro výpočet návrhových tepelných ztrát do vnějšího prostředí.

Pro výpočet návrhových tepelných ztrát pro vnitřní teplotu se použijí informace o výpočtové vnitřní teplotě z národní přílohy tabulky (viz. Příloha č. 2) ČSN EN 12831:

- pro WC a technické místnosti $\theta_i=15^{\circ}\text{C}$
- pro obytné místnost $\theta_i=20^{\circ}\text{C}$
- pro koupelny - $\theta_i=24^{\circ}\text{C}$ (ČNI, 2005 str. 70)

Orientace a umístění objektu v okolním terénu může způsobit značné odchylky v jeho výsledné tepelné ztrátě. Tento rozdíl způsobený povětrnostními vlivy v závislosti na ochraně okolním terénem může znamenat až třetinový nárůst, např. v nepříznivém terénu, na návětrné straně návrší. Naopak vhodná orientace objektu na jih může přinést při slunných dnech nemalé tepelné zisky (POČINKOVÁ, 2011 str. 24).

– Součinitel prostupu tepla

Součinitel definuje vlastnosti stavebních konstrukcí a celkovou výměnu tepla. Je závislý na vlastnostech materiálů a velikosti odporu při přestupu tepla skrz konstrukce objektů. Vychází z normy ČSN EN ISO 6946.

$$\text{Odpor obvodové konstrukce: } R = \frac{d}{\lambda} \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]} \quad (1.1)$$

d - tloušťka materiálu [m]

λ - součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]

$$\text{součinitel prostupu tepla: } U = \frac{1}{R} \text{ [W/m}^2 \cdot \text{K]} \quad (1.2)$$

Součinitel prostupu tepla je v podstatě převrácenou veličinou odporu obvodové konstrukce při přestupu tepla z jednotlivých konstrukčních vrstev, které jsou definované tloušťkou a tepelnou vodivostí (ČESKÝ NORMOVÝ INSTITUT, 2008).

– Výpočet tepelných ztrát objektu

Pro výpočet tepelných ztrát vytápěného objektu je potřeba zohlednit tepelné ztráty prostupem tepla přes ohraničující konstrukce, dále pak prostup tepla vzhledem k sousedícím prostorům vytápěných na rozdílnou teplotu. Tepelná ztráta větráním představuje další únik tepla uvnitř budovy z jednoho vytápěného prostoru do druhého nebo ven do okolí přes obalové konstrukce. Tepelné ztráty byly vypočítány dle platné normy ČSN EN 128131. Součástí normy jsou údaje na obecné úrovni a specifické údaje uvedené v národní příloze. Umožňuje při výpočtu zvolit vnitřní, vnější, nebo celkové vnitřní rozměry (ČNI, 2005).

1) Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru (i) se vypočítá podle vzorce:

$$\phi_i = \phi_{T,i} + \phi_{V,i} \quad [\text{W}] \quad (1.3)$$

Kde $\phi_{T,i}$ je projektovaná tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru (W),

$\phi_{V,i}$ je projektovaná tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru (W).

(PETRÁŠ, 2005 str. 53)

Celková tepelná ztráta prostoru ϕ_i se získá sečtením tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru $\phi_{V,i}$ a tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru $\phi_{T,i}$. Tyto dvě veličiny vypočítáme pomocí následujících vzorců:

2) Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ se vypočítá dále podle vzorce:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\vartheta_{\text{int},i} - \vartheta_e) \quad [\text{W}] \quad (1.4)$$

Kde $H_{T,ie}$ je měrná tepelná ztráta prostupem,

$H_{T,iue}$ je měrná ztráta prostupem z vnitřního do vnějšího prostředí přes nevytápěný prostor,

$H_{T,ig}$ - měrná ztráta prostupem z vnitřního prostředí do přilehlé zeminy za ustáleného stavu,

$H_{T,ij}$ - měrná ztráta prostupem mezi vnitřními prostory s vysokým rozdílem teplot. Tento druh ztráty se v posuzovaném objektu nevyskytuje,

$\vartheta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru,

ϑ_e je venkovní oblastní výpočtová teplota (BAŠTA, 2005 str. 8)

Jednotlivé veličiny potřebné k výpočtu návrhové tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$ se vypočítají pomocí následujících vzorců:

- Tepelná ztráta prostupem $H_{T,ie}$ je měrná ztráta prostupem z vnitřního do vnějšího prostředí přes obalové konstrukce. Vypočítá se:

$$H_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_{kc} \cdot e_k \quad [\text{W/K}] \quad (1.5)$$

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad [\text{W/m}^2 \cdot \text{K}] \quad (1.6)$$

A_k - plocha stěny $[\text{m}^2]$,

e_k - korekční činitel vystavení povětrnostním vlivům,

U_{kc} - korigovaný součinitel prostupu tepla konstrukcí,

ΔU_{tb} - korekční součinitel lineárních tepelných mostů (POČINKOVÁ, 2011).

- $H_{T,iue}$ – je měrná ztráta prostupem z vnitřního do vnějšího prostředí přes nevytápěný prostor. Vypočítá se:

$$H_{T,iue} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot b_u \quad [\text{W/K}] \quad (1.7)$$

A_k - plocha stěny $[\text{m}^2]$,

U_{kc} - korigovaný součinitel prostupu tepla konstrukcí,

b_u - teplotní korekční činitel. (PETRÁŠ, 2005 str. 54)

- $H_{T,ig}$ - měrná ztráta prostupem z vnitřního prostředí do přilehlé zeminy za ustáleného stavu. Vypočítá se:

$$H_{T,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \left(\sum_k A_k \cdot U_{equiv,k} \right) \cdot G_w \text{ [W/K]} \quad (1.8)$$

f_{g1}, f_{g2} - korekční činitel ročních změn venkovní teploty

$U_{equiv,k}$ - ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukcí

G_w - korekční součinitel zohledňující spodní vody. (POČINKOVÁ, 2011 str.

26)

Pro korekční součinitel f_{gl} se použije základní veličina uvedená v příloze D. 4. 3 normy ČSN EN 12831 (ČNI, 2005).

- $H_{T,ij}$ - měrná ztráta prostupem mezi vnitřními prostory s vysokým rozdílem teplot. Tento druh ztráty se v posuzovaném objektu nevyskytuje.

Uvedenými postupy se, po vypočítání jednotlivých hodnot dílčích ztrát různých prostupů, získá tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru $\Phi_{T,i}$.

3) Návrhová tepelná ztráta větráním $\Phi_{V,i}$ se pro vytápěný prostor vypočítá podle vzorce:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\vartheta_{int,i} - \vartheta_e) \text{ [W]} \quad (1.9)$$

Kde $H_{V,i}$ je měrná tepelná ztráta větráním,

$\vartheta_{int,i}$ je vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru,

ϑ_e je venkovní oblastní výpočtová teplota. (PETRÁŠ, 2005 str. 53)

Měrná tepelná ztráta větráním $H_{V,i}$ závisí na objemovém toku vzduchu ze vzorce 1.10. Jednotlivé veličiny potřebné k výpočtu návrhové tepelné ztráty větráním $\phi_{V,i}$ se vypočítají pomocí následujících vzorců:

a) *součinitel návrhové tep.ztráty větráním se vypočítá podle vzorce:*

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \text{ [W/K]} \quad (1.10)$$

Kde ρ je hustota vzduchu při teplotě $\vartheta_{\text{int},i}$ (kg / m³),

c_p je měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě $\vartheta_{\text{int},i}$ (kJ / kg . K),

\dot{V}_i je objemový průtok větracího vzduchu (m³/hod).

Po uvážení konstant se rovnice zjednoduší na:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \text{ [W/K]} \quad (1.11)$$

Výpočtový postup pro určení odpovídajícího objemového průtoku vzduchu \dot{V}_i závisí na posuzovaném případě, tj. na tom, jestli má budova systém nuceného větrání. Není-li v budově systém nuceného větrání (přirozené větrání), předpokládá se, že přiváděný vzduch má teplotní charakteristiku venkovního vzduchu. Proto je tepelná ztráta úměrná rozdílu mezi vnitřní výpočtovou teplotou a venkovní oblastní výpočtovou teplotou (BAŠTA, 2005 str. 9)

b) *výměna vzduchu ve vytápěném prostoru se vypočítá podle vzorce:*

$$\dot{V}_i = \max(\dot{V}_{\text{inf},i}, \dot{V}_{\text{min},i}) \text{ [m}^3\text{/hod.]} \quad (1.12)$$

Kde $\dot{V}_{\text{inf},i}$ je objemový průtok vzduchu infilrací,

$\dot{V}_{\text{min},i}$ je minimální objemový průtok vzduchu potřebný z hygienických důvodů

U přirozeného větrání je uvažován předpoklad, že vzduch má tepelné vlastnosti venkovního vzduchu. Pro výpočet je možné použít základní hodnoty od stavebních konstrukcí uvedených v ČSN EN 12831 (ČNI, 2005).

c) *Hygienické množství vzduchu $\dot{V}_{\min,i}$ se vypočítá podle vzorce:*

$$\dot{V}_{\min,i} = n_{\min} \cdot V_i \text{ [m}^3\text{/hod.]} \quad (1.13)$$

Kde $\dot{V}_{\min,i}$ je minimální objemový průtok vzduchu potřebný z hygienických důvodů.

d) *Infiltrace obvodovým pláštěm budovy $\dot{V}_{\inf,i}$ se vypočítá podle vzorce:*

$$\dot{V}_{\inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \text{ [m}^3\text{/hod.]} \quad (1.14)$$

Kde $\dot{V}_{\inf,i}$ je objemový průtok vzduchu infiltrace (POČINKOVÁ, 2011 str. 26)

Množství přiváděného vzduchu do vytápěných místností je obvykle stanoveno v projektu. Uvedenými postupy se, po vypočítání jednotlivých hodnot tepelných ztrát větráním spolu s vnitřními a vnějšími výpočtovými teplotami, získá tepelná ztráta větráním $\phi_{V,i}$.

– Výpočet potřeby tepla na vytápění

Pro výpočet potřeby tepla na vytápění bude použito denostupňové metody. Denostupňová metoda slouží pro návrh, vyhodnocování, porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Základními informacemi je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat.

Pro výpočet bude použito následujícího vzorce:

$$Q_d = 24 \cdot 3600 \cdot \Phi_i \cdot \frac{d \cdot (t_{is} - t_{es})}{(t_{is} - t_e)} \cdot e_t \cdot e_d \cdot \varepsilon \quad [1.15]$$

d - počet dní v otopném období

t_{is} - střední výpočtová teplota

$$t_{is} = \frac{\sum t_i \cdot V_i}{V_i} [^{\circ}\text{C}] \quad [1.16]$$

e_d - opravný součinitel na snížení teploty

e_t - opravný součinitel na nesoučasnost přírážek infiltrací a prostupem (BAŠTA, 2005 str. 13)

Nedostatkem denostupňové metody je ovlivnění nadměrným větráním. Výhody metody jsou v tom, že není citlivá na hydraulický stav otopného systému.

Pro výpočet měrné potřeby tepla EA na vytápění je používán vzorec:

$$EA = \frac{\sum Q_d}{A_{gross}} [\text{kWh/m}^2] \quad [1.17]$$

Q_d – roční potřeba tepla na vytápění

A_{gross} – celková plocha vytápěného prostoru¹

Výpočet potřeby tepla na vytápění nezahrnuje účinnost otopné soustavy a zdroje tepla. Odráží pouze tepelně-technické vlastnosti budov. Získá se o množství tepla za rok, vztažené na jeden m^2 otápené plochy budovy. Díky tomu lze srovnávat tepelnou náročnost rozdílně velkých budov (HUDCOVÁ, 2009 str. 5).

¹ ¹ *Měrná potřeba tepla na vytápění* [Online]. 2013 [Citace: 2013-09-09.]. Dostupné na WWW: <<http://www.nazeleno.cz/merna-potreba-tepla-na-vytapeni.dic>>

2.2. Kalkulace nákladů

Výpočet množství nákladů je nezbytné např. pro zajištění produkce. Při kalkulaci nákladů je nejprve nutné stanovit struktury nákladů a poté vypočítat náklady na zvolené měrné jednotky. Při vyčíslování nákladů je důležité časové hledisko. Podle Krčové se kalkulací ve smyslu početního postupu rozumí vyčíslení jednotlivých složek nákladové ceny nebo nákladů na kalkulační jednici (KRČOVÁ, 2007 str. 57). V této práci bude kalkulováno s náklady před započítáním výkonu případné rekonstrukce vytápění budovy. Jedná se tedy o kalkulaci předběžnou. Slouží k posouzení rentability nakupovaného zboží a pořizovacích nákladů.

Náklady se obvykle skládají z fixní a variabilní části. Fixní část tvoří náklady, bez nichž nejsou investice proveditelné (např. nákup kotle, cena projektu, pronájem lešení). Variabilní náklady jsou závislé na kvalitě použitých materiálů, životnosti, atd. Výši budoucích úspor můžou znehodnotit politická rozhodnutí a případný růst cen energií. Tyto důvody jsou brány jako největší nevýhody, které můžou ovlivňovat návratnost investice. Od investice se očekává, že nám zhodnotí vložené peníze s určitým ziskem a rizikem.

2.2.1. Ekonomické hodnocení investic

Investování je činnost, kterou můžeme charakterizovat jako vynakládání zdrojů za účelem získání nějakého užitku, který je očekávaný v budoucím časovém období. Podle Synka (2010) jsou rozhodující kritéria pro posouzení investic:

- Výnosnost – vztah mezi výnosy a náklady na investici
- Rizikovost – stupeň nebezpečí, že nebude dosaženo očekávaných výnosů
- Doba splacení – doba přeměny investice zpět do peněžní formy. (SYNEK, 2010 str. 252)

Metody hodnocení efektivnosti investic jsou podle Synka (2010) rozděleny na metody statické a dynamické:

- Metody statické – vyznačují se tím, že neberou v úvahu faktor času. Trpí tím tak jejich vypovídací schopnost. V praxi jsou ale pro svoji jednoduchost často hojně používané metody průměrné míry návratnosti u investic s krátkou dobou životnosti, např. koupě fixního majetku. Z důvodu faktoru času nejsou tyto metody využitelné pro zjištění návratnosti dlouhodobých investic do energetické koncepce vytápění budov. Mezi statické metody patří:

- Doba návratnosti (Payback) využívá k výpočtu toky peněz vyjádřených v letech. Kladem této metody je schopnost objasnit, za jak dlouho se vrátí investovaná částka do projektu.

Prostá doba návratnosti se vypočítá pomocí vzorce:

$$T_s = \frac{IN}{CF} \quad (1.18)$$

Kde jsou: IN – investiční náklady na realizaci úspor

CF – roční Cash – Flow projektu (VALACH, 1999 str. 18)

Tento základní parametr slouží k rychlému rozhodnutí, zdali je realizované opatření rentabilní. Je-li doba návratnosti delší než životnost investice, vložené prostředky se nevrátí. Investici je třeba vyhodnotit podrobněji, promítnout do ní např. způsob financování a inflaci.

- Diskontovaná doba návratnosti je založena na diskontovaném peněžním toku. Důležitým výsledkem ekonomického hodnocení je tok hotovosti (Cash flow). Každý rok může být jiný. Záleží také na konkrétních klimatických podmínkách, které mohou dočasně ovlivnit rentabilitu úsporných opatření. Pro podrobnější hodnocení je třeba znát diskont, neboli cenu peněz (VALACH, 1999 str. 19).

Diskont ovlivňuje ekonomiku investice zásadním způsobem. Vyjadřuje, jakou cenu pro nás mají naše vlastní peníze, a co budeme postrádat tím, že peníze vložíme do určité investice. Skutečná (diskontovaná) doba návratnosti zohledňuje cenu peněz

v průběhu let. Je delší než prostá návratnost a pokud je delší než životnost opatření, nemá smysl ho vykonávat. Diskontovaný peněžní tok lze spočítat dle vzorce:

$$DCF = \frac{CF}{(1+r)^t} \quad (1.19)$$

Kde jsou: r – *diskont*

DCF – *Diskontovaný tok hotovosti (Kč)*

t – *rok, ke kterému se DCF počítá (VALACH, 1999 str. 19).*

Hlavními důvody, proč se tato metoda stále uplatňuje, je její jednoduchost. Naopak nezohledňuje finanční toky, které z investice mohou plynout po dosažení doby návratnosti.

- Metody dynamické – berou podle Vebera v potaz faktor času, tedy vývoj projektu v určitém období a změnu ceny nominální hodnoty peněz. Mají tedy vyšší vypovídací hodnotu, jsou ale složitější na výpočet a dostupnost vstupních údajů (VEBER, 2002 str. 67). Důležitým faktorem je délka životnosti investice, která bude u jednotlivých variant řešení rozdílná. Aby bylo možné porovnat rentabilitu jednotlivých variant, bude brán dílčí údaj nejkratší životnosti jako základ pro všechny varianty. K hodnocení efektivnosti se používají tyto metody:

- Ukazatele čisté současné hodnoty (NPV) a vnitřního výnosového procenta (IRR) vedou k objektivnějším výsledkům, neboť zohledňují proměnlivou hodnotu peněz v čase. Tyto metody patří k jednomu z nejčastěji využívaných nástrojů pro hodnocení a výběr investic (SYNEK, 2010 str. 265).

- Čistá současná hodnota zohledňuje peněžní toky, které nám daná investice přinese. Klíčovou položkou pro určení výnosnosti je zohlednění doby životnosti projektu. Vypočítá se podle Vebera (2002) vzorcem:

$$NPV = \sum_0^t \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (1.20)$$

Kde: CF – vyjadřuje peněžní toky v jednotlivých n . letech (kč)

t – doba životnosti projektu (n let)

r – diskontovaná míra (%) (VEBER, 2002 str. 69)

Čistá současná hodnota (NPV) nezohledňuje přínosy, které může úspěšné opatření přinést např. pro životní prostředí. Čím je výsledná hodnota vyšší, tím je investice výnosnější a naopak. Pokud mají projekty rozdílné doby životnosti, sjednotí se pro porovnání doba životnosti prostřednictvím nejmenšího společného násobku (VEBER, 2002 str. 69). Při výpočtu vyjadřuje, jaký je současný ekvivalent budoucího objemu peněz tak, že ho dělí cenou kapitálu. Cenou kapitálu je úroková míra, na kterou by mohly být uloženy peníze do banky na sledované období projektu.

○ Vnitřní výnosové procento (IRR) není tak univerzální. Nachází se zde omezení v podobě změny peněžních toků po celou dobu projektu pouze jednou. Důležitý je opět správný odhad hodnocené investice. Pro výpočet IRR je nutné oddělit období počátečních investic, kdy jsou peněžní toky záporné a období, ve kterém jsou peněžní toky kladné. Vzorec pro výpočet se odvíjí z rozšířeného vzorce pro NPV:

$$NPV = \sum_0^t DCF = \sum_0^t \frac{CF}{(1+r)^t} = 0 \text{ tak } IRR = r \quad (1.21)$$

Kde: IRR – je internal rate of return

CF_t – je součet peněžních toků v určitém časovém období

t – doba životnosti projektu (n let)

r – diskontovaná míra (%) (SYNEK, 2010 str. 263)

Minimální hodnota pro IRR je shodná s váženými průměrnými náklady na kapitál WACC. Nejlepší investice je ta, u které je hodnota NPV a IRR nejvyšší.

Výsledek obou hodnot může stát při porovnávání investičních variant proti sobě ($NPV_A > NPV_B$ a zároveň $IRR_A < IRR_B$). V této situaci je projekt A výhodnější na množství získaných peněz a projekt B peníze lépe zhodnotí. V porovnání s projektem A jich ale nepřinese tolik (VEBER, 2002). Podle Synka je dobré tyto metody při hodnocení investic kombinovat a jejich výsledky porovnávat (SYNEK, 2010 str. 264).

3. Teoretická část

3.1. Obnovitelné zdroje energie

“Obnovitelnými zdroji se rozumějí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou větrná energie, sluneční energie, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu a energie biomasy” (PETRÁŠ, 2005 str. 196).

Větrná energie je v České republice na počátku rozvoje. Masivní rozvoj této energetiky není příliš vhodný z hlediska meteorologických a geografických podmínek. Potenciál zdroje větrné energie je v Krušných horách, kde panují podmínky vhodné pro dobrou návratnost investice. Problémem je, že se tato oblast nachází v chráněné krajinné oblasti s výskytem endemických druhů živočichů.

Fotovoltaické elektrárny zaznamenaly mohutný rozvoj díky významným státním dotacím. V roce 2012 vyrobily 2 118 GWh elektřiny, což bylo v celostátním měřítku přibližně 2,4 % celkové hrubé výroby elektřiny². I přes původně výhodně nastavené podmínky zvyšující návratnost investice do sluneční energie, je její výroba stále drahá. Nutnost podpořit a dotovat výrobu energie z fotovoltaických elektráren přinesla zátěž v podobě růstu nákladů při její výrobě a přenesení finanční odpovědnosti na koncové uživatele.

Kapacita vodních toků v ČR je téměř vyčerpána. Z těchto důvodů je nepravděpodobné zvýšení výkonů elektřiny z vodních zdrojů. V roce 2012 vyrobily vodní elektrárny 2 822 GWh elektřiny, z toho přečerpáváním 697 GWh³. Vodní díla se používají jako doplňkový zdroj výroby elektřiny. Využívají se zejména v situacích potřeby vyrovnaní okamžité energetické bilance v elektrizační soustavě, regulaci vodních toků a napomáhání vodní dopravě, k ochraně proti povodním, k rekreačním účelům apod.

Získávání energie z biomasy je na vzestupné tendenci. Podíl na růstu má také využití bioplynu a skládkového plynu. Tradiční způsob pomocí spalování se využívá

² *Sluneční elektrárny* [Online]. 2012 [Citace: 2013-09-13.]. Dostupné na WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>>

³ *Vodní elektrárny, geotermální energie* [Online]. 2012 [Citace: 2013-09-13.]. Dostupné na WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm>>

především ve formě tuhých paliv. Svůj původ mají buď jako odpad např. ze zpracování dřeva nebo v cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevinách. Při dokonalém spalování se do atmosféry uvolňuje oxid uhličitý, který rostliny akumulovaly v době růstu, a které by se uvolnilo přirozeným rozkladem v přírodě. Biomasa je z těchto důvodů označována jako neutrální palivo, z hlediska emisí CO₂, nepřispívající ke skleníkovému jevu (MURTINGER, 2011 str. 8).

Obnovitelné zdroje energie v České republice vyrobily v roce 2012 dohromady 6723 GWh elektřiny a do ovzduší tak uniklo o 8 milionů tun CO₂ méně (ČSVE, 2013). V hrubých číslech se výroba elektřiny z obnovitelných zdrojů v roce 2012 podílela na celkové tuzemské výrobě 9,2 %⁴.

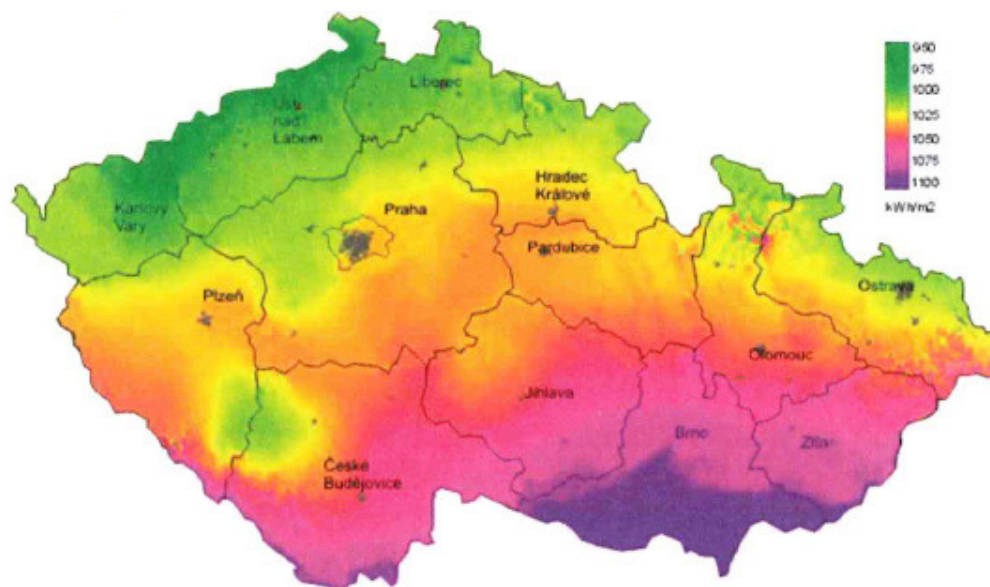
3.2. Sluneční energie

Sluneční záření lze využít dvěma základními způsoby. Teplo lze získávat pomocí solárních termických kolektorů nebo elektřina z fotovoltaických panelů. Ohřev vody fotovoltaikou je možný, cena za ohřev je ale dražší než u klasických kolektorů.

Dávka slunečního ozáření, tedy dopadá sluneční energie za určitý časový úsek, je závislá na sklonu a azimutu plochy zemského povrchu (např. při jižní orientaci, jihozápadní orientaci). V zimním období jsou nižší hodnoty způsobeny kratší dobou slunečního svitu a zvýšenou oblačností. Roční úhrn sluneční energie dopadlé na optimálně orientované plochy se v České republice pohybuje od 1000 do 1200 kWh/(m² rok) (MATUŠKA, 2010 str. 12). Těchto hodnot se však dosahuje v našich podmínkách výjimečně. Obvykle jsou hodnoty v poledne při kolmém dopadu slunečního záření na plochu kolektoru kolem 800 W/m² (MATUŠKA, 2010 str. 13).

⁴ Jak si vedly obnovitelné zdroje v roce 2012? [Online]. 2012 [Citace: 2013-10-14.]. Dostupné na WWW: < <http://www.tretiruka.cz/news/jak-si-vedly-obnovitelne-zdroje-v-roce-2012-/> >

Obr. 1: Celkové ozáření v České republice

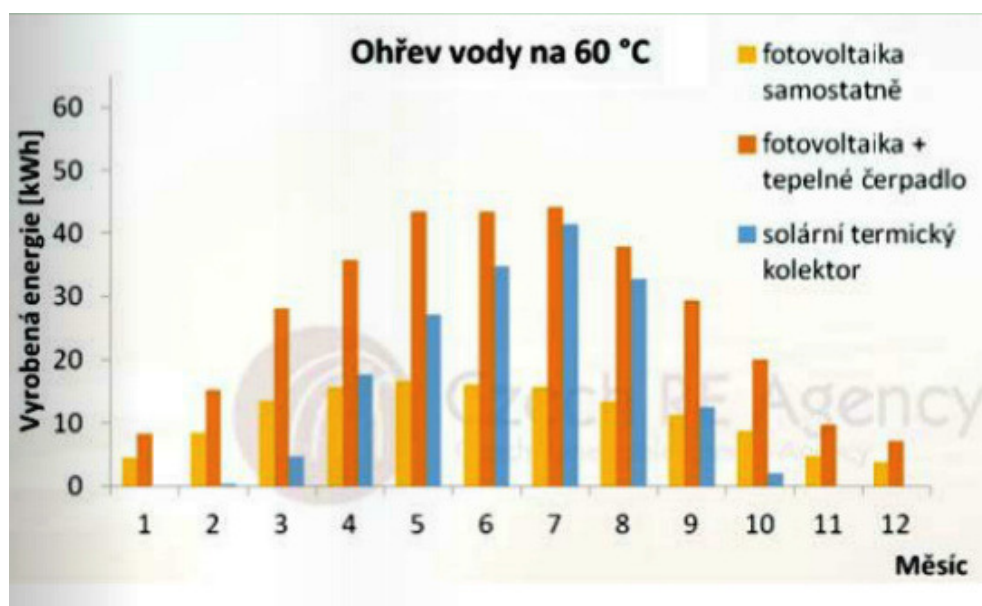


Zdroj: (HASELHUHN, 2010 str. 38)

Výnos energie z fotovoltaických panelů je v takovém případě 50 až 200 kWh/m² ročně v rozsahu sklonu 10 ° až 40 ° a orientace ± 45 ° od jihu. Výnos solárního kolektorového systému závisí především na solárním podílu energie ze solárního systému k celkové spotřebě energie na ohřev vody. V nejhorším případě (vysoká teplota teplosné kapaliny, vysoké solární pokrytí) je výnos termických kolektorů minimálně 250 kWh/m² (BECHNÍK, 2012 str. 24)

Životnost fotovoltaických panelů je odhadována na 30 až 40 let. Výrobci garantují maximální pokles účinnosti o 20 % po 25 letech provozu. Nejstarší fotovoltaické elektrárny jsou v provozu kolem 30 let, ale pokles účinnosti je často nižší než 10 % (monokrystalické křemíkové články). U solárních tepelných kolektorů je udávaná životnost obvykle 30 let bez garancí (BECHNÍK, 2012 str. 24).

Obr. 2: Výnos energie v jednotlivých měsících při ohřevu vody na 60 °C



Zdroj: BECHNÍK, B. Ohřev teplé vody – fotovoltaika nebo solární termické kolektory? *Alternativní energie*, 2012, č. 2, s. 27.

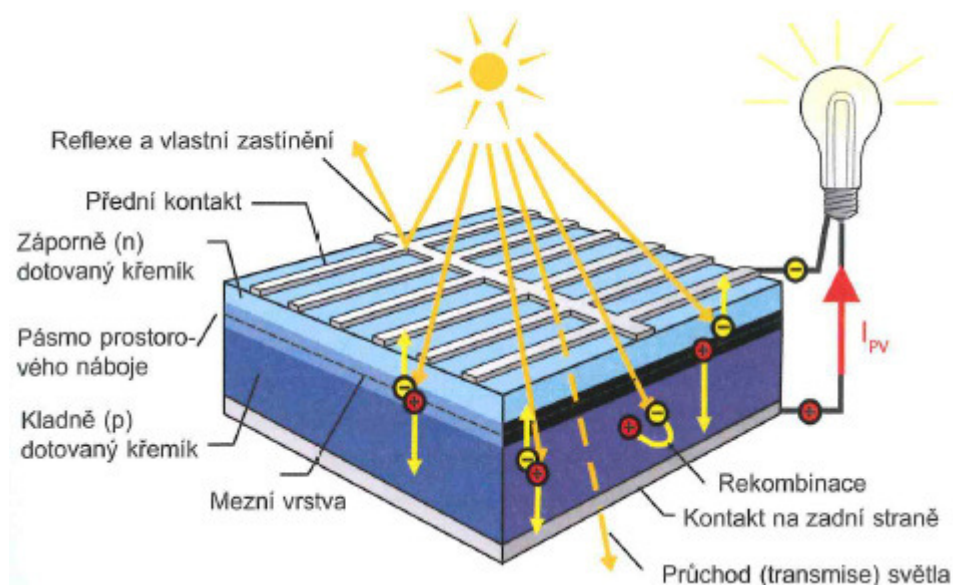
Zatímco u fotovoltaických panelů může docházet k degradaci funkční vrstvy i laminační fólie, u kvalitně provedených kolektorů by měla být degradace absorpční vrstvy zanedbatelná. Z hlediska životnosti a již také ceny jsou solární tepelné kolektory srovnatelné s běžně dostupnými fotovoltaickými panely. U solárních tepelných kolektorů jsou roční výnosy energie díky vyšší účinnosti přibližně dvojnásobné ve srovnání s nejkvalitnějšími fotovoltaickými panely. Ve srovnání podle ročních období jsou v letních měsících fotovoltaické panely výhodnější než solární termické kolektory při ohřevu pracovní látky na teploty nad 100 °C, v zimním období i pod 40 °C. Absence teplotnosné kapaliny a jednodušší přenos vyrobené energie je výhodou fotovoltaiky (BECHNÍK, 2012 str. 25).

3.2.1. Fotovoltaické panely

Ve fotovoltaickém solárním článku probíhá přímá přeměna světla na elektrickou energii. Přeměna tedy spočívá ve fyzikálním jevu, který probíhá v solárně aktivních materiálech. Solární články se skládají z polovodičů (většinou z křemíku), jejichž

elektrická vodivost leží mezi vodivostí kovu a dielektrika. Dopadne-li na solární článek světlo, energie fotonů začne uvolňovat elektrony z jejich vazeb v atomové mřížce. Vnitřní elektrické pole solárního článku způsobí, že jsou elektrické náboje přitahovány do opačných směrů. V důsledku vznikající opačné polarizace se vytvoří mezi kladnými a zápornými náboji rozdíl potenciálů, který vyústí v elektrické napětí. Uzávěře-li se elektrický obvod, teče přes spotřebič proud. Pokud elektrony nedosáhnou kontaktů, tak se rekombinují a nepodílí se na průtoku proudu (HASELHUHN, 2010 str. 16).

Obr. 3: Konstrukce a přeměna energie v krystalickém křemíkovém solárním článku



Zdroj: (HASELHUHN, 2010 str. 15)

Solární články lze rozdělit podle různých hledisek. Liší se hlavně z hlediska použitých materiálů, výkonových parametrů, tvarů, vlastností, atd. Solární články na bázi krystalického křemíku na trhu dominují. Křemík je velmi rozšířený prvek na Zemi, získává se ale z křemenných písků při vysokých teplotách (BROŽ, 2003 str. 16).

Za standardních testovacích podmínek (teplota okolí 25 °C, intenzita záření 1000 W/m²) se účinnost fotovoltaiických panelů pohybuje od 5 % u panelů tenkovrstvých až po téměř 20 % u nejlepších monokrystalických. V závislosti na teplotě se účinnost snižuje o 0,2 % (tenkovrstvé) až 0,5 % (krystalické) při zvýšení teploty

panelu o jeden stupeň Celsia. Z tohoto důvodu může být účinnost fotovoltaiky v zimě až o 20 % vyšší než v létě, protože se panely méně zahřívají (BECHNÍK, 2012 str. 22).

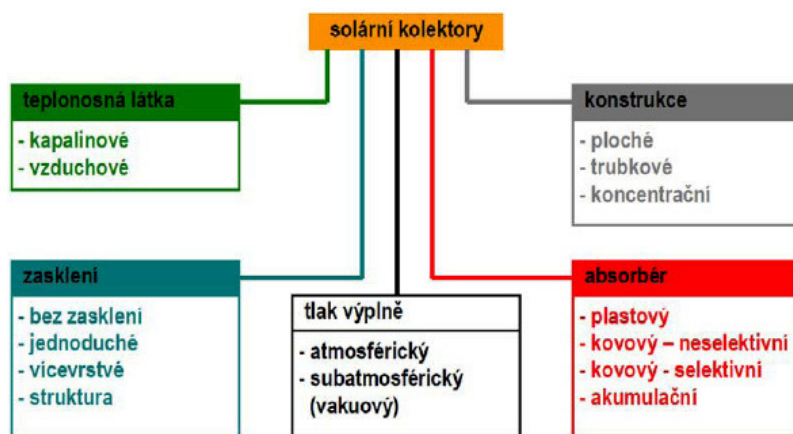
3.2.2. Solární termické kolektory

U solárních kolektorů se energie slunečního záření mění v tepelnou energii a na základě fyzikálních zákonů ji odevzdává teponosné látce solárního kolektoru.

“Rozdíl mezi množstvím sluneční energie dopadající na povrch kolektoru a tepelné energie využitě absorpční a izolační vrstvou závisí i na kvalitě a druhu materiálů kolektoru, které v konečném důsledku rozhodují o celkovém stupni přeměny energie a tepelném výkonu kolektoru. Energetická účinnost kolektoru vyjadřuje poměr mezi zachyceným množstvím tepelné energie a dopadajícím množstvím sluneční energie v určitém časovém úseku” (PETRÁŠ, 2005 str. 196).

Zatížení střešní konstrukce solárními tepelnými kolektory je v podstatě srovnatelné s fotovoltaickými panely. Na rozdíl od fotovoltaických panelů, kdy účinnost v zimním období roste, účinnost termických kolektorů při nízkých teplotách okolí výrazně klesá. Při nízkých hodnotách slunečního záření (kolem 100 W/m^2 a nižší) jsou v podstatě nefunkční. Naopak při běžných letních teplotách je účinnost tepelných kolektorů až několikanásobně vyšší než u fotovoltaických panelů.

Obr. 4: Rozdělení solárních kolektorů



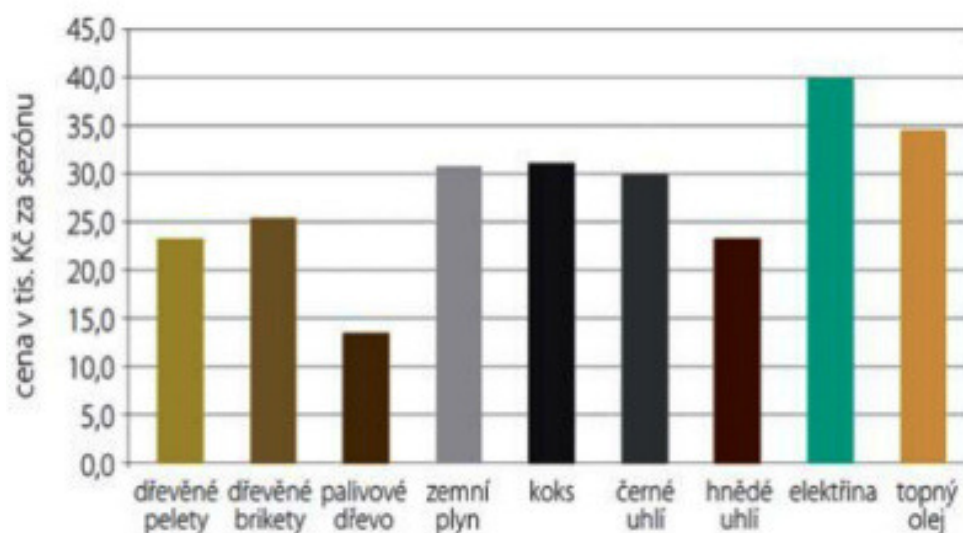
Zdroj: (MATUŠKA, 2010 str. 17)

Solární kolektory, ve kterých je používána jako teplotonosná látka kapalina, se využívají převážně pro aplikace v budovách. Solární vzduchové kolektory jsou využívány okrajově především pro předehřev oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění (BROŽ, 2003).

3.3. Energie biomasy

Zdroj tepla z rostlinného původu využívá lidstvo již mnoho století. Přírůstky svým energetickým potenciálem několikrát převyšují energetickou potřebu společnosti. V případě rozvoje biomasy, s přímou účinností na lokální působnost, by se zajistila spolehlivost dodávek zdrojů tepla a pro výrobu elektrické energie. Využitím nevyužitých zemědělských ploch nebo organických odpadů by, v případě rozvoje produkce biomasy, vedlo k vytváření pracovních míst a přispělo k rozvoji venkova.

Obr. 5: Výše nákladů na vytápění



Zdroj: STUPAVSKÝ, V. O vytápění biomasou od A až do Z. *Alternativní energie*, 2012, č. 3, s. 19.

Biomasu představuje veškerá organická hmota rostlinného a živočišného původu. Patří ke zdrojům energie s velmi příznivým dopadem na naše životní prostředí. Spalováním biomasy se uvolňuje stejné množství oxidu uhličitého, jaké předtím stromy

a rostliny při svém růstu samy vytvořily. Podle Matušky (2010) lze biomasu získávat ze tří základních zdrojů:

- *energetické rostliny* – záměrně pěstované pro energetické využití, jejich hlavním účelem je zachytit sluneční energii a akumulovat ji v podobě biomasy pro pozdější využití. Příkladem jsou rychle rostoucí dřeviny, obiloviny a traviny (topol, čínský rákos, aj.);
- *přírodní odpadová biomasa* – biomasa ze zemědělství a lesnictví, zbytky po pěstování zemědělských plodin pro potravinářské účely, zbytky po sklizni (sláma, aj.), zbytky z lesního hospodářství (větvě, kůra);
- *průmyslová odpadová biomasa* – zahrnují jak dřevní biomasu ze dřevozpracujícího průmyslu, tak odpady ze zemědělské a potravinářské výroby“ (MATUŠKA, 2010 str. 94).

Energetické využití biomasy spalováním se využívá především ve formě tuhých paliv. Svůj původ mají buď jako odpad např. ze zpracování dřeva nebo v cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevinách. Na základě fyzikálních a chemických vlastností biopaliv se rozlišují konstrukce spalovacích zařízení. Podle Beranovského (2003) se rozeznávají druhy fytopaliva na:

- **štěpka** (odpadní průmyslové dřevo, lesní zbytkové dřevo, prořezy stromů) – velikost od 1 do 10 cm (hrubá), nízká hustota energie, vhodné pro odpadní dřevo, rychle rostoucí energetická dřeviny – pro automatické kotle větších výkonů nad 50 kW
- **sláma** (řezaná – krátká, dlouhá; balíky – slisované, velkoobjemové), nízká hustota, vysoký obsah popelovin – vhodné pouze pro speciální kotle větších výkonů pro centralizované zásobování teplem
- **traviny** – víceleté rychle rostoucí rostliny (šťovík uteuša, sveřep, laskavec, konopí), vysoký obsah popelovin – výroba rostlinných briket a pelet pro speciální kotle (s ručním přikládáním, automatické kotle) nebo spalování v obdobných zařízeních jako u slámy
- **standardizovaná paliva: brikety** (válcové, hranaté, rozměr 4 až 10 cm, délka 30 cm), **pelety** (průměr 6 až 25 mm, délka do 50 mm) – výroba za vysokých tlaků

lisováním, vysoká hustota energie v objemu, normalizované vlastnosti – pro kotle s ručním přikládáním (brikety), pro automatické kotle (pelety)” (BERANOVSKÝ, 2003 str. 24)

Při splnění určitých podmínek lze spalovat jakýkoliv druh biomasy. Důležitá je forma, v jaké se bude biomasa spalovat v závislosti na ekonomické výhodnosti. Výrobu dřevěných produktů lze provádět různými technologickými postupy. Pomocí drtičů, lisováním, drcením atd. Nevýhodou biomasy může být v porovnání s fosilními palivy nižší výhřevnost. V potaz se musí vzít také nároky na skladovací prostory a vytvoření podmínek k usnadnění manipulace s topivem. Naopak výhodou biomasy je menší negativní dopad na životní prostředí a nízký obsah síry ve spalínách. Jejím spalováním nedochází ke zvyšování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře. (MURTINGER, 2011 str. 19)

Obr. 6: Pelety



Zdroj: *Mayr-Melnhof Pellets* [Online]. 2012 [Citace: 2013-10-13.]. Dostupné na WWW: < <http://www.mm-pellets.com/316?sid=d5uasvv1sc8lpog1ae15g738o4> >

3.4. Energie půdy

“Tepelná čerpadla jsou zařízení, která umožňují cíleně čerpat tepelnou energii o nízké a běžnými prostředky nevyužitelné teplotě (nízko potenciální teplo) a předávat ji do

navazujících tepelných soustav s vyšší využitelnou teplotní hladinou. Zdroje nízko potenciálního tepla mohou být svou podstatou:

- **obnovitelné** – energie okolního prostředí (vzduch, voda, země), která má svůj původ ve slunečním záření nebo geotermální energii
- **druhotné** – energie, která může mít původ i v neobnovitelných palivech, např. *Teplo odpadního vzduchu nebo odpadní vody.*” (MATUŠKA, 2010 str. 57)

Způsob přečerpávání tepla je docílen převedením tepelné energie z látky A o určité teplotní hladině do látky B o hladině vyšší. Tento děj lze docílit za podmínky přívodu vnější pohonné energie o vyšší teplotě. Chladicí zařízení fungují také na principu přečerpávání tepla, využívá ale chladicího jevu, kde užitečným teplem je teplo odebírané látce A. Tepelná čerpadla naopak využívají tepla předávaného látce B (KARLÍK, 2009 str. 14).

*„Tepelná čerpadla využívají pro produkci tepla na požadované teplotní úrovni (až 65 °C) přímo nevyužitelnou nízko potencionální tepelnou energii prostředí nebo odpadního tepla. Energie okolního prostředí je obecně **energií obnovitelnou** a využívá se energie:*

- *okolního vzduchu*
- *zemského masivu*
- *vodních ploch a toků,*

které mají svůj hlavní původ ve slunečním záření dopadajícím na zemský povrch. Na druhé straně odpadní tepelná energie z:

- *odpadního vzduchu*
- *odpadní vody může mít svůj původ i v neobnovitelných zdrojích energie“* (QUASCHNING, 2010 str. 57).

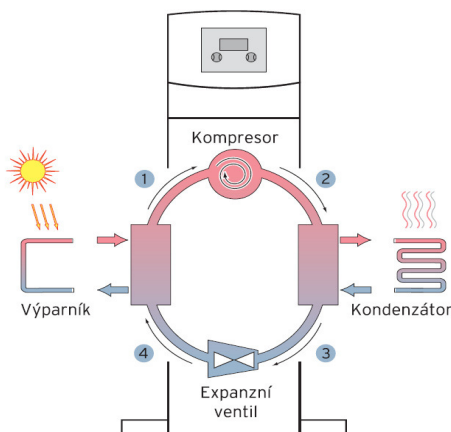
Výhodou tepelných čerpadel je energetická nezávislost, kterou umožňuje čerpání tepla z přírody. Technologický pokrok umožnil nenáročnou obsluhu. Ovládat čerpadla je možné např. pomocí mobilního telefonu nebo přes internet. Za hlavní nevýhodu lze považovat jejich všeobecně vysokou pořizovací cenu, v závislosti na typu čerpadla, v řádech statisíců korun. Ta se liší podle velikosti objektu, druhu zvoleného

čerpadla a technologické varianty. Při vhodně dimenzované variantě lze dosáhnout velmi nízkými provozními náklady dobré návratnosti počáteční investice. Navíc lze získat dotaci v rámci programu zelená úsporám (PETRÁŠ, 2005 str. 140).

3.4.1. Tepelná čerpadla typu Země

Velmi dobrým zdrojem nízko potencionální tepelné energie je zemský masiv. Teplota zemského masivu je v závislosti na okolních podmínkách ovlivňována do hloubky 5 metrů. Hlavním zdrojem tepla je dosaženo prostřednictvím dopadajícího slunečního záření, průměrně 10 až 40 W/m². Ze zemského jádra přichází tepelný tok průměrně 0,04 až 0,06 W/m² (SRDEČNÝ, 2005 str. 4). Jen v oblastech geologických anomálií je možné výrazněji využít geotermální energie (např. Karlovy Vary).

Obr. 7: Kruhový tvn. Carnotův cyklus



1. Ve výparníku dochází k předání tepelné energie ze zdroje do chladiva - teplosměnné kapaliny. Tím dochází ke změně skupenství z kapalné do plynné formy.
2. Chladivo v plynné podobě je v kompresoru stlačeno na vysoký tlak, kde se tímto procesem zvýší jeho teplota. Pro tuto část cyklu je nutné přivést cca 25% cizí energie.
3. Takto získaná tepelná energie je v kondenzátoru předána dál do topného systému. Tím dochází ke snížení teploty chladiva a jeho následné kondenzaci - zkapalnění.
4. Při dekompresi, poslední fázi celého cyklu, se chladivo v expanzním ventilu silně ochladí tak, aby opět mohlo přijmout tepelnou energii z okolního prostředí pro další cyklus.

Zdroj: *Carnotův cyklus* [Online]. 2014 [Citace: 2014 01-31.]. Dostupné na WWW:<<http://www.vaillant.cz/tepelne-cerpadlo-geotherm-plus-vws-p233.html>>

Tepelná čerpadla využívají pro svou činnost energii pomocí svislých zemních vrtů (sondy, výměníky) a horizontálních zemních kolektorů (výměníky). Svislé zemní vrty se, na základě geologického průzkumu, využívají až do hloubek 200 metrů. Horizontální plošné kolektory využívají pro svou činnost tepla z podpovrchových vrstev. Fungují buď na principu přímého výparnickového systému s chladivem nebo nepřímého systému s nemrznoucí kapalinou (KARLÍK, 2009 str. 24).

3.4.2. Tepelná čerpadla typu Voda

K zajištění dostatečného výkonu na primární straně tepelného čerpadla je potřebný trvalý průtok. Nositelům nízko potencionálního tepla může být:

- **povrchová voda** $t = 0$ až 18 °C,
- **spodní (studny)** $t = 8$ až 12 °C,
- **hlubinná** $t = 10$ až 13 °C,
- **geotermální** $t > 25$ °C
- **odpadní** (z chladících procesů) $t = 20$ až 25 °C (MATUŠKA, 2010 str. 81).

Nejčastějším využitím vody jako zdroje tepla pro tepelná čerpadla jsou studny nebo odpadní voda. Odpadní vody je výhodné využívat především z průmyslu, z technologických zařízení produkujících nepřetržitě odpadní vodu. Získávání tepla z podzemní vody je také výhodné z hlediska celoročně stálé teploty vody (5 až 15 °C). „Podzemní voda se získává ze svislého vrtu (čerpací studna) a po ochlazení na výparníku je vrácena zpět do podloží ve druhém vrtu (vsakovací studna)“ (SRDEČNÝ, 2005 str. 17).

3.4.3. Tepelná čerpadla typu Vzduch

Tepelná čerpadla ochlazující vzduch mohou pracovat na primární straně (výparníku) ve dvojím provedení z hlediska sekundární strany:

- *čerpadla vzduch – voda, používaná pro vodní otopné soustavy a přípravu teplé vody*
- *čerpadla vzduch – vzduch, používaná ve vzduchotechnice*

Odebírané teplo je možné získávat z:

- *venkovního vzduchu – výrazně proměnlivá teplota během roku*
- *odpadního vzduchu – z větrání nebo chlazení s celoročně přibližně stálou teplotou (MATUŠKA, 2010 str. 84).*

K nejrozšířenějším systémům se řadí využití tepla venkovního vzduchu. Zařízení není tolik konstrukčně náročné. Nevýhodou je bohužel velké kolísání teplot, zejména v době největší potřeby tepla. Naopak pro využití na přípravu teplé vody nebo ohřev bazénové vody v letních měsících je energeticky příznivé. Využití tepla z technologických procesů jako odpadního vzduchu je výhodné z hlediska stálé teplotní úrovně (SRDEČNÝ, 2005 str. 24) .

Obr. 8: Čerpadlo vzduch - voda



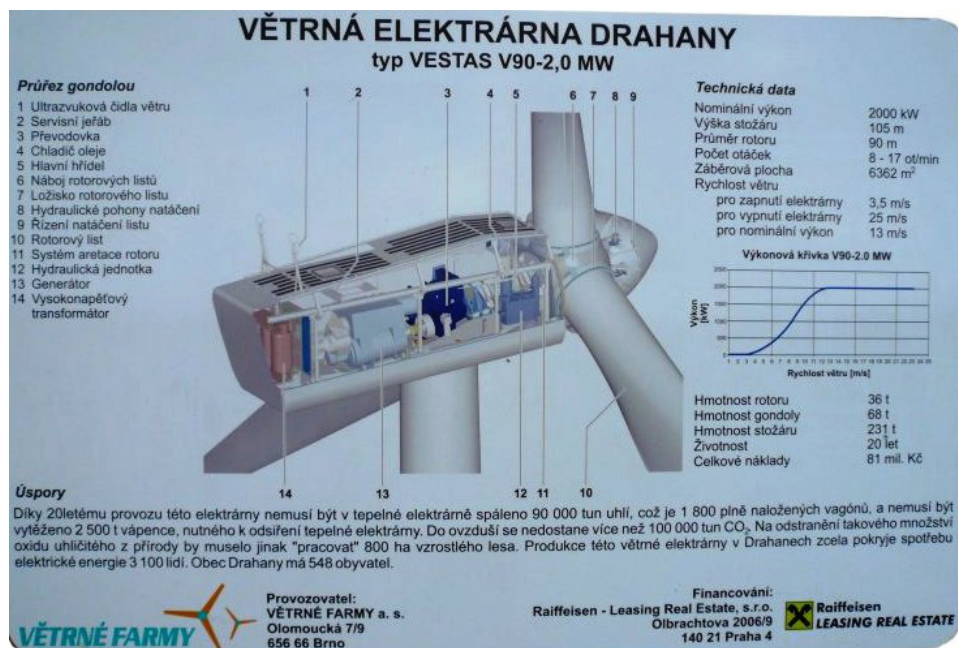
Zdroj: HELEBRANT, V. Dimenzování a volba tepelného čerpadla. *Alternativní energie*, 2012, č. 5, s. 33.

Využívání tepelných čerpadel na bázi získávání energie ze vzduchu přináší výhody díky tomu, že je zadarmo. Dále je možné naakumulování neomezeného množství energie a použitý vzduch je po použití a ohřátí vypuštěn bez důsledků zpět do okolí. Nevýhodou je vysoká spotřeba tepla v zimním období díky chladnému vzduchu s vysokými teplotními výkyvy. Problematická je také nutnost odvádět kondenzovanou kapalinu, která vzniká při teplotě pod rosným bodem vzduchu při vysoké vlhkosti. Další nevýhodou může být namrzání plochy výparníku a k zvyšování jeho tlakové ztráty a příkonu ventilátoru. Důsledkem námrazy je zhoršená efektivita provozu (KARLÍK, 2009 str. 26).

3.5. Energie větru

Vítr je všudypřítomný energetický zdroj, který je velmi využitelný. Na druhou stranu žádný jiný energetický zdroj není tak nestálý a nevypočitatelný. Vznik větru je způsoben tepelným zářením slunce. Následným zahříváním zemského povrchu zahřátý vzduch stoupá vzhůru a dělá tak místo přicházejícímu, studenému vzduchu. Působením těchto sil na listy rotoru převádí větrná rotační turbína na energii mechanickou. Ta je poté prostřednictvím generátoru zdrojem elektrické energie. Listy rotorových listů musejí být speciálně tvarované, aby byl docílen optimální výkon. Větrné elektrárny pracují automaticky i s funkcemi regulací výkonu rotoru tak, aby bylo zabráněno mechanickému i elektrickému přetížení (HALLENGA, 2006 str. 11)

Obr. 9: Technické parametry větrné elektrárny v Drahanech



Zdroj: *Větrná elektrárna Drahaný* [Online]. 2012 [Citace: 2013-11-2.].

Dostupné na WWW: < <http://www.janecek.cz/krumsin/okoli/drahaný/> >

Historicky má využívání větrné energie dlouhou tradici. Neustálé hledání odolnějších systémů vedlo ke vzniku rozmanitého množství větrných elektráren. V České republice se instalovaný výkon elektráren zvýšil v roce 2012 na 263 MW. Nahodilost a nepravidelnost síly a směru větru v našich podmínkách způsobuje, že zařízení jsou schopna pracovat pouze po 10 až 20 % roční doby. Velice vhodná lokalita se nachází v pohraničních pásmech Krušných hor. Podle předběžných odhadů by bylo možné v této lokalitě postavit až 340 větrných elektráren s potenciálem výroby elektrické energie pro spotřebu až 4 milionů lidí⁵.

Větrná energetika zaznamenává v Evropě rozvoj díky technologickému pokroku a snižování investičních nákladů. Na rozdíl od Německa a Španělska, které byly schopny uřídit síť s více než 50 % elektřiny z obnovitelných zdrojů, v ČR se dosáhlo provozovat větrné elektrárny v maximálním množství 3 % v síti (ČSVE, 2013 str. 1). V roce 2012 bylo v ČR vyrobeno 416 GWh elektřiny z větrných elektráren. To

⁵ *Větrné elektrárny* [Online]. 2012 [Citace: 2013-09-25.]. Dostupné na WWW: <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vetrne-elektrarny.htm>>

odpovídá spotřebě více než 400 000 tun hnědého uhlí a produkce 500 000 tun CO₂ spotřebovaného tepelnými elektrárnami. Větrná energetika se stala, s nejnižšími výrobními náklady, nejlevnějším zdrojem ze všech zdrojů elektřiny (ČSVE, 2013 str. 1).

Větrné elektrárny jsou vůči životnímu prostředí maximálně šetrné. Neprodukují žádné odpady ani nezabírají velké plochy zemědělské půdy. Mohou ale představovat riziko pro životní prostředí. Jedna elektrárna v průměru zabije 2-3 ptáky ročně (ČSVE, 2013 str. 2). Jsou také zdrojem nežádoucího hluku z obtékání listů vrtulí a strojovny elektrárny. Negativní vliv akustických emisí hluku na okolí je ovšem snižován např. modernější konstrukcí listů vrtule a dokonalejšími typy rotorů (BUFKA, 2007 str. 14). Další podstatnou nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, které mohou vyšplhat do desítek milionů korun. Z těchto důvodů je nutné nalézt, z důvodu doby návratnosti investice, vhodné umístění větrné elektrárny.

3.6. Energie vody

„Voda v přírodě může být nositelem energie mechanické, chemické nebo tepelné. Mechanická energie vod v přírodě zahrnuje:

- *mechanickou energii atmosférických srážek,*
- *mechanickou energii ledovců,*
- *mechanickou (hydraulickou) energii toků,*
- *mechanickou energii moří“ (DUŠIČKA, 2003 str. 15)*

Atmosférické srážky spadlé na zemský povrch jsou nepravidelně rozložené s nízkou koncentrací, a proto se dají těžko využívat jiným způsobem. Mechanická energie pohybujících se ledovců také zatím nemá platné využití. Hydraulická energie vodních toků je hlavní částí energie vod dostupná v přírodě. Zdrojem tohoto koloběhu je sluneční energie, která umožňuje stále se obnovující koloběh vodních toků. Mechanická energie moří je charakteristická vlněním hladiny způsobeným větrem, přílivem a odlivem (VALIŠ, 2007 str. 22). V budoucnu by měla plnit úlohu dalšího významného obnovitelného zdroje energie. Na rozdíl od větrné energie je energie moří

předvídatelná. V případě odstranění finančních překážek by mohla podle odhadů rozšířená technologie zajišťovat až 14 % spotřeby elektřiny ve Velké Británii⁶.

V České republice má největší podíl mezi obnovitelnými zdroji vodní energie, i když zde nejsou oblasti prudkých toků s velkými spády. Vodní elektrárny jsou v ČR určeny jako doplňkový zdroj hlavních zdrojů výroby elektřiny. Využívají se zejména v situacích potřeby najetí velkého výkonu a tedy k vyrovnání okamžité energetické bilance v elektrizační soustavě. Vodní díla se v současné době projektují více účelně. Jejich hlavním úkolem je výroba elektrické energie. Často plní další funkce jako regulaci vodních toků k napomáhání vodní dopravy, k ochraně proti povodním, k rekreačním účelům apod.

„Využití hydroenergetického potenciálu našich toků ve vodních elektrárnách má ve srovnání s využíváním jiných energetických zdrojů (uhlí, jaderné energie) řadu výhod:

- je to trvalý, nevyčerpatelný, stále se obnovující zdroj šetřící úměrně množství paliva, náklady na těžbu (a s tím často spojenou devastaci krajiny), dopravu, uložení odpadu;*
- je to zdroj, který neznečišťuje ovzduší, neprodukuje odpad a je nejlacinější zdroj jalové energie;*
- vyžaduje velmi nízké provozní náklady při dlouhé životnosti a vysokém počtu provozních hodin.“ (DUŠIČKA, 2003 str. 10)*

Mezi nevýhody vodních elektráren patří především závislost na stabilním průtoku vody, značná cena spolu s časem výstavby a nutnost zatopení velkého počtu území. Problematická je také nutnost přemístění lidského osídlení v zátopových oblastech a nabourání vodního ekosystému bez přirozených možností tahu ryb. Vodní elektrárny jsou významným zdrojem elektrické energie, jehož význam se bude zvyšovat s postupným vyčerpáváním neobnovitelných zdrojů.

⁶ Berwaldová, Juli. 2011. Spoutaná síla vln, *National Geographic*. [Citace: 2013-09-29.]. Sv. s.23, Červenec 2011.

V České republice je potenciál využití vodních zdrojů téměř vyčerpán. K rozvoji může dojít jen v případě menších vodních toků, kde výstavbu podporují také evropské fondy. V ČR se nachází kolem 1400 menších vodních elektráren s výkonem do 10 MW. V minulosti bylo na našem území, před nástupem komunismu, mnoho malých vodních elektráren, na jejichž tradici se lze v případě obnovy opět spoléhat. Investiční náročnost se bez evropských fondů neobejde. V roce 2011 získala v soutěži Podnikatelský projekt roku 2010 v kategorii Ekoenergie první místo za projekt podpořený z evropských fondů, a také řadu architektonických cen, malá vodní elektrárna v Železném Brodě.⁷

Obr. 10: Vodní elektrárna Železný brod, a.s.



Zdroj: *Vodní elektrárna Železný brod, a.s.* [Online]. 2012 [Citace: 2013-10-27.].

Dostupné na WWW: < (CREATON)>

Dalším druhem vodních elektráren, které se využívají na českém trhu, jsou elektrárny přečerpávací. Využívají se zejména za účelem odstranění výkyvů elektrické energie v síti. Skládají se ze dvou výškově rozdílně položených vodních nádrží spojených tlakovým potrubím, na němž je v jeho dolní části umístěna turbína

⁷ *Malé vodní elektrárny* [Online]. 2012 [Citace: 2013-10-30.]. Dostupné na WWW: < <http://www.prumysl.cz/male-vodni-elektrarny-se-vraci-na-ceske-toky-oproti-tem-velkym-totiz-maji-potencial/>>

s elektrickým generátorem vyrábějící elektřinu v době energetické potřeby⁸. V době útlumu, za nižší cenu elektrické energie, je voda přečerpávána z dolní nádrže do horní, kde poté čeká na své využití. Z českých vodních elektráren mají největší instalovaný výkon 2 x 325 MW přečerpávací elektrárna Dlouhé Stráně⁹.

3.6.1. Geotermální energie

Využití geotermální energie je používáno zřídka na vytápění. Vyžaduje specifické geologické podmínky vyžadující horké prameny vody, par a plynů. Teplota země roste s hloubkou každých 100 metrů přibližně o 3°C (DUŠIČKA, 2003 str. 14). V České republice jsou geotermální vody využívány k rekreačním a lázeňským účelům. Nejteplejším jsou karlovarské prameny s teplotou až 72°C. Geotermální vody o teplotách vyšších než 50°C je možné využít k vytápění a přípravu teplé vody přímo, pouhou výměnou tepla v rekuperačním výměníku. Nevýhodou tohoto použití je možná výrazná mineralizace, která vyžaduje nutnost předřazeného čistitelného tepelného výměníku. O využitelných geotermálních vodách lze uvažovat také při produkci v těžebních dolech. Pokud se z těchto dolů musí odčerpávat voda, která je potřebná při těžbě v hloubkách a má teplotu vyšší než 20°C, pak ji lze použít k energetickému využití (MATUŠKA, 2010 str. 83).

3.7. Podpora obnovitelných zdrojů Nová zelená úsporám

3.7.1. Nová zelená úsporám 2013

Bývalá vláda České republiky schválila v roce 2013 program Nová zelená úsporám 2013 s dotacemi ve výši 27 mld. Kč do roku 2020. Žádosti o dotace např. na zateplení rodinných domů můžou lidé podávat od 12.8.2013. Program Nová zelená úsporám 2013 obsahuje 5 oblastí podpory:

⁸ *Vodní elektrárny* [Online]. 2012 [Citace: 2013-09-30.]. Dostupné na WWW: < <http://www.alternativni-zdroje.cz/vodni-geotermalni-energie.htm> >

⁹ *Malé vodní elektrárny* [Online]. 2012 [Citace: 2013-10-30.]. Dostupné na WWW: < <http://www.prumysl.cz/male-vodni-elektrarny-se-vraci-na-ceske-toky-oproti-tem-velkym-totiz-maji-potencial/> >

- *„Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů*
- *Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností*
- *Efektivní využití zdrojů energie*
- *Podpora na přípravu a zajištění realizace podporovaných opatření*
- *Bonus za kombinaci vybraných opatření¹⁰*

Úřednická vláda jmenovaná v létě 2013 prezidentem České republiky však neschválila dokumentaci k programu a jednání o jejím schválení odložila na neurčito. Tento krok znemožnil tisícům domácnostem efektivně zateplit svůj dům. Zastavení programu způsobilo, že k připraveným žadatelům o zateplení rodinných domů nedoputovala již slíbená dotace a malé české firmy přišly o část zakázek¹¹.

3.7.2. Nová zelená úsporám 2014

Po přepracování agendy úřednickou vládou podepsal 13. listopadu 2013 ministr životního prostředí Tomáš Jan Podivínský s ministrem pro místní rozvoj Františkem Luklem memorandum o koordinaci postupů při realizaci programů na podporu rekonstrukcí rodinných domů¹². Program začíná přijímat žádosti od 1. dubna 2014 do 31. října 2014 nebo do vyčerpání finančních prostředků. Pro program je vyhrazena částka 1,9 miliardy korun.

Program zahrnuje tři oblasti podpory:

- *Oblast podpory A: Snížení energetické náročnosti stávajících rodinných domů*
- *Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností*

¹⁰ *Spuštění nová zelená úsporám* [Online]. 2013 [Citace: 2013-10-20]. Dostupné na WWW: < <http://www.tzb-info.cz/zelená-usporam-na-tzb-info> >

¹¹ *Nová zelená úsporám je programem pro ekonomiku i občany* [Online]. 2013 [Citace: 2013-10-22]. Dostupné na WWW: < <http://www.tzb-info.cz/zelená-usporam-na-tzb-info/113256-nová-zelená-usporam-je-programem-pro-ekonomiku-i-obcany> >

¹² *Nová zelená úsporám od roku 2014* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-23]. Dostupné na WWW: < <http://www.tzb-info.cz/zelená-usporam-na-tzb-info> >

- *Efektivní využití zdrojů energie*¹³

V rámci programu lze čerpat podporu pouze na rodinné domy, které svou energeticky vztažnou plochou nepřesáhnou velikost 350 m². Navíc měrná roční potřeba tepla na vytápění nesmí přesáhnout 150 kWh/m² za rok. Žadateli o podporu mohou být vlastníci, a to jak fyzické osoby, tak i právnické osoby. Realizace úsporných zařízení musí splnit nejrůznější požadavky, např. provedení projektů musí provést osoba uvedená v Seznamu odborných dodavatelů (SOD).

¹³ *Termíny a oblasti podpory* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-25]. Dostupné na WWW:
< <http://www.zelena2014.cz/?gclid=CO7HtbwCFSgewwodqDoAAg> >

4. Praktická část

4.1. Lokalita objektu

Řešený objekt je nepodsklepený, dvoupodlažní a dvougenerační dům na okraji Prahy. Vytápění objektu je řešeno pomocí elektrických topných panelových těles s příkony, které jsou navrženy pro jednotlivé místnosti. Podle normy ČSN EN 12831 a podkladů z dokumentace rodinného domu jsou zjištěny tyto podmínky:

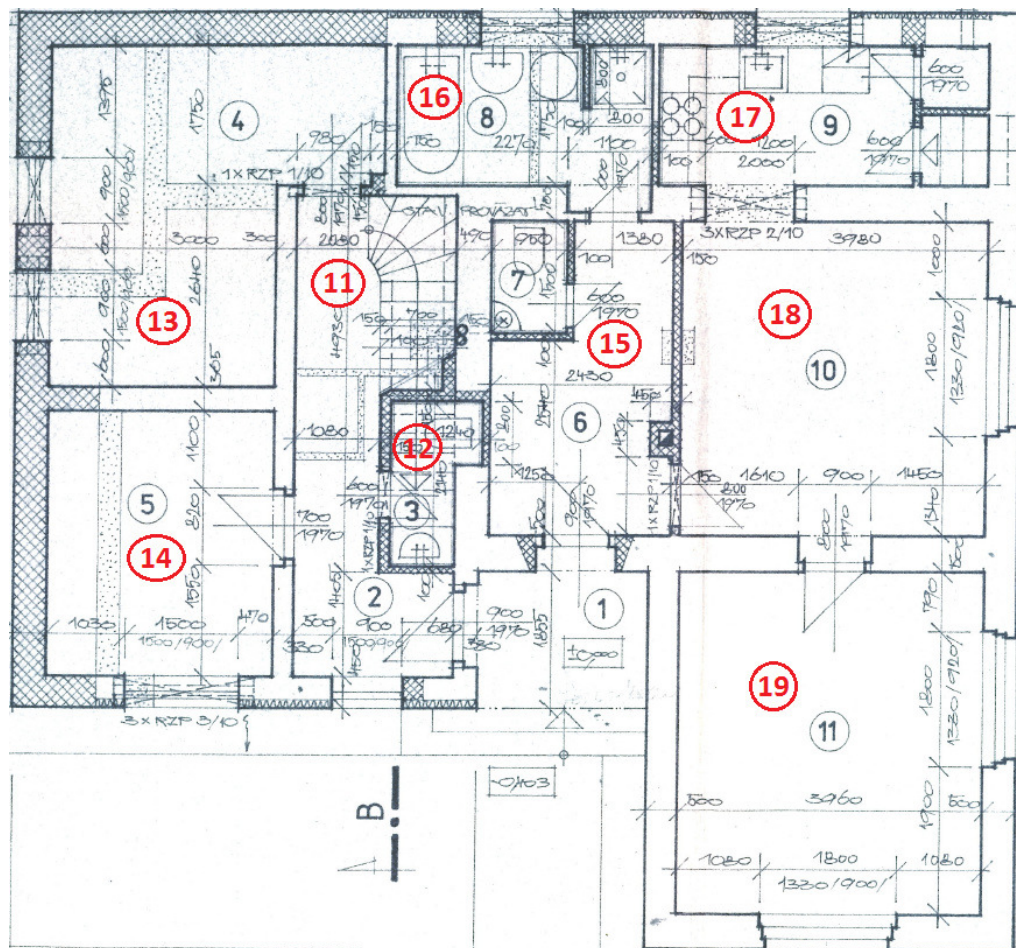
Lokalita:	Praha
Oblastní venkovní výpočtová teplota:	$\vartheta_{hp,e} = -12^{\circ}\text{C}$
Krajina:	Normální
Poloha budovy:	Nechráněná
Druh budovy:	Osamělá
Celková vytápěná plocha:	171,1 m ²
Celkový vytápěný prostor:	497,44 m ³

4.1.1. Půdorys 1.NP

Legenda označení místností:

11 – Předsíň	8,2 m ²
12 – WC	2,1 m ²
13 – Pokoj I	15,5 m ²
14 – Pokoj II	10,5 m ²
15 – Předsíň II	8,2 m ²
16 – Koupelna	6,0 m ²
17 – Kuchyň	7,0 m ²
18 – Pokoj III	16,5 m ²
19 – Pokoj IV	17,6 m ²

Obr. 11: Plán 1. Nadzemní Podlaží



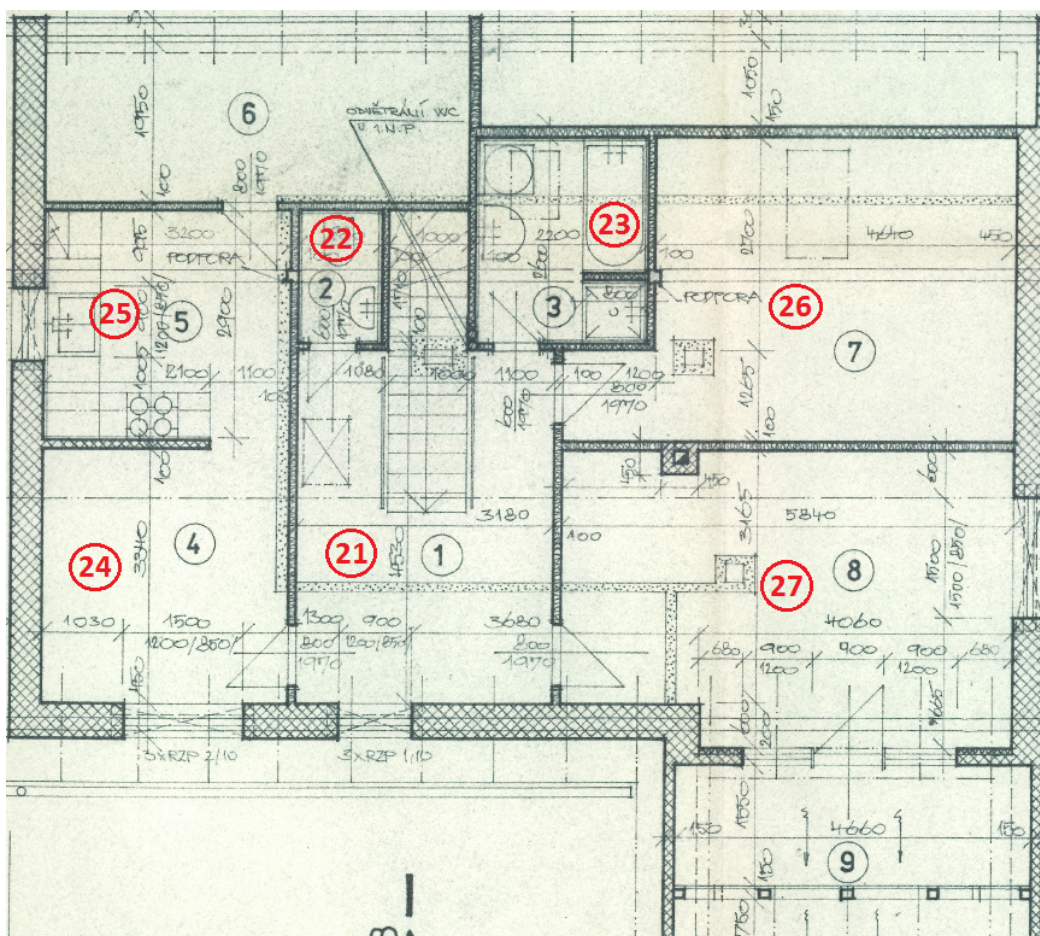
Zdroj: (POKORNÝ, 1995)

4.1.2. Půdorys 2.NP

Legenda označení místností:

21 – Chodba	12,2 m ²
22 – WC	1,7 m ²
23 – Koupelna	5,7 m ²
24 – Jídelna	10,7 m ²
25 – Kuchyň	9,2 m ²
26 – Pokoj I	19,8 m ²
27 – Pokoj II	20,0 m ²

Obr. 12: Plán 2. Nadzemní Podlaží



Zdroj: (POKORNÝ, 1995)

Stavba byla realizována v městské části Praha 8 v roce 2005. Jedná se o zděný dvoupodlažní rodinný dům se sedlovou střechou. Konstrukce objektu je z tradičních materiálů. Obvodové zdivo je z cihelných bloků Porotherm 44 a vnitřní zdivo z Porotherm 30. Strop tvoří válcované ocelové I profily, které jsou kombinované s vložkami z keramických desek Hurdis CSD 150.

4.2. Stanovení energetických vlastností objektu

V domě je řešeno vytápění pomocí elektrických konvenčních přímotopů. Náklady na vytápění rodinného domu této velikosti jsou dosti značné. Z tohoto důvodu je v práci navrženo úspornější řešení vytápění objektu.

4.2.1. Výpočet součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla U a tepelný odpor obvodové konstrukce R jsou základními veličinami charakterizujícími tepelně izolační vlastnosti stavebních konstrukcí (SVOBODA, 2008 str. 8). Obvodové konstrukce musí splňovat požadavek normy ČSN 73 0540-42 na minimální požadované hodnoty součinitele prostupu tepla danou konstrukcí. Vypočtené hodnoty, podle použitých vzorců 1.1 a 1.2, byly porovnávány s hodnotami doporučenými normou.

Tabulka č. 1: Hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi

Typ konstrukce	Vypočtený souč.prostupu tepla [W/m ² .K]	Doporučená hodnota dle ČSN 73 0540 [W/m ² .K]
Vnější obvodová stěna	0.14	0.20
Vnitřní stěna	0.31	1.80
Podlaha přilehlá k zemině	0.23	0.30
Strop vnitřní mezi prostory s $\Delta t=5^{\circ}\text{C}$	0.17	1.45
Balkonové dveře	0.90	1.20
Šikmá střecha do 45°	0.16	0.16
Vstupní dveře	0.65	1.20
Okna	0.74	2.30

Zdroj: Autorská práce

Z vypočtených hodnot vyplývá, že všechny konstrukce splňují doporučené hodnoty součinitelů prostupu tepla dle ČSN 73 0540. Největší únik tepla je dosahován pomocí míst s vysokými tepelnými mosty, u oken a dveří.

4.2.2. Výpočet tepelných ztrát

Tepelné ztráty objektu byly spočítány dle ČSN EN 12831, která předpokládá rovnoměrné rozložení teplot vzduchu v podmínkách ustáleného stavu. Výpočet tepelných ztrát se vypočítal dle vzorců 1.3, 1.4, 1.5, 1.7 a 1.8 popsanych v metodice následujícím způsobem:

Tabulka č. 2: Příklad výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla v místnosti č. 11

11	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota					
		-12			20				
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí $H_{t,ie}$								
	Kce	Ak	Uk	Δt_{b}	Ukc	ek			
	111	2.4	0.417	0.4	0.817	1	1.96		
	311	1.5	0.135	0.05	0.185	1	0.276995		
	411	1.8	0.556	0.4	0.956	1	1.72		
						Σ	2.23699		
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem $H_{t,iue}$								
	Kce	Ak	Uk	b_u					
		0	0	0.6	0				
		0	0	0.6	0				
				Σ	0				
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy $H_{t,ig}$								
	Kce	fg1	fg2	Ak	$U_{equiv,k}$	Gw		B'	
	011	1.45	1	8.2	0.17	1	2.0213	7.372881	
						Σ	2.0213		
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. $H_{t,ij}$								
	Kce	fij	Ak	Uk					
	-	0	0	0	0				
				Σ	0				
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 11								
	$\phi_{t,i}$	136.3 W							

Zdroj: Autorská práce

Na základě lokálních podmínek a vlastností použitých konstrukcí domu byly vypočítány hodnoty tepelných ztrát v jednotlivých místnostech. Výpočty ostatních místností jsou k nahlédnutí v příloze č. 3.

4.2.3. Tepelná ztráta větráním

Součinitelé návrhové tepelné ztráty větráním se vypočítali pomocí vzorců 1.9, 1.10, 1.11, 1.12 a 1.13. Budova nedisponuje systémem nuceného větrání a výměna vzduchu se zajišťuje pouze infiltrací. Přiváděný vzduch má tedy teplotní parametry venkovního vzduchu. Tepelná ztráta je poté úměrná rozdílu mezi vnitřní výpočtovou teplotou a venkovní oblastní výpočtovou metodou (BAŠTA, 2005 str. 9).

Tabulka č. 3: Vypočítané hodnoty tepelné ztráty větráním vybraných místností

Číslo místnosti		11	12	13	14
Objem	V	22.14	5.67	41.85	28.35
Výp.venk.teplota	θ_e	-12	-12	-12	-12
Výp.vnitř.teplota	θ_i	20	20	20	20
Nejmenší hygien.intenzita výměny vzduchu	$n_{min,i}$	0.5	0.5	0.5	0.5
Nejmenší hygienické množství vzduchu	$V_{min,i}$	11.07	2.84	20.93	14.18
Nechráněné otvory	-	1.00	1.00	1.00	0.00
Intenzita výměny při 50 Pa	n_{50}	4.50	4.50	4.50	4.50
Činitel zaclonění	e	0.02	0.02	0.02	0.00
Výškový korekční činitel	ε	1.00	1.00	1.00	1.00
Množství vzduchu infiltrací	$V_{inf,i}$	3.99	1.02	7.53	0.00
Zvolená výp.hodnota	V_i	11.07	2.84	20.93	14.18
Návrhový součinitel tepelné ztráty	$H_{v,i}$	3.76	0.96	7.11	4.82
Teplotní rozdíl	$\Delta\theta$	32	32	32	32
Návrhová tep.ztráta větráním	$\phi_{v,i}$	120.44	30.84	227.66	154.22

Zdroj: Autorská práce

Výsledky ostatních tepelných ztrát větráním jsou přiloženy v příloze č. 4. Nejvyšších hodnot dosahují jižně orientované místnosti v prvním patře číslo 26 a 27, kde se nachází mnoho tepelných mostů, tj. oken a balkonových dveří.

4.2.4. Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru

Celková tepelná ztráta je vyjádřena vzorcem 1.3. Vypočítané hodnoty jsou zobrazeny v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Celkové tepelné ztráty jednotlivých místností

Přirozené větrání				
Číslo místn.	Popis	Tepelný výkon - ztráta prostupem	Tepelný výkon - ztráta větráním	Celkový tepelný výkon
		$\phi_{t,i}$ [W]	$\phi_{v,i}$ [W]	$\phi_{hl,i}$ [W]
11	Předsíň	136.27	120.44	256.71
12	WC	44.72	30.84	75.57
13	Pokoj I	261.07	227.66	488.74
14	Pokoj II	201.74	154.22	355.96
15	Předsíň II	169.85	120.44	290.30
16	Koupelna	229.98	99.14	329.13
17	Kuchyň	309.31	102.82	412.13
18	Pokoj III	486.25	242.35	728.60
19	Pokoj IV	723.78	261.45	985.23
21	Chodba	361.57	159.28	520.86
22	WC	6.15	22.20	28.35
23	Koupelna	39.62	83.72	123.34
24	Jídelna	196.43	139.70	336.13
25	Kuchyň	115.62	120.12	235.74
26	Pokoj I	152.06	258.51	410.57
27	Pokoj II	430.90	261.12	692.02
	Celkem	3,870	2,400	6,270

Zdroj: Autorská práce

Z hodnot uvedených v tabulce č. 4 vyplývá, že největší tepelnou ztrátu dosahují, i přes svou orientaci na jižní stranu, nechráněné pokoje. V přízemí je to pokoj č. IV a v prvním patře pokoj číslo č. II. Jedním z důvodů tohoto faktu je větší množství

tepelných mostů, tedy množství oken a dveří. Na druhou stranu jsou místnosti dominantní co se týká velikosti objemu v objektu.

4.2.5. Výpočet potřeby tepla na vytápění a ohřev teplé vody

Při rozhodování o volbě nejvhodnějšího zdroje tepla bylo při výpočtu vybíráno ze tří alternativ, a sice plynový kondenzační kotel, kotel na tuhá paliva (pelety) v kombinaci se solárním kolektorem a tepelné čerpadlo. Vypočtená potřeba tepla byla stanovena dle vzorců a lokálních podmínek pomocí denostupňové metody (vyjádřené vzorem 1.15.).

Tabulka č. 5: Potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění pro $\Delta t_{np}=12^{\circ}\text{C}$		-
T _{is}	20.27	°C
T _{es}	4	°C
T _{ev}	-12	°C
d _{ny}	216	dnů
e _t	0.95	-
e _d	1	-
ε	0.62	-
Q_d	34,596,107,346	J
Q_d	9,610.03	kWh

Zdroj: Autorská práce

Výsledné hodnoty potřeby tepla jsou shrnuty v tabulce č. 5. Výsledek odráží potřebu energie potřebnou na pokrytí tepelných ztrát prostupem a větráním konstrukcí domu. Podle měrné potřeby tepla na vytápění EA (vyjádřené vzorcem 1.17.) se domy rozdělují na nízkoenergetické, pasivní a nulové. Běžné novostavby dosahují hodnot 80 – 140 kWh/m². Popisovaný dům dosáhl hodnoty 56,166 kWh/m². Nízkoenergetické stavby mají hodnotu EA menší než 50 kWh/m², nižší hodnoty než 15 kWh/m² dosahují

pasivní domy a pod 5 kWh/m² se jedná o nulové domy (tzv. stavby s přebytky tepla).¹⁴ Dům tedy nesplnil potřebné hranice, i tak ale dosažená hodnota odráží dobré tepelně-izolační vlastnosti.

4.3. Návrh otopné soustavy

Z důvodu chybějícího rozvodu otopné soustavy v domě je nutné pro navrhovaná řešení provést návrh otopné soustavy, kterou budou jednotlivé navrhované varianty využívat. Otopná soustava bude navržena jako dvoutrubková s nuceným oběhem a horním rozvodem, s teplotním spádem 50/40 °C.

Bylo vybíráno z deskových otopných těles. Tyto tělesa šetří prostor, mají dobré termoregulační vlastnosti a jsou cenově dostupné. Cenová dostupnost byla hlavní podmínkou výběru. V tabulce se nachází přehled výběru nabízených variant:

Tabulka č. 6: Cenová dostupnost vybraných radiátorů

Typ OT	Rozměry OT	Cena OT
Korado Radik 10	900x600	1,297 Kč
Buderus C-Profil 10 C	900x600	1,715 Kč
Stelrad Compact 11	900x600	2,405 Kč
Daikin-Airfel	900x601	1,611 Kč

Zdroj: Autorská práce

Otopná desková tělesa byla na základě kritérií výše ceny vybrána od výrobce firmy KORADO z produktové řady Radik Klasik 10 a 20. Materiál potrubní sítě byla zvolena měď.

¹⁴ *Měrná potřeba tepla na vytápění* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-08.]. Dostupné na WWW: <<http://www.nazeleno.cz/merna-potreba-tepla-na-vytapeni.dic>>

Tabulka č. 7: Typy použitých otopných těles

TYPY POUŽITÝCH OTOPNÝCH TĚLES				
Místnost	Typ OT	Rozměry OT	Tepelná ztráta místnosti [W]	Tepelný výkon OT [W]
11	Korado Radik 10	900x600x47	256,71	279
12	Korado Radik 11	500x300x47	75,57	83
13	Korado Radik 11	1400x400x63	488,74	504
14	Korado Radik 10	1400x500x47	355,96	366
15	Korado Radik 10	1200x500x47	290,30	314
16	Korado Radik 10	900x600x47	329,13	279
17	Korado Radik 21	900x400x66	412,13	425
18	Korado Radik 11	1800x500x63	728,60	784
19	Korado Radik 11	2 x 1400x400x63	985,23	1,004
21	Korado Radik 22	900x400x100	520,86	550
22	Haisse Rohre 40	1000x18	28,35	40
23	Korado Radik 11	500x400x63	123,34	179
24	Korado Radik 10	1200x500x47	336,13	314
25	Korado Radik 11	900x600x47	235,74	279
26	Korado Radik 21	900x400x66	410,57	425
27	Korado Radik 10 Korado Radik 21	1200x500x47 600x600x66	692,02	702

Zdroj: Autorská práce

4.4. Volba otopných těles

Otopná tělesa byla zvolena pomocí konfiguratoru vybraného výrobce. Vstupními hodnotami byla příslušná tepelná ztráta místnosti a teplotní spád. Konfigurator výrobce přepočítává výkony otopných těles dle zadaných údajů, není tedy potřeba přepočítávat tepelný výkon těles.

Tabulka č. 8: Cenová kalkulace použitých otopných těles

	POPIS	MNOŽSTVÍ ks, m	CENA ZA KUS Kč/ks/m	CENA CELKEM Kč
1	Otopné těleso KORADO Radik 11 500x300x47	1	719.00 Kč	719.00 Kč
2	Otopné těleso KORADO Radik 11 1400x400x63	3	2,431.00 Kč	7,293.00 Kč
3	Otopné těleso KORADO Radik 10 1400x500x47	1	1,617.00 Kč	1,617.00 Kč
4	Otopné těleso KORADO Radik 10 1200x500x47	3	1,445.00 Kč	4,335.00 Kč
5	Otopné těleso KORADO Radik 10 900x600x47	3	1,297.00 Kč	3,891.00 Kč
6	Otopné těleso KORADO Radik 21 900x400x66	2	2,334.00 Kč	4,668.00 Kč
7	Otopné těleso KORADO Radik 11 1800x500x63	1	3,146.00 Kč	3,146.00 Kč
8	Otopné těleso KORADO Radik 22 900x400x100	1	2,709.00 Kč	2,709.00 Kč
9	Otopné těleso KORADO Radik 11 500x400x63	1	1,345.00 Kč	1,345.00 Kč
10	Otopné těleso KORADO Radik 21 600x600x66	1	2,323.00 Kč	2,323.00 Kč
11	Elektrické topné těleso Heisse Rohre 40W 1000x18	1	1,936.00 Kč	1,936.00 Kč
12	Termoregulační ventil HEIMEIER WK	17	598.00 Kč	10,166.00 Kč
13	Regulační šroubení HEIMEIER VEKOLUX N	14	507.00 Kč	7,098.00 Kč
14	Regulační šroubení IVAR.M-RO-02, rohový	3	996.00 Kč	2,988.00 Kč
15	Topenářská Cu trubka 22x1	27	181.00 Kč	4,887.00 Kč
16	Topenářská Cu trubka 18x1	21	149.00 Kč	3,129.00 Kč
17	Topenářská Cu trubka 15x1	12	128.00 Kč	1,536.00 Kč
18	Topenářská Cu trubka 12x1	38	98.00 Kč	3,724.00 Kč
19	Topenářská Cu trubka 10x1	26.5	89.00 Kč	2,358.50 Kč
CELKOVÁ CENA ZA CELOU OTOPNOU SOUSTAVU				69,868.50 Kč

Zdroj: Autorská práce

Z důvodu chybějící otopné soustavy v domě bylo nutné, pro funkčnost navrhovaných alternativních řešení, navrhnout nové provedení. Náklady na otopnou soustavu dosahují částky, která bude ovlivňovat návratnost investic. Skutečnost odráží reálnou situaci v popisovaném objektu.

4.5. Výchozí situace vytápění domu

V objektu se nachází způsob vytápění pomocí elektrických přímotopů. Tato varianta se stala postupem času velmi nákladnou. V současné situaci na trhu sice ceny elektřiny mírně klesají, dá se ale předpokládat, že se bude jednat pouze o přechodné období. Následující údaje budou výchozí pro stanovení ekonomické návratnosti navrhovaných variant.

Průměrné roční náklady na vytápění objektu pomocí elektrických přímotopů: sazba D 45d – Dvoutarifová sazba s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 20 hodin. Cena nízkého tarifu je stanovena na 2,295,- Kč/kWh.¹⁵

Spotřeba energie na vytápění je průměrně 12 950 kWh x 2,295 = **29.720,- Kč**.
Spotřeba energie na ohřev teplé vody je průměrně 5 154 kWh x 2,295 = **11.828,- Kč**.

Spotřeba energie na ohřev teplé vody byla vypočtena v souladu s metodikou ČSN EN 15316-3. Norma mimo jiné počítá s rozdílným časovým rozdělením odběru množství teplé vody. Výpočtová pomůcka je umístěná v příloze č. 5. Výrazný vliv na výslednou hodnotu 4.900 kWh má způsob definování potřeby teplé vody V_{2P} (l/os x perioda) a rozsah časového odběru teplé vody (VAVŘIČKA, 2012 str. 55).

Růst cen energie byl odvozen z průměrného devítiletého vývoje cen elektrické energie, které rostou průměrně o 2% ročně (TBZ-info.cz). Pro objekt byly vybrány následující alternativní druhy vytápění. Cílem bylo ukázat dostupné varianty, které se nacházejí na trhu, a aplikovat je na popisovaný dům. Při hledání vhodných variant byl kladen důraz na ekonomickou návratnost.

¹⁵ *Přehled cen elektrické energie* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-18.]. Dostupné na WWW: <<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie#d35>>

4.6. Varianta vytápění pomocí kotle na pelety v kombinaci se solárními kolektory

Na základě zvolených kritérií byl vybrán kotel na pelety. Rozhodující kritéria pro výběr kotle byla s ohledem na tepelné ztráty objektu určena v tabulce níže. Jedná se o cenu, spotřebu paliva, účinnost a výkon.

Tabulka č. 9: Srovnání kotlů na pelety

Typ Kotle na pelety	Účinnost %	Cena včetně DPH	Výkon kW	Průměrná spotřeba paliva kg.h-1
BENEKLOV C 15 P - Economix	87.4%	81,058 Kč	14	3.1
ATMOS D 14 P zásobník 500 l	90,3%	68,368 Kč	4 – 14	3.5
VIADRUS Hercules ECO	83.0%	83,321 Kč	7 – 24	1,8 - 5,9
Rojek A 15 zásobník 300 l	87.1%	77,198 Kč	14	2.9

Zdroj: Autorská práce

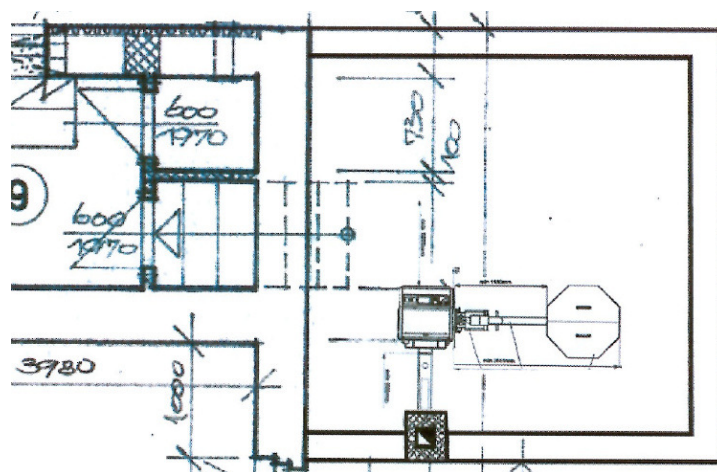
Porovnáním kritérií vybraných variant na trhu byl vybrán kotel na pelety ATMOS D 14P s výkonem 4 – 14 kW. Kotel si bude do hořáku automaticky, za pomoci šnekového dopravníku, odebírat pelety o průměru 6 až 8 mm ze zásobníku. Zásobník bude umístěn vedle kotle v kotelně. Otopný systém bude použit z navrženého řešení, které je vypracováno v předchozí části.

Obr. 13: Automatický kotel na pelety Atmos



Zdroj: *Automatický kotel na pelety* [Online]. 2014 [Citace: 2014 01-27.].
Dostupné na WWW: < <http://www.atmos.cz/czech/kotle-004>>

Obr. 14: Plán kotelny



Zdroj: Autorská práce

Kotel na pelety bude umístěn v kotelně. V místnosti je zajištěn dostatečný přístup vzduchu, který je potřebný pro spalování. Nachází se na pozemku u silnice a je dobře dostupná od místa, kde jsou uskladněny pelety. Pelety budou zajišťovány ve formě patnácti kilových pytlů. Prostor splňuje základní prostředí pro umístění kotlů, AA5/AB5 dle ČSN 33 2000-1¹⁶.

4.6.1. Technické údaje o vybraném kotli ATMOS

Výkonový rozsah:	4 – 14 kW
Účinnost:	90,3 %
Rozměry:	620 x 1207 x 768 mm
Předepsané palivo:	kvalitní pelety o průměru 6 – 8 mm.
Elektrický příkon:	při provozu 42 W
Životnost:	min. 10 let
Průměrná spotřeba paliva:	3,5 kg.h ⁻¹

<u>Kalkulace:</u>	Kotel ATMOS D14 P 4 - 14 kW	26.986,- Kč
	Hořák ATMOS A25 4 - 24 kW	23.474,- Kč
	Šnekový dopravník DA1500 o délce 1,5 m	10.769,- Kč
	Nádrž na pelety 500 l	7.139,- Kč
	Akumul.nádrž 750 l s plov.bojlerem 140 l pro ohřev TUV+solár s izolací	35.796,- Kč
	Laddomat 21	7.830,- Kč
	Montáž, doprava, příslušenství	9.075,- Kč
	<u>Celková cena za sestavu:</u>	<u>121.069,- Kč</u>

¹⁶ *Elektrické instalace nízkého napětí* [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-18.]. Dostupné na WWW: <http://www.technicke-normy-csn.cz/inc/nahled_normy.php?norma=332000-csn-33-2000-1-ed-2&kat=83182>

Do celkové ceny sestavy kotle na pelety bylo potřebné začlenit také Laddomat. Zařízení prodlužuje životnost kotle. Laddomat chrání kotel před vracící se studenou vodou a redukuje vznik koroze ve spodní části kotle. Umožňuje lepší využití energie. Používá se zejména pro zajištění rychlé provozní teploty po zátoku, nabíjení akumulční nádrže na vysokou teplotu, nízkou rychlost proudění a po ukončení topení dokáže převést zbývající teplo z kotle do akumulční nádrže¹⁷.

Tabulka č. 10: Náklady na provoz kotle na pelety

Pelety		
η_k	0.903	
η_o	0.99	
η_r	0.98	
Q_{d,skt}	10,969.22	kWh
Výhř.	18.80	MJ/kg
CDP	7.06	Kč/kg
Cena	14,838	Kč/rok

Zdroj: Autorská práce

Roční náklady na provoz:

Palivo pro kotel pelety včetně dopravy: výhřevnost 18,8 MJ/kg 7,06,- Kč/kg
Na základě potřeby tepla: 2.100 kg 14.838,- Kč

Spotřeba elektřiny (průměr 4,8,- Kč/kWh):
0,045 kW x 5400 h x 4,8 = 1.166,- Kč

Předpokládané roční náklady na ohřev teplé vody:
průměrně (2500 kWh = 550 kg pelet) x 7,06 Kč/Kg = 3.883,- Kč.

Celkem: 19.887,- Kč

¹⁷ Laadomat 21 [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-24.]. Dostupné na WWW: <
<http://www.atmos.cz/czech/prislusenstvi-001-laddomat-21>>

Náklady na provoz kotle jsou složeny z ceny peletového paliva¹⁸ a spotřeby elektrické energie. V ceně pelet uvedených v tabulce č. 9 je zahrnuta i doprava pelet. V zimním období nelze spoléhat na ohřev teplé vody pomocí solárních kolektorů. Do nákladů bylo tedy nutné zahrnout také energii potřebnou na ohřev teplé vody v zimních měsících.

4.6.2. Solární soustava

Systém vytápění objektu budou doplňovat solární kolektory na ohřev teplé vody. Požadovaná teplota teplé vody je 55°C. Kolektory byly vybrány z navržených variant na základě výše ceny, účinnosti a životnosti.

Tabulka č. 11: Srovnání solárních soustav

Typ solární sestavy	Životnost let	Cena včetně DPH	Účinnost kolektoru %
VIADRUS Space Energy 300 V PLUS	25	124,618 Kč	76
Stiebel-eltron SOL 27 basic	25	120,092 Kč	79
Wagner & Co ECO line 410 AD	25	106,468 Kč	78
VacuSol VS 400	25	120,986 Kč	79

Zdroj: Autorská práce

Nejnižší cenu splňuje sestava se solárními kolektory německého výrobce Wagner & Co Solartechnik GmbH. Solární soustava je navržena bez obsluhy s minimálním časem na kontrolu těsnosti systému. Kolektor využívá celoplošný hliníkový absorbér s vysoce selektivním vakuovým povlakem.

¹⁸ *Pelety ENplus A1* [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-22.]. Dostupné na WWW: <http://www.ekopelety.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=23>

Obr. 15: Plochý kolektor



Zdroj: *Plochý kolektor SOL 27 basic* [Online]. 2014 [Citace: 2014 01-30.].
Dostupné na WWW: <<http://old.ceskykutil.cz/tags?tag=domovni-a-systemova-technika&dbb=594>>

4.6.3. Technické údaje o solární sestavě a kalkulace

Druh kolektoru:	Plochý kolektor na střechu
Rozměry:	1933 x 1163 x 80
Hmotnost:	33 kg
Plocha absorberu:	2,01 m ²
Účinnost:	78 %
Zisk kolektoru:	441 kWh/(m ² a)
Životnost:	25 let

<u>Kalkulace:</u>	Předpokládaná celková výše investice solární soustavy
	Wagner & Co EURO L42 HFT: <u>91.468,- Kč</u>

Tabulka č. 12: Soupis jednotlivých částí solární soustavy

2x Plochý kolektor EURO L42 HTF
1x Montážní sada pro uchycení na střechu TricA
1x Čerpadlová skupina Solarflow-2 /2-12 L
1x Solární řídicí jednotku SUNGO mini
3x PT 1000 tepelné čidlo
1x Solární expanzní nádobu 18 l
1x Připojení 3/4"
1x Pojistný ventil max. 6 bar
1x Průtokoměry 1 – 12 l/min
1x Manometr 0 – 6 bar
2x Teploměr
2x Integrované gravitační brzdy
1x Kulový ventil (uzamykatelný, s gravitační brzdou)
1x Vyvažovací ventil s jednotkou pro proplachování a plnění
1x Odvzdušňovací ventil
1x Odvzdušňovací láhev
1x Připojovací sada čerpadlové skupiny
1x Připojovací sada expanzní nádoby 3/4
1x Odvzdušňovací ventil s T-kusem a kompletním připojení R22-3/4
1x Kanystr solární kapaliny 10 l
1x Podrobný montážní návod vč. fotografií jednotlivých kroků
1x Práce na EURO TUV
1x Doprava

Zdroj: Autorská práce

Popis komponentů nutných pro funkčnost systému zahrnuje i dopravu a práci. V těchto činnostech je zahrnuta instalace kolektorů, potrubí a napojení k rozvodu TUV. Rozvody solárního okruhu jsou navrženy z Cu/nerez potrubí a tepelné izolace odolné proti UV záření.

4.6.4. Návratnost Investice kotle a solární soustavy

Varianta vytápění pomocí kotle na pelety vyžaduje započítat také náklady na otopnou soustavu.

Náklady na původní variantu celkem: 41.548,- Kč

Roční náklady na vytápění domu: 29.720,- Kč

Roční náklady na ohřev teplé vody: 11.828,- Kč

Náklady na navrhnutou variantu:

Celková cena na otopnou soustavu: 69.869,- Kč

Celková cena za sestavu kotle na pelety: 121.069,- Kč

Celková cena solární soustavy: 91.468,- Kč

Celkem: 282.406,- Kč

Roční náklady na vytápění domu pomocí kotle: 16.004,- Kč

Roční náklady na ohřev teplé vody: 3.883,- Kč

Finanční úspora nákladů oproti původní variantě: 21.661,- Kč

Ekonomická návratnost investice (1.18):

$$T_s = IN / CF = (69869 + 121069 + 91468) / 21661 = \underline{\underline{13 \text{ let}}}$$

Prostá doba návratnosti nezohledňuje časovou hodnotu peněz. Průkaznější je tedy použití diskontované doby návratnosti. Diskontní sazba se odvozuje od předpokládaných výnosů z alternativní investice. Hodnota výnosu desetiletého státního dluhopisu je stanovena na 2.43 %¹⁹. Společně s výší inflace 1,4 %²⁰ a diskontní sazbou 0,05 % odráží hodnoty časovou hodnotu peněz. U kotle na pelety bylo počítáno, na základě osmiletého vývoje cen peletového paliva, s ročním růstem nákladů ve výši 2% (PELETA).

¹⁹ *Výnos desetiletého státního dluhopisu* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-31.]. Dostupné na WWW: <<http://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/vynos-desetileteho-statniho-dluhopisu-maastrichtske-kriterium/>>

²⁰ *Inflace* [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-04.]. Dostupné na WWW: <<http://www.kurzy.cz/makroekonomika/inflace/>>

Tabulka č. 13: Diskontovaná doba návratnosti při využití kotle na pelety a solárního ohřevu vody

Rok	Investice	Náklady	Úspora	Diskontní faktor 3,9%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	282,406 Kč			1.000000		
1		19,887 Kč	21,661 Kč	0,962463	20,848 Kč	20,848 Kč
2		20,285 Kč	22,094 Kč	0,926336	20,467 Kč	41,315 Kč
3		20,691 Kč	22,536 Kč	0,891565	20,092 Kč	61,407 Kč
4		21,105 Kč	22,987 Kč	0,858099	19,725 Kč	81,132 Kč
5		21,527 Kč	23,447 Kč	0,825890	19,365 Kč	100,497 Kč
6		21,958 Kč	23,916 Kč	0,794889	19,011 Kč	119,508 Kč
7		22,397 Kč	24,395 Kč	0,765052	18,663 Kč	138,171 Kč
8		22,845 Kč	24,883 Kč	0,736335	18,322 Kč	156,493 Kč
9		23,302 Kč	25,381 Kč	0,708696	17,987 Kč	174,480 Kč
10		23,768 Kč	25,889 Kč	0,682094	17,659 Kč	192,139 Kč
11		24,243 Kč	26,407 Kč	0,656491	17,336 Kč	209,475 Kč
12		24,728 Kč	26,935 Kč	0,631849	17,019 Kč	226,494 Kč
13		25,223 Kč	27,473 Kč	0,608132	16,707 Kč	243,201 Kč
14		25,728 Kč	28,022 Kč	0,585305	16,401 Kč	259,602 Kč
15		26,243 Kč	28,582 Kč	0,563335	16,101 Kč	275,703 Kč
16		26,768 Kč	29,154 Kč	0,542189	15,807 Kč	291,510 Kč

Zdroj: Autorská práce.

Na základě vypočtených podkladů byla vypočítána diskontovaná doba návratnosti investice 15,5 let. Diskontní faktor byl vynásoben výší úspor při využití nového zdroje vytápění a ohřevu teplé vody. Při úrovni, kdy se kumulovaný součet diskontovaných úspor vyrovnal úrovni počáteční investice, nastala doba návratnosti investice.

Vysoké náklady jsou způsobeny na jedné straně nutností vybudování chybějící otopné soustavy a cenou solární soustavy. Garantovaná životnost kotle na pelety je minimálně 10 let. Ke kotli je připojen Laddomat, který prodlužuje životnost kotle. Při správné obsluze zařízení by tedy měla být splněna podmínka návratnosti investice vzhledem k její životnosti. Solární kolektor má předpokládanou životnost 25 let. Z důvodu započítání všech příslušenství této sestavy je celková návratnost vyšší než garantovaná životnost kotle na pelety.

Při zahrnutí dotací z nového programu Zelená úsporám 2014 ve výši 66.075,- Kč by se zlepšila ekonomická návratnost dané varianty. Program podporuje investici do nových solárních kolektorů částkou 35.000,- Kč a kotle na pelety maximální mírou podpory 55% z ceny pořízení kotle a 80.000,-Kč. Dotace nelze pro zvolenou variantu využít z důvodu vytápění elektrickými přímotopy. Vytápění elektřinou je považováno

Ministerstvem životního prostředí jako ekologický zdroj energie, a nevztahují se na něj dotace.

4.7. Vytápění pomocí tepelného čerpadla země – voda

Energie získaná z venkovního vzduchu, země nebo vody, šetří životní prostředí. Při zvolení vhodné varianty je možné získat velmi ekonomicky výhodné náklady na vytápění a přípravu teplé vody. Provozem čerpadel nevznikají žádné emise do ovzduší, ale 25% z celkové topné energie je nutné získat na provoz čerpadla z elektrického proudu. Úspěšnost a ekonomická návratnost projektu v praxi mnohdy závisí na zvolení správné varianty.

Tabulka č. 14: Srovnání tepelných čerpadel země - voda

Typ tepelného čerpadla	Cena včetně DPH	Topný výkon kW	Spotřeba energie kWh/24h
Vallant geoTHERM VWS 102/3	192,000 Kč	10.9	1.1
ITV Greenline HE C6	208,900 Kč	5.5	1.33
ACOND Z 6	259,578 Kč	6	1.9
AquaMaster Inverter 22IC	250,686 Kč	6	1.7

Zdroj: Autorská práce.

Na základě srovnání vybraných tepelných čerpadel bylo zvoleno tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM VWS 102/3 plus s integrovaným zásobníkem teplé vody na 175 litrů. Čerpadlo bude získávat energii ze dvou zemních vrtů. Vrtů je nutné při celkové tepelné ztrátě 6,3 kW vyhloubit přibližně dva vrtů do hloubky 60-ti metrů²¹.

²¹ Tepelná čerpadla – hloubkové vrtů [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-06.]. Dostupné na WWW: <<http://www.gascontrolplast.cz/tepelna-cerpadla-hloubkove-vrty.html>>

Obr. 16: Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM



Zdroj: *Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM* [Online]. 2014 [Citace: 2014 01-29.]. Dostupné na WWW: < <http://www.vaillant.cz/geotherm-plus-vwl-102-3-s-p172.html> >

4.7.1. Technické údaje o čerpadlu a kalkulace

Topný výkon:	10,9 kW
Rozměry:	1800 x 600 x 840 mm
Příkon čerpadla:	3,2 kW
Elektrický příkon:	2,7 kW
Pohotovostní spotřeba energie:	1,1 kWh/24h
Životnost čerpadla:	záruka 10 let

Kalkulace:

Tepelné čerpadlo Vallant geoTHERM VWS 102/3:	192.000,- Kč
Zemní práce s vyhloubením vrtů:	120.000,- Kč
Montáž, doprava, příslušenství:	34.900,- Kč
 Celkem:	 <u>346.900,- Kč</u>

Roční náklady na provoz:

Tabulka č. 15: Náklady na provoz čerpadla

Tepelné Čerpadlo		
η_k	0.98	
η_o	0.99	
η_r	0.98	
Qd,skt	10,107.35	kWh
PRE VT	2,573.60	MWh
výp. VT dle PRE	887.173634	Kč/MWh
2 hod./denně	838.91	kWh/rok
celk.	744.259022	Kč
PRE NT	2,119.38	MWh
výp. VT dle PRE	662.179414	Kč/MWh
22 hod./denně	9,265.41	kWh/rok
celk.	6135.36346	Kč
stálé platby	4747.08	Kč
Cena	11,627	Kč/rok

Zdroj: Autorská práce

Předpokládané roční náklady na ohřev teplé vody:

$$4,724 \text{ MWh} \times 662,179 \text{ Kč/MWh} + 0,42775 \text{ MWh} \times 887,174 \text{ Kč/MWh} = 3.508,- \text{ Kč}$$

$$\text{Celkem: } 11816 + 5152 = \underline{15.135,- \text{ Kč}}$$

Náklady na provoz čerpadla se odráží v cenách elektrické energie. Za předpokladu využití tepelného čerpadla je používána dvoutarifová sazba pro vytápění D 56d s operativním řízením doby platnosti nízkého tarifu po dobu 22 hodin²².

4.7.2. Návratnost Investice

Varianta vytápění pomocí tepelného čerpadla vyžaduje započítat také náklady na otopnou soustavu.

Náklady na původní variantu celkem: 41.548,- Kč

Roční náklady na vytápění domu: 29.720,- Kč

Roční náklady na ohřev teplé vody: 11.828,- Kč

Náklady na variantu s tepelným čerpadlem:

Celková cena za otopnou soustavu: 69.869,- Kč

Celková cena za tepelné čerpadlo: 192.000,- Kč

Celková cena za zemní práce a příslušenství: 154.900,- Kč

Celkem: 416.769,- Kč

Roční náklady na vytápění domu pomocí čerpadla: 15.135,- Kč

Finanční úspora nákladů oproti původní variantě: 26.413,- Kč

Ekonomická návratnost investice (1.18):

$$T_s = IN / CF = 416769 / 26413 = \mathbf{15,8 \text{ let}}$$

Prostá doba návratnosti investice je 15,8 let. Vysoké náklady jsou způsobeny hlavně vyhloubením vrtů a nutností vybudování chybějící otopné soustavy.

²² *Přehled cen elektrické energie* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-26.]. Dostupné na WWW: <<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie#d35>>

Garantovaná záruka tepelného čerpadla je 10 let. Životnost je při výměně kompresoru čerpadla vyšší, až 25 let.

V případě zahrnutí dotací v kategorii C2 z nového programu Zelená úsporám 2014 by se mohla čerpat dotace až ve výši 80.000,- Kč. Dotaci nelze čerpat z důvodu stávajícího vytápění elektřinou. Na tepelné čerpadlo však bude možnost získat dotaci z programu Čistá energie Praha 2014. Program bude spuštěn v druhé polovině roku 2014 a je zde předpoklad, že bude zprovoznění tepelného čerpadla na území Prahy od tohoto období podporováno částkou 60.000,- Kč²³.

Tabulka č. 16: Diskontovaná míra návratnosti tepelného čerpadla

Rok	Investice	Náklady	Úspora	Diskontní faktor 3,9%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	416,769 Kč			1.000000		
1		15,135 Kč	26,413 Kč	0,962463	25,422 Kč	25,863 Kč
2		15,438 Kč	26,941 Kč	0,926336	24,956 Kč	50,819 Kč
3		15,747 Kč	27,480 Kč	0,891565	24,500 Kč	75,319 Kč
4		16,062 Kč	28,030 Kč	0,858099	24,053 Kč	99,372 Kč
5		16,383 Kč	28,591 Kč	0,825890	23,613 Kč	122,985 Kč
6		16,711 Kč	29,163 Kč	0,794889	23,181 Kč	146,166 Kč
7		17,045 Kč	29,747 Kč	0,765052	22,758 Kč	168,924 Kč
8		17,386 Kč	30,342 Kč	0,736335	22,342 Kč	191,266 Kč
9		17,734 Kč	30,949 Kč	0,708696	21,933 Kč	213,199 Kč
10		33,089 Kč	18,089 Kč	0,682094	12,338 Kč	225,537 Kč
11		18,451 Kč	32,199 Kč	0,656491	21,138 Kč	246,675 Kč
12		18,820 Kč	32,843 Kč	0,631849	20,752 Kč	267,427 Kč
13		19,196 Kč	33,500 Kč	0,608132	20,372 Kč	287,799 Kč
14		19,580 Kč	34,170 Kč	0,585305	20,000 Kč	307,799 Kč
15		19,972 Kč	34,853 Kč	0,563335	19,634 Kč	327,433 Kč
16		20,379 Kč	35,543 Kč	0,542189	19,271 Kč	346,704 Kč
17		20,787 Kč	36,253 Kč	0,521838	18,918 Kč	365,622 Kč
18		21,203 Kč	36,978 Kč	0,502250	18,572 Kč	384,194 Kč
19		21,627 Kč	37,718 Kč	0,483397	18,233 Kč	402,427 Kč
20		37,060 Kč	23,472 Kč	0,465253	10,920 Kč	413,347 Kč
21		22,501 Kč	39,242 Kč	0,447789	17,572 Kč	430,919 Kč

Zdroj: Autorská práce

Na základě vypočtených podkladů je diskontovaná doba návratnosti investice ve výši 20,2 let. Využití tepelného čerpadla přináší nízké provozní náklady a ekologickou šetrnost vůči životnímu prostředí. Ekonomická návratnost však mnohdy nebývá v porovnání s životností čerpadel rentabilní. Do výše nákladů byla zahrnuta výměna kompresoru tepelného čerpadla po 10 letech životnosti ve výši 15.000,- Kč. Ve

²³ Program čistá energie Praha 2013 [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-26.]. Dostupné na WWW: <http://www.praha.eu/public/36/21/ff/1534450_366562_pravida2013_n.pdf>

zvoleném případě by se měly vložené náklady do tepelného čerpadla při životnosti kolem 25 let a nutnosti výměny kompresoru vrátit.

4.8. Vytápění pomocí kondenzačního kotle

V domě se nachází plynová přípojka. Vytápění plynovým kotlem nebylo nikdy v domě využíváno, proto bude navržena varianta konvenčního zdroje energie. Porovná se tím způsobem výhodnost alternativních řešení k hojně využívanému zdroji vytápění objektů. Pomocí vybraných kritérií bylo porovnáno několik variant. Důraz byl kladen na cenu a účinnost kotle.

Tabulka č. 17: Srovnání kondenzačních kotlů

Typ kondenzačního kotle	Účinnost %, topná křivka 50/30C	Cena včetně DPH	Výkon kW	Spotřeba zemního plynu m ³ /hod.
Germinox SARADENS 2-17 SET-111	107	83,478 Kč	2.5 - 17.6	0.26 - 1.86
Protherm Tiger Condens 25 KKZ42	108	66,429 Kč	5.4 - 19.6	0.46 - 2.15
Viadrus ViaKON 24 B	106	57,959 Kč	4 - 24.1	0.45 - 2.52
Buderus Logamax plus GB172-24T50	101.4	62,799 Kč	7.3 - 23.6	0.72 - 3.18
Vaillant VUW 236/3-5 ecoTEC plus	108	49,000 Kč	5.7 - 19.7	0.57 - 2.24

Zdroj: Autorská práce

Vybranou variantou je kondenzační kotel Vaillant s průtokovým ohřevem teplé vody. Kotel tak bude využíván pro vytápění rodinného domu, přípravu teplé vody a využívat navrženou otopnou soustavu. Normovaný stupeň využití, který je v tabulce č. 11 označen jako účinnost, dosahuje hodnot nad 100%. Jedná se o hodnoty, které zohledňují energii spalin obsaženou ve vodní páře. Reálné hodnoty účinnosti by byly dosaženy na maximálně 97,5%, kdyby se účinnost počítala pouze ze spalného tepla

plynu. Pro porovnání kondenzačních kotlů se stanovuje normovaný stupeň ve vztahu k výhřevnosti²⁴.

Obr. 17: Kondenzační kotel Vaillant VUW 236/3 – 5 ecoTEC plus



Zdroj: *Závěsný plynový kotel s ohřevem TV* [Online]. 2014 [Citace: 2014 02-08.]. Dostupné na WWW: <<http://www.vaillant.cz/zavesny-plynovy-kotel-s-ohrevem-tv-vuw-ecotec-plus-3-5-p222.html>>

4.8.1. Technické údaje a kalkulace

Výkonový rozsah:	5,7 – 19,7 kW
Účinnost:	108 %
Spotřeba zemního plynu:	0,57 – 2,24 m ³ /hod.
Rozměry:	720 x 440 x 335 mm
Průtok výměníkem:	817 l/hod.
Elektrický příkon:	max. 110 W

²⁴ *Využití energie u kondenzační techniky* [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-19.]. Dostupné na WWW: <<http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>>

<u>Kalkulace:</u>	Vaillant VUW 236/3 – 5 ecoTEC plus	
	S průtokovým ohřevem teplé vody	49.000,- Kč
	Montáž, doprava, příslušenství	10.000,- Kč
	<u>Celková cena za sestavu:</u>	<u>59.000,- Kč</u>

Roční náklady na provoz:

Tabulka č. 18: Náklady na provoz kondenzačního kotle

Plyn		
η_k	0.96	
η_o	0.99	
η_r	0.98	
Qd,skt	10,317.92	kWh
PP a.s.	1,286.56	Kč./Mwh
	234.2	Kč/měsíc
Cena	18,936	Kč/rok

Zdroj: Autorská práce

Předpokládané roční náklady na ohřev teplé vody:

$$5,26 \text{ MWh} \times 1286,6 \text{ Kč/MWh} = 6.768,- \text{ Kč}$$

Celkem: $(16085 + 2851 + 6768) = \underline{25.704,- \text{ Kč}}$

Náklady na provoz kondenzačního kotle se odrážejí v platném ceníku zemního plynu pro zákazníky Pražské plynárenské, a. s.²⁵ a spotřebě elektrické energie daného zařízení.

²⁵ *Prodejní ceny zemního plynu* [Online]. 2014 [Citace: 2014-01-29.]. Dostupné na WWW: <http://www.ppas.cz/sites/default/files/pdf/ceniky/plyn/2014/ppd/Cenik_PP_01_01_2014_MODOM_PPD.pdf>

4.8.2. Návratnost Investice do kondenzačního kotle

Varianta vytápění pomocí kondenzačního kotle vyžaduje započítat také náklady na otopnou soustavu.

Náklady na původní variantu celkem: 41.548,- Kč

Roční náklady na vytápění domu: 29.720,- Kč

Roční náklady na ohřev teplé vody: 11.828,- Kč

Náklady na navrhnutou variantu:

Celková cena na otopnou soustavu: 69.869,- Kč

Celková cena za sestavu kondenzačního kotle: 59.000,- Kč

Celkem: 128.869,- Kč

Roční náklady na vytápění domu pomocí kotle: 25.704,- Kč

Finanční úspora nákladů oproti původní variantě: 15.844,- Kč

Ekonomická návratnost investice (1.18):

$$T_s = IN / CF = 128869 / 15844 = \mathbf{8 \text{ let}}$$

Zahrnutím dotace z nového programu Zelená úsporám 2014 ve výši 18.000,- Kč²⁶ by se zlepšila ekonomická návratnost dané varianty. Pro danou variantu ale nelze dotaci využít z důvodu stávajícího řešení vytápění elektrickými přímotopy. Vyšší náklady jsou způsobeny hlavně nutností vybudování chybějící otopné soustavy. Vývoj cen plynu posledních sedmi let odvodil růst nákladů průměrně ve výši 3,9 % ročně (CENA-PLYNU).

²⁶ Dotace na kotle [Online]. 2014 [Citace: 2014-02-05.]. Dostupné na WWW: <http://www.jaknazelenou.cz/dotace_na_kotle/>

Tabulka č. 19: Diskontovaná míra návratnosti kondenzačního kotle

Rok	Investice	Náklady	Úspora	Diskontní faktor 3,9%	Diskontovaná úspora	Kumulovaná úspora
	128,869 Kč			1.000000		
1		25,704 Kč	15,844 Kč	0,962463	15,249 Kč	15,249 Kč
2		26,707 Kč	15,672 Kč	0,926336	14,518 Kč	29,767 Kč
3		27,749 Kč	15,478 Kč	0,891565	13,780 Kč	43,547 Kč
4		28,831 Kč	15,261 Kč	0,858099	13,095 Kč	56,642 Kč
5		29,955 Kč	15,019 Kč	0,825890	12,404 Kč	69,046 Kč
6		31,123 Kč	14,751 Kč	0,794889	11,725 Kč	80,771 Kč
7		32,337 Kč	14,455 Kč	0,765052	11,059 Kč	91,830 Kč
8		33,598 Kč	14,130 Kč	0,736335	10,404 Kč	102,234 Kč
9		34,908 Kč	13,775 Kč	0,708696	9,762 Kč	111,996 Kč
10		36,269 Kč	13,388 Kč	0,682094	9,132 Kč	121,128 Kč
11		37,684 Kč	12,966 Kč	0,656491	8,512 Kč	129,640 Kč

Zdroj: Autorská práce

Za použití podkladů byla vypočítána diskontovaná doba návratnosti investice, dle vzorce 1.19. Diskontní faktor byl vynásoben výší úspor při využití nového zdroje vytápění a ohřevu teplé vody. Při úrovni 11 let se kumulovaný součet diskontovaných úspor vyrovná úrovni počáteční investice a nastane její doba návratnosti.

4.9. Čistá současná hodnota (NPV)

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

4.9.1. Kotel na pelety se solárním kolektorem

U kotle na pelety bylo počítáno, na základě osmiletého vývoje cen peletového paliva, s ročním růstem nákladů ve výši 2%²⁷.

²⁷ *Dřevěné pelety – vývoj cen a novinky na trhu* [Online]. 2014 [Citace: 2014-03-05.]. Dostupné na WWW: <<http://oze.tzb-info.cz/peletky/9653-drevene-pelety-vyvoj-cen-a-novinky-na-trhu>>

Tabulka č. 20: NPV sestavy kotle na pelety

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odůročitel	DFC
0	0 Kč	282,406 Kč	-282,406 Kč	1,000000	-282,406 Kč
1	0 Kč	19,887 Kč	-19,887 Kč	0,962463	-19,141 Kč
2	0 Kč	20,285 Kč	-20,285 Kč	0,926336	-18,791 Kč
3	0 Kč	20,691 Kč	-20,691 Kč	0,891565	-18,447 Kč
4	0 Kč	21,105 Kč	-21,105 Kč	0,858099	-18,110 Kč
5	0 Kč	21,527 Kč	-21,527 Kč	0,825890	-17,779 Kč
6	0 Kč	21,958 Kč	-21,958 Kč	0,794889	-17,112 Kč
7	0 Kč	22,397 Kč	-22,397 Kč	0,765052	-17,130 Kč
8	0 Kč	22,845 Kč	-22,845 Kč	0,736335	-16,822 Kč
9	0 Kč	23,302 Kč	-23,302 Kč	0,708696	-16,514 Kč
10	0 Kč	23,768 Kč	-23,768 Kč	0,682094	-16,212 Kč
11	0 Kč	24,243 Kč	-24,243 Kč	0,656491	-15,907 Kč
12	0 Kč	24,728 Kč	-24,728 Kč	0,631849	-15,624 Kč
13	0 Kč	25,223 Kč	-25,223 Kč	0,608132	-15,339 Kč
14	0 Kč	25,728 Kč	-25,728 Kč	0,585305	-15,059 Kč
15	0 Kč	26,243 Kč	-26,243 Kč	0,563335	-14,784 Kč
16	0 Kč	26,768 Kč	-26,768 Kč	0,542189	-14,513 Kč
17	0 Kč	27,303 Kč	-27,303 Kč	0,521838	-14,248 Kč
18	0 Kč	27,849 Kč	-27,849 Kč	0,502250	-13,987 Kč
19	0 Kč	28,406 Kč	-28,406 Kč	0,483397	-13,731 Kč
20	0 Kč	28,974 Kč	-28,974 Kč	0,465253	-13,480 Kč
21	0 Kč	29,554 Kč	-29,554 Kč	0,447789	-13,234 Kč
22	0 Kč	30,145 Kč	-30,145 Kč	0,430980	-12,992 Kč
23	0 Kč	30,748 Kč	-30,748 Kč	0,414803	-12,754 Kč
24	0 Kč	31,362 Kč	-31,362 Kč	0,399233	-12,521 Kč
25	0 Kč	31,989 Kč	-31,989 Kč	0,384247	-12,292 Kč

Zdroj: Autorská práce.

Čistá současná hodnota sestavy kotle na pelety je: - 668.929,- Kč.

4.9.2. Tepelné čerpadlo země – voda

Růst nákladů tepelného čerpadla byl odvozen z průměrného devítiletého vývoje cen elektrické energie, které rostou o 2% ročně²⁸. Do výše nákladů byla zahrnuta výměna kompresoru tepelného čerpadla po 10 letech životnosti ve výši 15.000,- Kč.

²⁸ *Vývoj cen regulovaných složek elektrické energie* [Online]. 2014 [Citace: 2014-03-03.]. Dostupné na WWW: <<http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-cen-regulovanych-slozek-elektricke-energie>>

Tabulka č. 21: NPV tepelného čerpadla země – voda

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odůročitel	DFC
0	0 Kč	416,769 Kč	-416,769 Kč	1.000000	-416,769 Kč
1	0 Kč	15,135 Kč	-15,135 Kč	0,962463	-14,557 Kč
2	0 Kč	15,438 Kč	-15,438 Kč	0,926336	-14,301 Kč
3	0 Kč	15,747 Kč	-15,747 Kč	0,891565	-14,039 Kč
4	0 Kč	16,062 Kč	-16,062 Kč	0,858099	-13,783 Kč
5	0 Kč	16,383 Kč	-16,383 Kč	0,825890	-13,531 Kč
6	0 Kč	16,711 Kč	-16,711 Kč	0,794889	-13,283 Kč
7	0 Kč	17,045 Kč	-17,045 Kč	0,765052	-13,040 Kč
8	0 Kč	17,386 Kč	-17,386 Kč	0,736335	-12,802 Kč
9	0 Kč	17,734 Kč	-17,734 Kč	0,708696	-12,586 Kč
10	0 Kč	33,089 Kč	-33,089 Kč	0,682094	-22,570 Kč
11	0 Kč	18,451 Kč	-18,451 Kč	0,656491	-12,113 Kč
12	0 Kč	18,820 Kč	-18,820 Kč	0,631849	-11,891 Kč
13	0 Kč	19,196 Kč	-19,196 Kč	0,608132	-11,674 Kč
14	0 Kč	19,580 Kč	-19,580 Kč	0,585305	-11,460 Kč
15	0 Kč	19,972 Kč	-19,972 Kč	0,563335	-11,251 Kč
16	0 Kč	20,379 Kč	-20,379 Kč	0,542189	-11,049 Kč
17	0 Kč	20,787 Kč	-20,787 Kč	0,521838	-10,848 Kč
18	0 Kč	21,203 Kč	-21,203 Kč	0,502250	-10,649 Kč
19	0 Kč	21,627 Kč	-21,627 Kč	0,483397	-10,454 Kč
20	0 Kč	37,060 Kč	-37,060 Kč	0,465253	-17,242 Kč
21	0 Kč	22,501 Kč	-22,501 Kč	0,447789	-10,076 Kč
22	0 Kč	22,951 Kč	-22,951 Kč	0,430980	-9,891 Kč
23	0 Kč	23,410 Kč	-23,410 Kč	0,414803	-9,711 Kč
24	0 Kč	23,878 Kč	-23,878 Kč	0,399233	-9,505 Kč
25	0 Kč	24,356 Kč	-24,356 Kč	0,384247	-9,359 Kč

Zdroj: Autorská práce.

Čistá současná hodnota tepelného čerpadla země - voda: - 728.434,- Kč

4.9.3. Kondenzační plynový kotel

Růst cen plynu ovlivňují nejrozličnější globální i lokální vlivy. Jsou to zejména dlouhodobé kontrakty dodavatelů, které jsou provázané s výší ceny amerického dolaru a cenou ropy. Vývoj cen plynu posledních sedmi let odvodil růst nákladů průměrně ve výši 3,9 % ročně²⁹.

²⁹ *Ceny plynu* [Online]. 2014 [Citace: 2014-03-07.]. Dostupné na WWW: < <http://www.cena-plynu.eu/ceny-plynu/> >

Tabulka č. 22: NPV kondenzačního plynového kotle

Rok	Příjmy	Výdaje	CF	Odůročitel	DFC
0	0 Kč	128,869 Kč	-128,869 Kč	1.000000	-128,869 Kč
1	0 Kč	25,704 Kč	-25,704 Kč	0,962463	-24,739 Kč
2	0 Kč	26,707 Kč	-26,707 Kč	0,926336	-24,740 Kč
3	0 Kč	27,749 Kč	-27,749 Kč	0,891565	-24,740 Kč
4	0 Kč	28,831 Kč	-28,831 Kč	0,858099	-24,740 Kč
5	0 Kč	29,955 Kč	-29,955 Kč	0,825890	-24,740 Kč
6	0 Kč	31,123 Kč	-31,123 Kč	0,794889	-24,739 Kč
7	0 Kč	32,337 Kč	-32,337 Kč	0,765052	-24,740 Kč
8	0 Kč	33,598 Kč	-33,598 Kč	0,736335	-24,739 Kč
9	0 Kč	34,908 Kč	-34,908 Kč	0,708696	-24,739 Kč
10	0 Kč	36,269 Kč	-36,269 Kč	0,682094	-24,739 Kč
11	0 Kč	37,684 Kč	-37,684 Kč	0,656491	-24,739 Kč
12	0 Kč	39,154 Kč	-39,154 Kč	0,631849	-24,739 Kč
13	0 Kč	40,681 Kč	-40,681 Kč	0,608132	-24,739 Kč
14	0 Kč	42,268 Kč	-42,268 Kč	0,585305	-24,740 Kč
15	0 Kč	43,916 Kč	-43,916 Kč	0,563335	-24,739 Kč
16	0 Kč	45,629 Kč	-45,629 Kč	0,542189	-24,740 Kč
17	0 Kč	47,409 Kč	-47,409 Kč	0,521838	-24,740 Kč
18	0 Kč	49,258 Kč	-49,258 Kč	0,502250	-24,740 Kč
19	0 Kč	51,179 Kč	-51,179 Kč	0,483397	-24,740 Kč
20	0 Kč	53,175 Kč	-53,175 Kč	0,465253	-24,740 Kč
21	0 Kč	55,249 Kč	-55,249 Kč	0,447789	-24,740 Kč
22	0 Kč	57,404 Kč	-57,404 Kč	0,430980	-24,740 Kč
23	0 Kč	59,643 Kč	-59,643 Kč	0,414803	-24,740 Kč
24	0 Kč	61,969 Kč	-61,969 Kč	0,399233	-24,740 Kč
25	0 Kč	64,386 Kč	-64,386 Kč	0,384247	-24,740 Kč

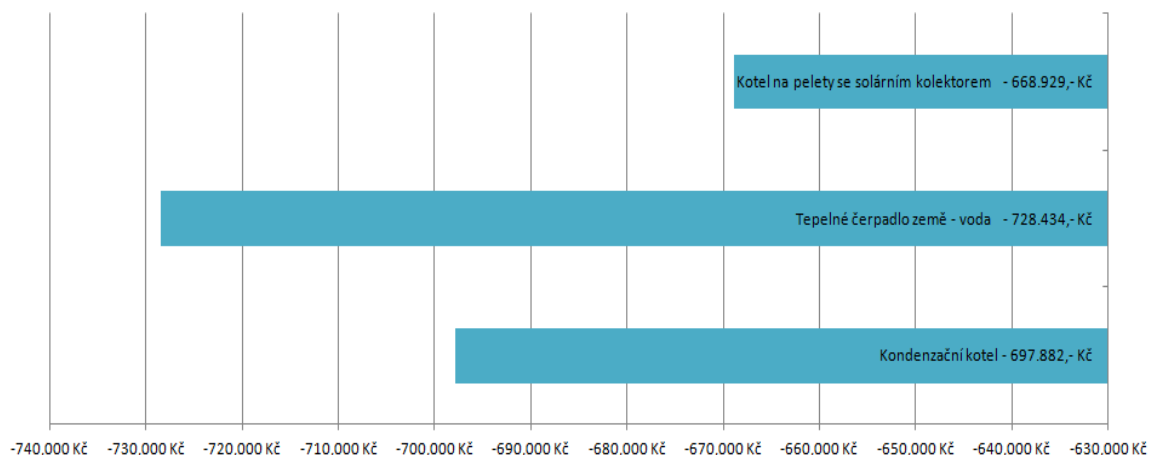
Zdroj: Autorská práce

Čistá současná hodnota kondenzačního plynového kotle je: -697.882,- Kč

4.9.4. Porovnání výsledků

Čistá současná hodnota jednotlivých variant, která je dána vzorcem 1.20., nemůže zahrnout žádné příjmy. Nejlepší variantou tedy bude ta s nejvyšší hodnotou. V porovnání výsledků v grafu č. 1 je nejvýhodnější kotel na pelety se solárním ohřevem teplé vody. Nejhorších výsledků dosahuje tepelné čerpadlo, které i tak dosahuje návratnosti investice v teoretické době životnosti.

Graf č. 1: Čistá současná hodnota



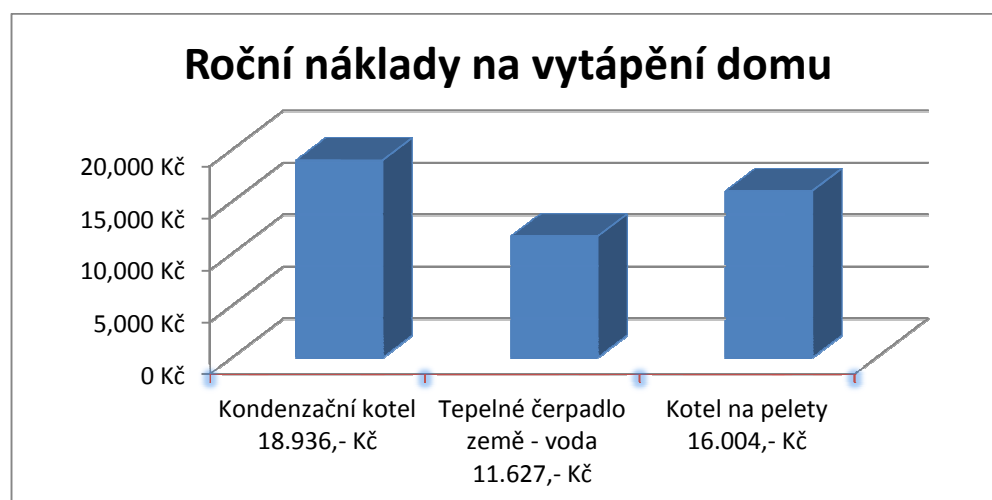
Zdroj: Autorská práce.

S ohledem na obnovitelné zdroje energie lepších hodnot dosahuje kombinace kotle na biomasu se solární soustavou. Výsledky ovlivnil značný růst cen plynu v minulých letech. Cena pelet zaznamenala při stoupající poptávce také nárůst ceny. Budoucí vývoj cen těchto komodit je v tomto ohledu obtížným úkolem.

4.10. Porovnání ekonomické výhodnosti jednotlivých variant

Shrnutím výpočtů byla posouzena výhodnost daných řešení pro popisovaný rodinný dům. Následující srovnání je pro lepší přehlednost v grafické podobě.

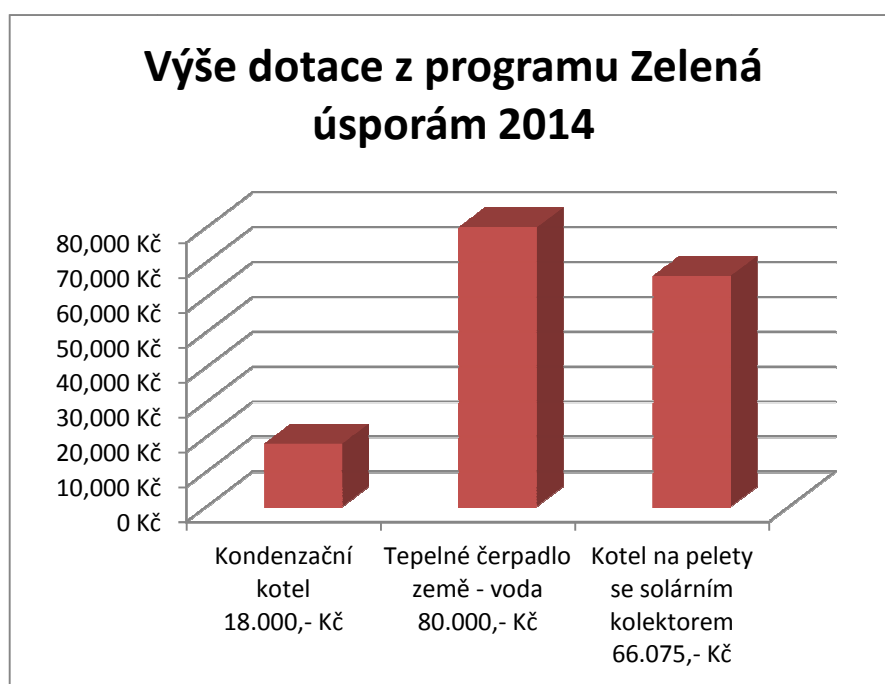
Graf č. 2: Roční náklady na vytápění



Zdroj: Autorská práce

Na základě vypočtených údajů je patrné, že tepelné čerpadlo má nejnižší provozní náklady. Tato varianta je však nejnáročnější z hlediska investičních nákladů. Z vybraných variant se jedná o nejvíce ekologické řešení. U čerpadel je nutné klást důraz na vhodné zvolení varianty čerpadla tak, aby bylo dosaženo návratnosti investice. Do kalkulací jednotlivých variant nevstoupila také Nová zelená úsporám 2014. Nemožnost využít dotace je z důvodu vytápění elektrickými přímotopy, které jsou brány jako šetrný zdroj vytápění. Na tepelné čerpadlo lze na území Prahy využít i přes tento fakt Program Čistá energie Praha.

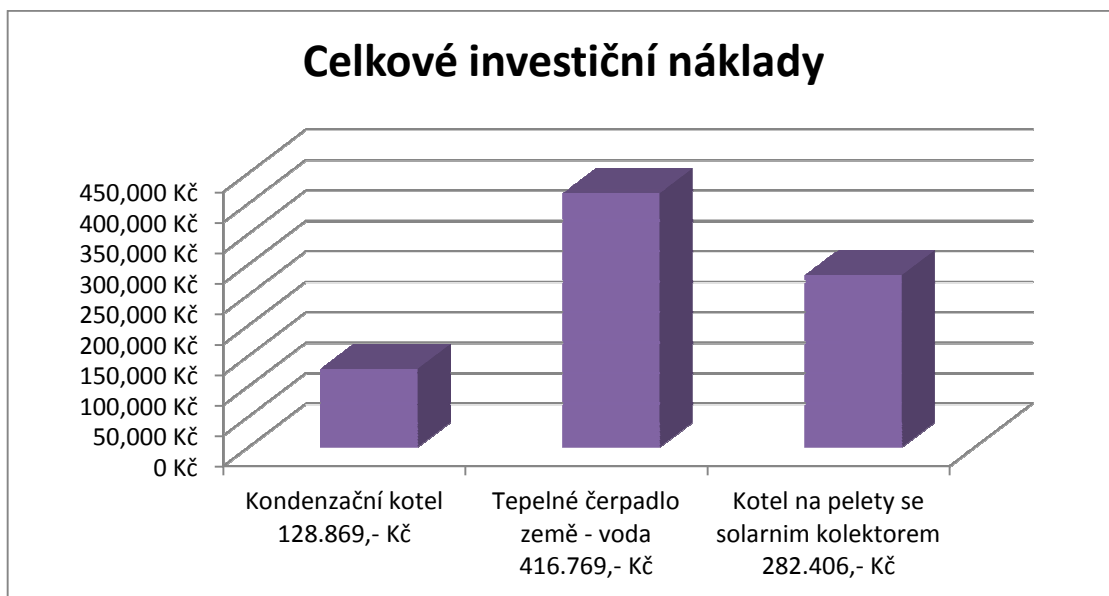
Graf č. 3: Výše dotací Zelená úsporám 2014



Zdroj: Autorská práce

Ministerstvo životního prostředí v nové verzi podpory pro rodinné domy podporuje různé technologie odlišným způsobem. Výše dotace by do jisté míry ovlivnila návratnost investic. Podpora se odráží v nákladech spojených s pořízením technologií pro vytápění domů. Nevztahuje se, jak bylo zmíněno, na přechod z vytápění elektrickými přímotopy, a proto nemohla být využita.

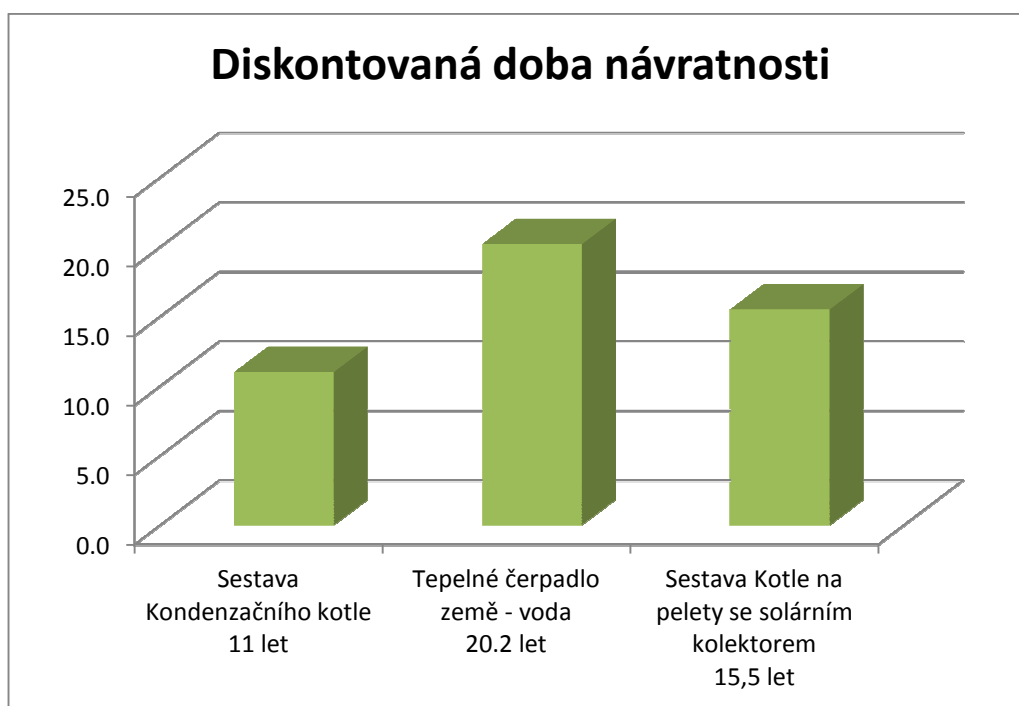
Graf č. 4: Celkové investiční náklady



Zdroj: Autorská práce

Výše investičních nákladů se odráží také v diskontované době návratnosti. Zde hrají do určité míry roli investiční náklady, které jsou určující v kombinaci s náklady na provoz.

Graf č. 5: Diskontovaná doba návratnosti



Zdroj: Autorská práce

Investiční náklady na pořízení kondenzačního kotle a kotle na pelety jsou rozdílné. Obě varianty potvrdily, že výše nákladů odráží přibližně odpovídající dobu návratnosti. Na základě výše investičních nákladů v závislosti na technologické stránce je nejvýhodnější variantou kondenzační kotel na plyn.

Tepelné čerpadlo zajišťuje nejšetrnější provoz. Jeho náklady na pořízení jsou však dosti značné a návratnost investice v závislosti na životnosti je v praxi mnohdy obtížná. Provoz čerpadla přináší nízké náklady na vytápění a je závislý na vyšší spotřebě elektrické energie.

Z hlediska ekologičnosti je více šetrné vůči životnímu prostředí spalovat biomasu v kotli na pelety. S doplňkovým solárním kolektorem využívaným na ohřev teplé vody se jedná o nejvýhodnější variantu obnovitelného zdroje energie. Investice se vrátí v době životnosti zařízení.

5. Závěr

Obnovitelné zdroje energie jsou u rodinných domů stále více využívány. Přispívají k tomu programy dotující úsporná zařízení a technologie šetřící životní prostředí. Cílem práce bylo ukázat, jakým způsobem je možné řešit energetickou koncepci rodinného domu. Popisuje vybrané technologie na reálném příkladu, který prokázal snížení provozních výdajů na vytápění a ohřev teplé vody. Měla by přispět ke zvýšení povědomí o zdrojích tepla šetrných k životnímu prostředí, umožňujících úspornější provoz a současně dostupných na našem trhu.

V teoretické části byly zhodnoceny jednotlivé druhy obnovitelných zdrojů energie a jejich využití v oblasti vytápění. Téměř každý alternativní zdroj energie je spojen s jistým negativním dopadem, který do určité míry stále zatěžuje planetu. I přesto je výhodné investovat do těchto oblastí a zvyšovat nezávislost na konvenčních zdrojích energie. V současné době se v ČR více rozšiřují způsoby vytápění biomasou, kterou považují z hlediska obnovitelnosti za vhodný způsob vytápění. Na druhou stranu nejsou v našich podmínkách ve větším rozsahu dostupné zdroje pro využívání biomasy. S tím, jak se zvyšuje poptávka po těchto zdrojích, roste i nabídka. Vytváření vhodného prostředí v oblastech podpory těchto obnovitelných zdrojů by mělo být v zájmu státu. Zvyšující se trend poptávky po fotovoltaických zařízeních způsobil pokles investičních nákladů do technologií využívajících solární energii. Enormní nárůst získávání energie ze slunce byl v ČR zneužit kvůli špatně zvoleným podmínkám dotací na výrobu sekundární energie. Z těchto důvodů byla podpora pro většinu nových obnovitelných zdrojů energie utlumena a bude trvat nějaký čas, než se přehodnotí dopady těchto rozhodnutí.

V praktické části byly na konkrétním příkladu zhodnoceny tři varianty způsobu vytápění objektu a ohřevu teplé vody. K tomuto účelu bylo nutné vypočítat celkové tepelné ztráty objektu podle normy ČSN EN 12 381 a potřebu tepla pro jeho vytápění.

Jednou z navržených variant bylo vytápění zemním plynem. Jedná se sice o neobnovitelný zdroj energie, ale stávající objekt je připojen k plynové přípojce. Pro vytápění domu nebyl nikdy využíván, a proto by varianta použití plynového kondenzačního kotle neměla být opomenuta s ohledem na vysokou účinnost zařízení. Moderní kondenzační kotle nabízejí velmi dobrou výkonnost a jsou při využití dotace

výhodnou investicí. Diskontovaná doba návratnosti vychází na jedenáct let. Ve zvolených řešeních bylo nutné do nákladů zahrnout vybudování otopné soustavy, které prodloužilo návratnost investice do daného způsobu vytápění objektu. Volba plynového kotle by se v porovnání se stávajícími elektrickými přímotopy finančně vyplatila.

Druhou variantou je vytápění pomocí tepelného čerpadla, jehož provoz není finančně náročný, avšak náklady na pořízení čerpadla jsou velmi vysoké. Uvažujeme-li o variantě s využitím geotermální energie nebo energie země, náklady se ještě zvýší. Při zahrnutí diskontního faktoru by se v tomto případě investice do navrhnutého čerpadla vrátila přibližně za dvacet let. Volba varianty tepelného čerpadla je v praxi nesnadný úkol. Návratnost ovlivňují lokální podmínky. Dále je ovlivňována cenou elektrické energie a vhodným tarifem, který je pro rentabilitu určující. Odhadnout, jakým směrem se bude ubírat vývoj cen elektrické energie, je také obtížné. Nízké provozní náklady na vytápění a ohřev teplé vody tímto ekologickým způsobem nepřinášejí výhodu v podobě návratnosti investice.

Nejvýhodnější se z navrhovaných alternativních variant stala kombinace kotle spalujícího pelety a solárního kolektoru pro ohřev teplé vody. Doba návratnosti investice se nevyrovnala kondenzačnímu plynovému kotli, ale dosáhla při zohlednění časové hodnoty peněz patnáct let. Vyšší pořizovací náklady jsou u solárně-termických kolektorů v ideálních případech smazávány možností dotace. Při průměrné životnosti kolektorů 25 let se náklady na pořízení vrací přibližně v polovině životnosti zařízení. Dotace na ekologické vytápění nemohly být pro daný rodinný dům využity z důvodu stávajícího vytápění elektřinou. I přesto nabízená podpora od státu do technologií snižujících energetickou náročnost budov přináší motivaci provést úsporná opatření v podobě investice do uvedených způsobů vytápění.

Návratnost investice do sestavy kotle na pelety je na hranici životnosti kotle. Způsobují to vyšší pořizovací náklady solárních kolektorů. Ty jsou ale v budoucnu rozloženy do jejich delší životnosti. Z těchto důvodů je pro daný objekt optimálním alternativním řešením právě kombinace kotle na pelety a solárních kolektorů. Realizace ohřevu teplé vody pomocí solární energie je rentabilní investicí a přikláním se k její realizaci. Způsob vytápění pomocí pelet vyžaduje oproti plynovému kotli pravidelnou obsluhu. Na druhou stranu se peletky vyznačují obstojnou výhřevností a lze je získat v lokálním prostředí bez závislosti na dodávkách ze zahraničních trhů.

Pokud by se práce stala podkladem pro další projekty, bylo by vhodné rozvinout zejména oblast využívání sluneční energie, která by podle mého názoru měla být více využívána v oblasti ohřevu vody bytových domů.

Výsledky reflektují současnou situaci v rodinném domě, jehož energetická koncepce byla posuzována. Stávající způsob vytápění se ukázal být nevyhovující. Pro tuto stavbu je ekonomicky nevýhodné řešit energetickou koncepci vytápění pouze pomocí elektrických zařízení. Právě kombinace různých technologií, které jsou v našem prostředí dostupnější než v minulosti, umožňuje snižovat náklady na provoz a využívat obnovitelné zdroje energie.

6. Seznam použitých zdrojů

- BÁČOVÁ, M., BÁRTA, J. BROTÁNEK, A., CIHLÁŘ, J. 2010.** *Manuál energeticky úsporné architektury*. Praha : Státní fond životního prostředí ve spolupráci s Českou komorou architektů, 2010. ISBN 978-80-247-2720-2.
- BAŠTA, J. 2005.** *Otopné plochy*. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03344-9.
- BECHNÍK, B. 2012.** Ohřev teplé vody - fotovoltaika nebo solární kolektory? *Alternativní energie*. č.2, 2012, Sv. s.24, ISSN 1212 - 1673.
- BERANOVSKÝ, J. 2003.** *Alternativní energie pro váš dům*. Brno : Era - vydavatelství, 2003. ISBN 80-86517-59-4.
- BERWALDOVÁ, J. 2011.** Spoutaná síla vln. *National Geographic*. Červenec, 2011, Sv. s. 23.
- BROŽ, K., ŠOUREK, B. 2003.** *Alternativní zdroje energie*. Praha : Vydavatelství ČVUT v Praze, 2003. ISBN 80-01-02802-X.
- BUFKA, A. 2007.** *Obnovitelné zdroje energie v roce 2006*. Praha : Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2007.
- BULDOG, IKA. Zelená 2014.** *Termíny a oblasti podpory*. [Online] [Citace: 25. 1 2014.] <http://www.zelena2014.cz/?gclid=CO3gO7HtbwCFSgewwodqDoAAg>.
- CANKAŘ, J. Laadomat 21. ATMOS.** [Online] [Citace: 24. 2 2014.] <http://www.atmos.cz/czech/prislusenstvi-001-ladomat-21>.
- CANKAŘ, JAROSLAV.** Kotle na pelety. *ATMOS*. [Online] [Citace: 27. 1 2014.] <http://www.atmos.cz/czech/kotle-004>.
- CENA-PLYNU.** Ceny plynu. [Online] [Citace: 7. 3 2014.] <http://www.cena-plynu.eu/ceny-plynu/>.
- ČESKÝ NORMOVÝ INSTITUT. 2008.** *ČSN EN ISO 6946: Stavební prvky a stavební konstrukce*. místo neznámé : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2008.
- ČNI. 2005.** *ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Ústav pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
- CREATON.** Vodní elektrárna Železný brod. [Online] Creaton.cz. [Citace: 27. 10 2013.] <http://www.vezb.cz/#/cz/galerie/dokoncena-stavba/>.
- ČSVE. 2013.** Jaký mají větrné elektrárny skutečný přínos? *Česká společnost pro větrnou energii*. [Online] 2013. [Citace: 3. 11 2013.] <http://www.csve.cz/pdf/cz/csve-dod-2013-matros-v03-preview.pdf>.
- ČUPROVÁ, D. 2008.** *Úsporný dům*. Brno : Era - vydavatelství, 2008. ISBN: 978-80-7366-131-1.
- DUFFIE, J.A. 2006.** *Solar engineering of thermal processes*. New Jersey : Wiley, 2006. ISBN 13-978-0-471-69867-8.

- DUŠIČKA, P. 2003.** *Malé vodní elektrárny*. Bratislava : Jaga group, v.o.s., 2003. ISBN 80-88905-45-1.
- EcoWATT.** Sluneční elektrárny. *Alternativní zdroje energie*. [Online] EcoWATT CZ s.r.o. [Citace: 12. září 2013.] <http://www.alternativni-zdroje.cz/slunecni-solarni-elektrarny.htm>.
- EKOPELETY.** *Pelety ENplus A1*. [Online] [Citace: 22. 2 2014.] http://www.ekopelety.cz/index.php?option=com_content&view=article&id=27&Itemid=23.
- FAFEJTA, M.** Prodejní ceny zemního plynu Pražské plynárenské, a.s. [Online] [Citace: 29. 1 2014.] http://www.ppas.cz/sites/default/files/pdf/ceniky/plyn/2014/ppd/Cenik_PP_01_01_2014_MODOM_PPD.pdf.
- FUČÍK, Z.** Využití energie kondenzační techniky. *TBZ-info*. [Online] [Citace: 19. 2 2014.] <http://www.tzb-info.cz/1912-strucna-teorie-kondenzace-u-kondenzacnich-plynovych-kotlu>.
- GCPLAST.** Tepelná čerpadla - hloubkové vrty. [Online] Harmony web. [Citace: 6. 2 2014.] <http://www.gascontrolplast.cz/tepelna-čerpadla-hloubkove-vrty.html>.
- HALLENGA, U. 2006.** *Malá větrná elektrárna*. Ostrava : Nakladatelství HEL, 2006. ISBN 80-86167-27-5.
- HASELHUHN, R. 2010.** *Forovoltaika Budovy jako zdroj proudu*. Ostrava : nakladatelství HEL, 2010. ISBN 978-3-410-20354-4.
- HELEBRANT, V. 2012.** Dimenzování a volba tepelného čerpadla. *Alternativní energie*. 2012, Sv. č. 5, s. 33.
- HOLZ, MAYR MELNHOF.** *Mayr melnhof holz*. [Online] [Citace: 13. 10 2013.] <http://www.mm-pellets.com/316?sid=d5uasvv1sc8lpog1ae15g738o4>.
- HUDCOVÁ, L. a kol. 2009.** *Energetická náročnost budov*. Praha : EkoWATT, centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2009. ISBN 978-80-87333-03-07.
- JANEČEK, K.** Větrná elektrárna Drahaný. [Online] [Citace: 2. 11 2013.] <http://www.janecek.cz/krumsin/okoli/drahaný/>.
- KARLÍK, R. 2009.** *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha : Grada Publishing, a. s., 2009. ISBN 978-80-247-2720-2.
- KRČOVÁ, S. 2007.** *Náklady a kalkulace*. Ostrava : Vysoká škola podnikání, a.s. v Ostravě, 2007. ISBN 978-80-86764-69-6.
- KURZY.** Výnos desetiletého státního dluhopisu. [Online] AliaWebs.r.o. [Citace: 31. 1 2014.] <http://www.kurzy.cz/cnb/ekonomika/vynos-desetileteho-statniho-dluhopisu-maastrichtske-kriterium/>. 1801-8688.
- KURZYCZ.** Míra inflace a její vývoj v ČR. [Online] AliaWeb. [Citace: 4. 2 2014.] <http://www.kurzy.cz/makroekonomika/inflace/>. 1801-8688.
- KUTIL, ČESKÝ.** Plochý kolektor k montáži na střeche. [Online] [Citace: 30. 1 2014.] <http://old.ceskykutil.cz/tags?tag=domovni-a-systemova-technika&dbb=594>.

- MATUŠKA, T. 2010.** *Alternativní zdroje energie*. Praha : ČVUT- Fakulta strojní, 2010. ISBN: 978-80-247-3503-0.
- MEDIA, DIS. 2014.** Tepelné čerpadlo geoTHERM plus VWS. *VAILLANT*. [Online] 2014. [Citace: 31. 1 2014.] <http://www.vaillant.cz/tepelne-cerpadlo-geotherm-plus-vws-p233.html>.
- MRÁZEK, V. 2012.** Malé vodní elektrárny se vrací na české toky. *Český informační portál PRUMYSL.CZ*. [Online] Springwinter, s. r. o., 26. 10 2012. [Citace: 25. 10 2013.] <http://www.prumysl.cz/male-vodni-elektrarny-se-vraci-na-ceske-toky-oproti-tem-velkym-totiz-maji-potencial/>.
- MURTINGER, K. 2011.** *Energie z biomasy*. Brno : EkoWATT o.s., 2011. ISBN 978-80-251-2916-6.
- NALEZENO.** Měrná potřeba tepla na vytápění. *Nalezeno*. [Online] xBizon, s. r. o. [Citace: 09. 09 2013.] <http://www.nazeleno.cz/merna-potreba-tepla-na-vytapeni.dic>. ISSN 1803-4160.
- NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM, 2014.** Dotace na kotle. *Jak na zelenou*. [Online] [Citace: 5. 2 2014.] http://www.jaknazelenou.cz/dotace_na_kotle/.
- PELETA, ČESKÁ.** Dřevěné pelety - vývoj cen a novinky na trhu. [Online] Česká peleta. [Citace: 5. 3 2014.] <http://oze.tzb-info.cz/peletky/9653-drevene-pelety-vyvoj-cen-a-novinky-na-trhu>.
- PETRÁŠ, D. a kolektiv. 2005.** *Vytápění rodinných a bytových domů*. Praha : Vydavatelství Jaga group, s.r.o., 2005. ISBN 80-8076-020-9.
- POČINKOVÁ, M. 2011.** *Vytápění*. Brno : Computer Press, a.s., 2011. ISBN: 978-80-251-3320-3.
- POKORNÝ, P. 1995.** Rekonstrukce rodinného domu. *Projekt*. Praha : Autorizovaný inženýr pro pozemní stavby, 1995.
- PRAHA, MAGISTRÁT HLAVNÍHO MĚSTA.** Pravidla Programu Čistá energie Praha 2013. *paha.eu*. [Online] [Citace: 26. 2 2014.] http://www.paha.eu/public/36/21/ff/1534450_366562_pravida2013_n.pdf.
- QUASCHNING, V. 2010.** *Obnovitelné zdroje energie*. Praha : Grada Publishing a.s., 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
- REINBERK, Z.** Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody. *TBZ-info*. [Online] Topinfo. [Citace: 26. 2 2014.] <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapeni-a-ohrev-teple-vody>. ISSN 1801-4399.
- SCHOLLEOVÁ, H. 2008.** *Ekonomické a finanční řízení pro neekonomy*. Praha : Grada Publishing, a. s., 2008. ISBN 978-80-247-2424-9.
- SRDEČNÝ, K. 2005.** *Tepelná čerpadla*. Brno : Era group spol. s.r.o., 2005. 80-7366-031-8.
- STUPAVSKÝ, V. 2012.** O vytápění biomasou od A do Z. *Alternativní energie*. č.3, 2012, Sv. s.19.
- SVOBODA, Z. a kol. 2008.** *Komentář k ČSN 730540 "Tepelná ochrana budov"*. Praha : Informační centrum ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-30-6..

SYNEK, M. a kol. 2010. *Podniková ekonomika*. Praha : C.H. Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-336-3.

TBZ-info. Nová zelená úsporám je programem pro ekonomiku i občany. [Online] Topinfo. [Citace: 22. 10 2013.] <http://www.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/113256-nova-zelena-usporam-je-programem-pro-ekonomiku-i-obany>. 1801-4399.

TBZ-info. *Nová zelená úsporám 2014*. [Online] Topinfo s.r.o. [Citace: 20. 10 2013.] <http://www.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info>. 1801-4399.

TBZ-info.cz. Přehled cen elektrické energie. [Online] Topinfo. [Citace: 18. 1 2014.] <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie#d35>. 1801-4399.

TOPINFO. Vývoj cen regulovaných složek elektrické energie. *TBZ-info*. [Online] [Citace: 3. 3 2014.] <http://kalkulator.tzb-info.cz/cz/vyvoj-cen-regulovanych-slozek-elektricke-energie>.

ÚNMZ. 1994. *ČSN 060210 Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 1994.

UNMZ. ČSN 33 2000-1. [Online] [Citace: 18. 2 2014.] http://www.technicke-normy-csn.cz/inc/nahled_normy.php?norma=332000-csn-33-2000-1-ed-2&kat=83182.

VALACH, J. 1999. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, 1999. ISBN 8070790679.

VALIŠ, P. 2007. *Obnovitelné zdroje v České republice*. Brno : Fakulta strojního inženýrství, 2007.

VAVŘIČKA, R. 2012. Metody návrhu zásobníku teplé vody - 2. část. *Vytápění, větrání*, . roč. 21, 2012, Sv. č. 3, 54 - 57.

VEBER, J. a kol. 2002. *Management - základy, prosperita, globalizace*. Praha : Management Press, 2002. ISBN 8072610295.

WISNIEWSKI, M. 1996. *Metody manažerského rozhodování*. Praha : Grada, 1996. ISBN 8071690899.

7. Seznam tabulek, grafů a obrázků

Seznam Tabulek

Tabulka č. 1: Hodnoty součinitelů prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi

Tabulka č. 2: Příklad výpočtu tepelné ztráty prostupem tepla v místnosti č. 11

Tabulka č. 3: Vypočítané hodnoty tepelné ztráty větráním vybraných místností

Tabulka č. 4: Celkové tepelné ztráty jednotlivých místností

Tabulka č. 5: Potřeba tepla na vytápění

Tabulka č. 6: Cenová dostupnost vybraných radiátorů

Tabulka č. 7: Typy použitých otopných těles

Tabulka č. 8: Cenová kalkulace použitých otopných těles

Tabulka č. 9: Srovnání kotlů na pelety

Tabulka č. 10: Náklady na provoz kotle na pelety

Tabulka č. 11: Srovnání solárních soustav

Tabulka č. 12: Soupis jednotlivých částí solární soustavy

Tabulka č. 13: Diskontovaná doba návratnosti při využití kotle na pelety a solárního ohřevu vody

Tabulka č. 14: Srovnání tepelných čerpadel

Tabulka č. 15: Náklady na provoz čerpadla

Tabulka č. 16: Diskontovaná míra návratnosti tepelného čerpadla

Tabulka č. 17: Srovnání kondenzačních kotlů

Tabulka č. 18: Náklady na provoz kondenzačního kotle

Tabulka č. 19: Diskontovaná míra návratnosti kondenzačního kotle

Tabulka č. 20: NPV sestavy kotle na pelety

Tabulka č. 21: NPV tepelného čerpadla země – voda

Tabulka č. 22: NPV kondenzačního plynového kotle

Seznam grafů

Graf č. 1: Čistá současná hodnota

Graf č. 2: Roční náklady na vytápění

Graf č. 3: Výše dotací Zelená úsporám 2014

Graf č. 4: Celkové investiční náklady

Graf č. 5: Diskontovaná doba návratnosti

Seznam Obrázků

Obr. 1: Celkové ozáření v České republice

Obr. 2: Výnos energie v jednotlivých měsících při ohřevu vody na 60 °C

Obr. 3: Konstrukce a přeměna energie v krystalickém křemíkovém solárním článku

Obr. 4: Rozdělení solárních kolektorů

Obr. 5: Výše nákladů na vytápění

Obr. 6: Pelety

Obr. 7: Kruhový tvn. Carnotův cyklus

Obr. 8: Čerpadlo vzduch - voda

Obr. 9: Technické parametry větrné elektrárny v Drahanech

Obr. 10: Vodní elektrárna Železný brod, a.s.

Obr. 11: Plán 1. Nadzemní Podlaží

Obr. 12: Plán 2. Nadzemní Podlaží

Obr. 13: Automatický kotel na pelety Atmos

Obr. 14: Plán kotelny

Obr. 15: Plochý kolektor

Obr. 16: Tepelné čerpadlo Vaillant geoTHERM

Obr. 17: Kondenzační kotel Vaillant VUW 236/3 – 5 ecoTEC plus

8. Přílohy

Příloha č. 1 – Výpočtová venkovní teplota $\vartheta_{hp,e}$

Příloha č. 2 – Výpočtová vnitřní hodnota

Příloha č. 3 – Výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností

Příloha č. 4 – Výpočet tepelné ztráty větráním

Příloha č. 5 – Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Příloha č. 1 – Výpočtová venkovní teplota $\theta_{hp,e}$

Místo (klimatická stanice)	výška nad mořem (m)	θ_k (°C)	Otopné období pro $\theta_{p,e} = 12\text{ °C}$		Otopné období pro $\theta_{p,e} = 15\text{ °C}$		Otopné období pro $\theta_{p,e} = 13\text{ °C}$	
			$\theta_{m,e}$ (°C)	d (počet dnů)	$\theta_{m,e}$ (°C)	d (počet dnů)	$\theta_{m,e}$ (°C)	d (počet dnů)
Benešov	327	-15	3,5	234	5,2	280	3,9	245
Beroun (Králov Dvůr)	229	-12	3,7	225	5,3	268	4,1	236
Blansko (Dolní Lhota)	273	-15	3,3	229	5,1	275	3,7	241
Břeclav (Lednice)	159	-12	4,1	215	5,2	253	4,4	224
Brno	227	-12v	3,6	222	5,1	263	4,0	232
Bruntál	546	-18v	2,7	255	4,8	315	3,3	271
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	5,1	282	3,8	245
České Budějovice	384	-15	3,4	232	5,1	279	3,8	244
Český Krumlov	489	-18v	3,1	243	4,6	288	3,5	254
Děčín (Březiny, Libverda)	141	-12	3,8	225	5,5	269	4,2	236
Domažlice	428	-15v	3,4	235	5,1	284	3,8	247
Frydek-Místek	300	-15v	3,4	225	5,1	269	3,8	236
Havlíčkův Brod	422	-15v	2,8	239	4,9	294	3,3	253
Hodonín	162	-12	3,9	208	5,1	240	4,2	215
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	5,2	279	3,9	242
Cheb	448	-15	3,0	246	5,2	306	3,6	262
Chomutov (Ervénice)	330	-12v	3,7	223	5,2	264	4,1	233
Chrudim	276	-12v	3,6	225	5,9	276	4,1	238
Jablonec n/N (Liberec)	502	-18v	3,1	241	5,1	298	3,6	256
Jičín (Libáň)	278	-15	3,5	223	5,2	268	3,9	234
Jihlava	516	-15	3,0	243	4,8	296	3,5	257
Jindřichův Hradec	478	-15	3,0	242	5,0	296	3,5	256
Karlovy Vary	379	-15v	3,3	240	5,1	293	3,8	254
Karviná	230	-15	3,6	223	5,3	267	4,0	234
Kladno (Lány)	380	-15	4,0	243	5,0	300	4,5	258
Klatovy	409	-15v	3,4	235	5,2	286	3,9	248
Kolín	223	-12v	4,0	216	5,9	257	4,4	226
Kroměříž	207	-12	3,5	217	5,1	258	3,9	227
Kutná Hora (Kolín)	253	-12v	4,0	216	5,9	257	4,4	226
Liberec	357	-18	3,1	241	5,1	298	3,6	256
Litoměřice	171	-12v	3,7	222	5,2	263	4,1	232
Louny (Lenešice)	201	-12	3,7	219	5,2	260	4,1	229
Mělník	155	-12	3,7	219	5,3	261	4,1	229
Mladá Boleslav	230	-12	3,5	225	5,1	267	3,9	235
Most (Ervénice)	230	-12v	3,7	223	5,2	264	4,1	233
Náchod (Kleny)	344	-15	3,1	235	4,8	292	3,7	250
Nový Jičín	284	-15v	3,3	229	5,2	280	3,8	242
Nymburk (Poděbrady)	186	-12v	3,8	217	5,5	262	4,2	228
Olomouc	226	-15	3,4	221	5,0	262	3,8	231
Opava	258	-15	3,5	228	5,2	274	3,9	239
Ostrava	217	-15	3,6	219	5,2	260	4,0	229
Pardubice	223	-12v	3,7	224	5,2	265	4,1	234
Pelhřimov	499	-15v	3,0	241	5,1	300	3,6	257
Písek	348	-15	3,2	235	5,0	284	3,7	247
Pízeň	311	-12	3,3	233	4,8	272	3,6	242
Praha (Karlovy)	181	-12	4,0	216	5,1	254	4,3	225
Prachatice	574	-18v	3,3	253	5,1	307	3,8	267

Zdroj: (ČNI, 2005)

Příloha č. 2 – Výpočtová vnitřní hodnota

Druh budovy/prostoru	$\theta_{int,i}$ °C
1 Obytné budovy	
1.1 trvale užívané	
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety	20
vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby, aj.)	15
vytápěná schodiště	10
1.2 občasné užívané (rekreační)	
– v době provozu	
obývací místnosti, tj. obývací pokoje, ložnice, jídelny, jídelny s kuchyňským koutem, pracovny, dětské pokoje	20
kuchyně	20
koupelny	24
klozety	20
vytápěné vedlejší místnosti (předsíň, chodby aj.)	15
vytápěná schodiště	10
– mimo provoz	5
2 Administrativní budovy	
kanceláře, čekárny, zasedací síně, jídelny,	20
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, hlavní schodiště, klozety aj.)	15
vytápěná vedlejší schodiště	10
haly, místnosti s přepážkami	18
3 Školní budovy	
učebny, kreslírny, rýsovný, kabinety, laboratoře, jídelny	20
učební dílny	18
tělocvičny	15
šatny u tělocvičen	20
lázně a převlékárny	24
ordinace a ošetrovný	24
vytápěné vedlejší místnosti (chodby, schodiště, klozety, šatny jen pro svrchní oděv aj.)	15
mateřské školky	
– učebny, herny, lehárny	22
– šatny pro děti	20
– umývárny pro děti, WC	24
– izolační místnosti	22
4 Zdravotnická zařízení	
4.1 Jesle	
– učebny, herny, lehárny	22
– šatny pro děti	20
– umývárny pro děti, WC	24
– izolační místnosti	22

Zdroj: (ČNI, 2005)

Příloha č. 3 – Výpočty tepelných ztrát jednotlivých místností

11

Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota					
	-12			20				
Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie								
Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek			
111	2.4	0.417	0.4	0.817	1	1.96		
311	1.5	0.135	0.05	0.185	1	0.276995		
411	1.8	0.556	0.4	0.956	1	1.72		
					Σ	2.23699		
Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue								
Kce	Ak	Uk	bu					
	0	0	0.6	0				
	0	0	0.6	0				
			Σ	0				
Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig								
Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B´	
011	1.45	1	8.2	0.17	1	2.0213	7.372881	
					Σ	2.0213		
Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij								
Kce	fij	Ak	Uk					
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 11								
qt,i	136.3 W							

12

Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
	-12			20			
Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
-	0	0	0	0			
-	0	0	0	0			
					Σ	0	
Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
Kce	Ak	Uk	bu				
-	0	0	0	0			
-	0	0	0	0			
			Σ	0			
Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							

	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B'	
	012	1.45	1	5.67	0.17	1	1.397655	7.372881	
						Σ	1.39766		
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij								
	Kce	fij	Ak	Uk					
	-	0	0	0	0				
				Σ	0				
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 12								
	ϕt,i	44.72 W							
	13	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			20				
Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie									
Kce		Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek			
213		2.25	0.740	0.4	1.14	1	2.565		
313		9.6	0.134663	0.05	0.184663	1	1.772766		
413		12.42	0.134663	0.05	0.184663	1	2.293516		
						Σ	4.33777		
Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue									
Kce		Ak	Uk	bu					
-		0	0	0	0				
-		0	0	0	0				
				Σ	0				
Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig									
Kce		fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B'	
013		1.45	1	15.5	0.17	1	3.82075	7.372881	
					Σ	3.82075			
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij								
	Kce	fij	Ak	Uk					
	-	0	0	0	0				
				Σ	0				
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 13								
	ϕt,i	261.1 W							
	14	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
			-12			20			
		Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
		Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
114		5.85	0.134663	0.05	0.184663	1	1.080279		
	314	9.4	0.134663	0.05	0.184663	1	1.735833		

15	214	2.25	0	0.4	0.4	1	0.9	
						Σ	3.71611	
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
	-	0	0	0	0			
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw	B´	
	014	1.45	1	10.5	0.17	1	2.58825	7.372881
						Σ	2.58825	
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
	Kce	fij	Ak	Uk				
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 14							
	φt,i	201.7 W						
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			20			
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
215	4.16	0.134663	0.05	0.184663	1	0.768198		
115	2.4	0.649351	0.4	1.049351	1	2.518442		
					Σ	3.28664		
Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue								
Kce	Ak	Uk	bu					
-	0	0	0	0				
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig								
Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw	B´		
015	1.45	1	8.2	0.17	1	2.0213	7.372881	
					Σ	2.0213		
Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij								
Kce	fij	Ak	Uk					
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 15								

16	$\phi_{t,i}$	169.9 W						
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			24			
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δ_{utb}	Ukc	ek		
	416	8.34	0.134663	0.05	0.184663	1	1.54009	
	616	0.75	0.74	0.4	1.14	1	0.855	
						Σ	2.39509	
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B´
	016	1.45	1	16.2	0.17	1	3.9933	7.372881
						Σ	3.9933	
Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij								
Kce	fij	Ak	Uk					
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 16								
$\phi_{t,i}$	230 W							

17	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			20			
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δ_{utb}	Ukc	ek		
	417	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565	
	517	8.5	0.134663	0.05	0.184663	1	1.569636	
	617	4.725	0.134663	0.05	0.184663	1	0.872533	
						Σ	5.00717	
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
			0		0			
				Σ	0			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B´
	017	1.45	1	18.9	0.17	1	4.65885	7.372881
						Σ	4.65885	

	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
	Kce	fij	Ak	Uk				
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 16							
	φt,i	309.3 W						
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
	-12			20				
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
18	718	8.928	0.134663	0.05	0.184663	1	1.648672	
	818	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565	
						Σ	4.21367	
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
	-	0	0	0	0			
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B´
	018	1.45	1	44.55	0.17	1	10.98158	7.372881
						Σ	10.9816	
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
	Kce	fij	Ak	Uk				
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 17							
	φt,i	486.2 W						
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
	-12			20				
19	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
	319	9.9	0.134663	0.05	0.184663	1	1.828165	
	419	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565	
	519	8.5	0.134663	0.05	0.184663	1	1.569636	
	619	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565	
	719	12.15	0.134663	0.05	0.184663	1	2.243657	
						Σ	10.7715	

	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
	-	0	0	0	0			
				Σ	0			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw	B´	
	019	1.45	1	48.06	0.17	1	11.84679	7.372881
						Σ	11.8468	
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
	Kce	fij	Ak	Uk				
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 18								
φt,i	723.8 W							
21	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			20			
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek		
	121	6.3	0.134663	0.05	0.184663	1	1.163377	
	221	1.35	0.74	0.4	1.14	1	1.539	
						Σ	2.70238	
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue							
	Kce	Ak	Uk	bu				
	31	12.2	0.16151	0.7	1.379293			
				Σ	1.37929			
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw	B´	
	021	1.45	1	29.28	0.17	1	7.21752	7.372881
						Σ	7.21752	
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
Kce	fij	Ak	Uk					
-	0	0	0	0				
			Σ	0				
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 21								
φt,i	361.6 W							
22	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota				
		-12			20			
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie							

22	Kce	Ak	Uk	Δt_{tb}	Ukc	ek	
						Σ	0
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem $H_{t,iue}$						
	Kce	Ak	Uk	b_u			
	31	1.7	0.16151	0.7	0.192197		
				Σ	0.1922		
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy $H_{t,ig}$						
	Kce	fg_1	fg_2	Ak	$U_{equiv,k}$	Gw	B'
	-	0	0	0	0	0	7.372881
						Σ	0
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. $H_{t,ij}$						
	Kce	f_{ij}	Ak	Uk			
	-	0	0	0	0		
				Σ	0		
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 22						
	$\phi_{t,i}$	6.15 W					
23	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota			
		-12			24		
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí $H_{t,ie}$						
	Kce	Ak	Uk	Δt_{tb}	Ukc	ek	
	323	0.4	0.74	0.4	1.14	1	0.456
						Σ	0.456
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem $H_{t,iue}$						
	Kce	Ak	Uk	b_u			
	31	5.7	0.16151	0.7	0.644424		
				Σ	0.64442		
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy $H_{t,ig}$						
	Kce	fg_1	fg_2	Ak	$U_{equiv,k}$	Gw	B'
	-	0	0	0	0	0	7.372881
						Σ	0
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. $H_{t,ij}$						
	Kce	f_{ij}	Ak	Uk			
	-	0	0	0	0		
				Σ	0		
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 23						
	$\phi_{t,i}$	39.62 W					

24	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota		
		-12			20	
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie					
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek
	224	3.8	0.134663	0.05	0.184663	1
	324	2.25	0.74	0.4	1.14	1
	424	9	0.134663	0.05	0.184663	1
						Σ
						4.92869
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue					
	Kce	Ak	Uk	bu		
	31	10.7	0.16151	0.7	1.209707	
				Σ	1.20971	
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig					
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw
	-	0	0	0	0	0
						Σ
						0
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij					
	Kce	fij	Ak	Uk		
	-	0	0	0	0	
				Σ	0	
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 24					
	qt,i	196.4 W				
25	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota		
		-12			20	
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie					
	Kce	Ak	Uk	Δutb	Ukc	ek
	225	1.35	0.74	0.4	1.14	1
	325	5.6	0.134663	0.05	0.184663	1
						Σ
						2.57311
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue					
	Kce	Ak	Uk	bu		
	31	9.2	0.16151	0.7	1.040122	
				Σ	1.04012	
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig					
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw
	-	0	0	0	0	0
						Σ
						0
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij					

26	Kce	fij	Ak	Uk			
	-	0	0	0	0		
				Σ	0		
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 25						
	$\phi_{t,i}$	115.6 W					
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota			
		-12			20		
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie						
	Kce	Ak	Uk	Δ_{utb}	Ukc	ek	
	426	9.5	0.134663	0.05	0.184663	1	1.754299
27	526	1.5	0	0.05	0.05	1	0.075
	626	0.6	0.74	0.4	1.14	1	0.684
						Σ	2.5133
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue						
	Kce	Ak	Uk	bu			
	31	19.8	0.16151	0.7	2.238524		
				Σ	2.23852		
	Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig						
	Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw	B'
	-	0	0	0	0	0	7.372881
27						Σ	0
	Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij						
	Kce	fij	Ak	Uk			
	-	0	0	0	0		
				Σ	0		
	Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 26						
	$\phi_{t,i}$	152.1 W					
	Výpočtová vnější teplota			Výpočtová vnitřní teplota			
		-12			20		
	Měrná tepelná ztráta z vnitřního do venkovního prostředí Ht,ie						
	Kce	Ak	Uk	Δ_{utb}	Ukc	ek	
	427	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565
	527	2.25	0.74	0.4	1.14	1	2.565
	627	2.4	0.9	0.5	1.4	1	3.36
	727	5.3	0.134663	0.05	0.184663	1	0.978714
	827	9.4	0.134663	0.05	0.184663	1	1.735833
						Σ	11.2045
	Měrná ztráta nevytápěným prostorem Ht,iue						

Kce	Ak	Uk	bu				
31	20	0.16151	0.7	2.261135			
			Σ	2.26114			
Měrná ztráta do přilehlé zeminy Ht,ig							
Kce	fg1	fg2	Ak	Uequiv,k	Gw		B'
-	0	0	0	0	0	0	7.372881
					Σ	0	
Měrná ztráta z vytáp.prost.do vytáp.prost. výr. rozdíl. Tep. Ht,ij							
Kce	fij	Ak	Uk				
-	0	0	0	0			
			Σ	0			
Celková návrhová tepelná ztráta prostupem pro místnost 26							
$\phi_{t,i}$	430.9 W						

Zdroj: Autorská práce

Příloha č. 4 – Výpočet tepelné ztráty větráním

JEN PŘIROZENÉ VĚTRÁNÍ																		
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	21	22	23	24	25	26	27		
Číslo místnosti																		
V	22.14	5.67	41.85	28.35	22.14	16.20	18.90	44.55	48.06	29.28	4.08	13.68	25.68	22.08	47.52	48.00		
Objem																		
9e	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12	-12		
9i	20	20	20	20	20	24	20	20	20	20	20	24	20	20	20	20		
Nejmenší hygien.intenzita výměny vzduchu	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5		
Nejmenší hygienické množství vzduchu	11.07	2.84	20.93	14.18	11.07	8.10	9.45	22.28	24.03	14.64	2.04	6.84	12.84	11.04	23.76	24.00		
Nechráněné otvory	-	1.00	1.00	0.00	0.00	2.00	2.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	1.00	2.00	0.00	0.00		
Intenzita výměny při 50 Pa	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50		
Čísel zadocnění	e	0.02	0.02	0.00	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.00	0.00		
Výškový korekční čísel	ε	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
Množství vzduchu infiltraci	V _{inf,i}	3.99	1.02	7.53	0.00	0.00	4.37	5.10	0.00	7.91	1.10	2.46	4.62	5.96	0.00	0.00		
Zvolená výp.hodnota	V _i	11.07	2.84	20.93	14.18	11.07	8.10	9.45	22.28	24.03	14.64	2.04	6.84	12.84	11.04	23.76		
Navrhový součinitel tepelné ztráty	H _{v,i}	3.76	0.96	7.11	4.82	3.76	2.75	3.21	8.17	4.98	0.69	2.33	4.37	3.75	8.08	8.16		
Teplotní rozdíl	Δθ	32	32	32	32	32	36	32	32	32	32	36	32	32	32	32		
Návrhová tep.ztráta větráním	φ _{v,i}	120.44	30.84	227.66	154.22	120.44	99.14	102.82	242.35	261.45	159.28	22.20	83.72	139.70	120.12	258.51		
																2,404.02		

Zdroj: Autorská práce

Příloha č. 5 – Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody

Lokalita (Tabulka) ☐ $t_{em} = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ☒ $t_{em} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$ ☐ $t_{em} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$???

Město Délka topného období $d =$ [dny]

Venkovní výpočtová teplota $t_e =$ $^{\circ}\text{C}$ Prům. teplota během otopného období $t_{es} =$ $^{\circ}\text{C}$

☒ **Vytápění**

Tepelná ztráta objektu $Q_c =$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} =$ $^{\circ}\text{C}$???

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 3308 \text{ K.dny}$

Opravné součinitele a účinnosti systému

$\epsilon_i =$??? $\eta_o =$???

$\epsilon_t =$??? $\eta_r =$???

$\epsilon_d =$???

Opravný součinitel ϵ ???

☒ $\epsilon = \epsilon_i \cdot \epsilon_t \cdot \epsilon_d = 0.765$

☐ $\epsilon =$

$Q_{VYT,r} = \frac{\epsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$

$Q_{VYT,r} =$ GJ/rok MWh/rok Náklady

☒ **Ohřev teplé vody**

$t_1 =$ $^{\circ}\text{C}$??? $\rho =$ kg/m³ ???

$t_2 =$ $^{\circ}\text{C}$??? $c =$ J/kgK ???

$V_{2p} =$ m³/den ???

Koeficient energetických ztrát systému $z =$???

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 15.7 \text{ kWh}$

Teplota studené vody v létě $t_{svl} =$ $^{\circ}\text{C}$

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} =$ $^{\circ}\text{C}$

Počet pracovních dní soustavy v roce $N =$ [dny]

$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d)$

$Q_{TUV,r} =$ GJ/rok MWh/rok Náklady

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VYT,r} + Q_{TUV,r} =$ GJ/rok MWh/rok Náklady

Zdroj: (REINBERK)