

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

25.5.2015

Kateřina Mrkvová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

studijní program: Stavební inženýrství
studijní obor: Management a ekonomika ve stavebnictví
akademický rok: 2014/2015

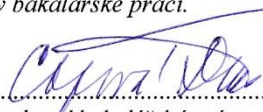
Jméno a příjmení studenta: Kateřina Mrkvová
Zadávací katedra: Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Dana Čápková, Ph.D.
Název bakalářské práce: Porovnání investičních a provozních nákladů na zdroje tepla bytového domu
Název bakalářské práce v anglickém jazyce: Comparison of capital and operating costs of heat source the block of flats


Rámcový obsah bakalářské práce: možnosti zdrojů tepla pro vytápění investiční náklady stávajícího návrhu a variantního řešení provozní náklady variant vyhodnocení získaných dat doporučení

Datum zadání bakalářské práce: 15.2.2015 Termín odevzdání: 15.5.2015
(vyplňte poslední den výuky příslušného semestru)


Pokud student neodevzdal bakalářskou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou práci podruhé. Studentovi, který při opakovaném zápisu bakalářskou práci neodevzdal v určeném termínu a tuto skutečnost řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, se ukončuje studium podle § 56 zákona o VŠ č. 111/1998. (SZŘ ČVUT čl. 21, odst. 4)

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.


vedoucí bakalářské práce


vedoucí katedry

Zadání bakalářské práce převzal dne: 20.2.2014


student

Formulář nutno vyhotovit ve 3 výtiscích – 1x katedra, 1x student, 1x studijní odd. (zašle katedra)

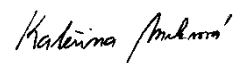
Nejpozději do konce 2. týdne výuky v semestru odešle katedra 1 kopii zadání BP na studijní oddělení a provede zápis údajů týkajících se BP do databáze KOS.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pouze za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Dany Čápové Ph.D..

Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

25.5.2015



Kateřina Mrkvová

**Porovnání investičních a provozních nákladů na
zdroje tepla bytového domu**

**Comparison of capital and operating costs of heat source
the block of flats**

Anotace

Bakalářská práce se zaměřuje na vyhodnocení efektivnosti investice do výměny zdroje tepla. Efektivnost investice je posouzena na základě porovnání investičních a provozních nákladů na nově navržených variantách využívajících jako zdroj tepla obnovitelné zdroje energie. Posuzování efektivnosti je zaměřeno především na diskontovanou dobu návratnosti a celkovou úsporu nákladů na konci předpokládané životnosti systému.

Annotation

The bachelor thesis evaluates efficiency of investments of heat source replacement. The efficiency is being assessed on the basis of comparison of capital and operating costs depending on recently proposed options which use renewable energy as its heat source. Efficiency assessment is primarily focused on discounted payback period and overall operating costs at the end of anticipated lifetime of the system.

Klíčová slova

Zdroj tepla, obnovitelné zdroje energie, investiční náklady, provozní náklady, solární kolektor, tepelné čerpadlo, bytový dům

Key Words

Heat source, renewable energy source, capital costs, operating costs, solar collector, heat pump, block of flats

Obsah:

1. Zdroje tepla pro vytápění	1
1.1 Definice zdroje tepla.....	1
1.2 Dělení zdrojů tepla.....	1
1.2.1 Malé zdroje tepla.....	1
1.2.2 Střední zdroje tepla.....	2
1.2.3 Velké zdroje tepla.....	2
1.3 Návrh zdroje tepla	2
2. Obnovitelné zdroje energie	4
2.1 Sluneční energie	7
2.2 Tepelná čerpadla.....	10
2.3 Biomasa	13
3. Posouzení variant zdroje tepla pro bytový dům.....	14
3.1 Popis stávající varianty.....	14
3.2 Popis a investiční náklady navržených variant.....	14
3.3 Provozní náklady variant	15
4. Vyhodnocení variant	17
4.1 Varianta 1	18
4.2 Varianta 2	19
4.3 Porovnání variant.....	20
5. Popis dílčích úkolů.....	24
5.1 Popis stavby.....	24
5.2 Propočet stavby.....	24
5.3 Založení a struktura stavební firmy	25
5.4 Harmonogram investora	25
5.5 Položkový rozpočet	26
5.6 Předvýrobní příprava	26
6. Seznam použité literatury.....	27
7. Seznam grafů, tabulek, obrázků.....	29
8. Seznam příloh	30

Úvod

Hlavním cílem bakalářské práce je vyhodnocení efektivnosti investice do variant doplnění nebo výměny zdroje tepla v bytovém domě porovnáním investičních a provozních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody.

První část práce se zabývá zdroji tepla a obnovitelnými zdroji energie s možností využití obnovitelných zdrojů energie pro vytápění a ohřev teplé vody včetně slunečních systémů a tepelných čerpadel.

V praktické části práce je provedeno porovnání investičních a provozních nákladů nově navržených variant oproti stávající variantě zdroje tepla. Navržené varianty využívají obnovitelné zdroje energie. Toto porovnání je vypracováno na základě projektové dokumentace ke stavbě Polyfunkční dům Terasy Černošice.

Cílem práce je určit, zda je výhodné využívat obnovitelné zdroje energie pro vytápění a ohřev teplé vody ve vybraném bytovém domě a jaké by byly úspory energie a nákladů při aplikaci navržených variant.

1. Zdroje tepla pro vytápění

1.1 Definice zdroje tepla

Zdroj tepla je dle ČSN 06 0310 „zařízení, ve kterém se z paliva nebo jiné energie vyrábí teplo, které je současně předáváno teplonosné látce. Může být vybaven kotli, tepelnými čerpadly, kogeneračními jednotkami a jinými prvky, případně jejich kombinacemi“. [1] Zdroje tepla zásobují tepelnou energií otopnou soustavu a současně mohou připravovat teplou vodu pro hygienické účely, vzduchotechniku nebo technologii.

1.2 Dělení zdrojů tepla

Zdroje tepla dělíme dle řady kritérií, kterými jsou velikost zásobovaného území, tepelný výkon, umístění, spalované palivo, teplonosná látka, způsob připojení otopných soustav apod. Základním dělením, podle velikosti tepelného výkonu, rozlišujeme zdroje na malé, střední a velké. [2]

1.2.1 Malé zdroje tepla

Mezi malé zdroje tepla se řadí zdroje do tepelného výkonu 50 až 70 kW, které zásobují teplem jednu bytovou jednotku, kancelář nebo celé podlaží. Nejčastěji jsou to kotle, které spalují tuhá, kapalná, plynná paliva nebo elektrické a přímotopné kotle.

Malé zdroje tepla se navrhují jako nástěnné nebo stacionární kotle. Nástěnné kotle mohou být umístěné v kterékoliv místnosti a spalují výhradně plynná paliva. Stacionární kotle jsou umístěné ve vyhrazeném prostoru, musí být napojeny na komínové těleso a mohou spalovat všechny druhy paliv.

Podle způsobu přívodu spalovacího vzduchu a odvodu spalin dělíme kotle na otevřené a uzavřené. Otevřené kotle (dle ČSN EN 1749 jde o plynové spotřebiče kategorie B) spotřebovávají vzduch z prostoru, kde jsou nainstalovány a odvádějí spaliny do venkovního prostoru. Zatímco u uzavřených kotlů (kategorie C) je spalovací vzduch přiveden z venkovního prostoru. [3]

Dále se kotle mohou dělit podle odběru tepla, a to na jednookruhové a dvouokruhové. Jednookruhové jsou určeny pouze k vytápění. Dvouokruhové kotle se využívají jak pro vytápění, tak pro ohřev teplé vody a dále se dělí na kotle průtokové a zásobníkové s vnitřním nebo vnějším zásobníkem teplé vody.

1.2.2 Střední zdroje tepla

Střední zdroje tepla, s tepelným výkonem od 500 kW do 3500 kW, se definují jako domovní nebo blokové zdroje tepla. Domovní zdroje tepla zásobují jeden až dva objekty. Pro větší počet objektů se využívá blokový zdroj tepla. Tyto zdroje se v budovách umísťují zejména v nejnižším podlaží.

Kotle určené pro středně velké zdroje tepla se navrhují ve 3 typech. Prvním typem jsou konvekční kotle, u kterých teplota vstupní vody musí být vyšší než 60 °C a pracují s účinností maximálně 90 %. Dalším typem jsou nízkoteplotní kotle, které mohou pracovat se vstupní vodou o teplotě 35 až 40 °C a jejich účinnost je přibližně 94 %. Posledním typem jsou kotle kondenzační, jejichž účelem je využít kondenzace odchozích spalin k dalšímu ohřevu vratné vody a jejich účinnost dosahuje až 106 %. [4]

Dělení kotlů s tepelným výkonem do 3,5 MW je velice podobné jako u kotlů do 70 kW. Podle druhu spalovaného paliva rozlišujeme kotle spalující tuhá, kapalná, plynná paliva a elektrokotle. Dle teploty látky dělíme kotle na vodní a parní. Podle odběru tepla rozdělujeme kotle na jednookruhové, dvouokruhové a víceokruhové, které jsou na rozdíl od dvouokruhových využívány také pro ohřevu teplé vody pro vzduchotechniku a k technologickým účelům. V závislosti na druhu hořáku rozlišujeme kotle s atmosférickým a tlakovým hořákem. A nakonec podle materiálu rozeznáváme kotle z klasické litiny, z litiny s příměsí grafitu a z nerezové oceli. [5]

1.2.3 Velké zdroje tepla

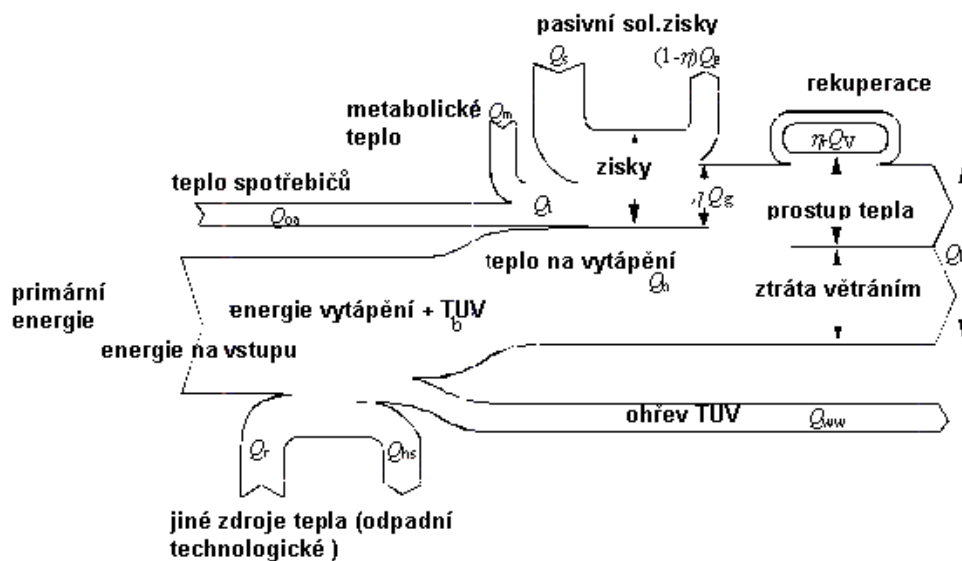
Velké zdroje tepla, které mají tepelný výkon nad 3500 kW, zásobují větší obytné a územní celky. Patří mezi ně okrskové zdroje tepla, teplárny a výtopny. Teplárny na rozdíl od výtopen vyrábí společně s tepelnou energií také energii elektrickou. Výtopny a teplárny bývají umístěny mimo zásobované území a dodávka energie z centrálního zdroje tepla se realizuje přímo do spotřebitelských soustav nebo pomocí předávacích stanic tepla. [6]

1.3 Návrh zdroje tepla

Zdroje tepla se navrhují za pomoci energetické bilance, která se skládá z bilance energie, tepelných ztrát budovy, tepelného příkonu systému a přípojných hmot.

Bilance energie se skládá na jedné straně z tepelné ztráty prostupem a větráním a tepelné ztráty otopné soustavy a na straně druhé ze solárních a vnitřních tepelných zisků a z dodané energie.

Obrázek 1: Energetická bilance dle ČSN EN 832



Zdroj: <http://www.ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml> [7]

Správné stanovení tepelného výkonu zdroje tepla je závislé na klimatických údajích dané lokality, na dispozičním řešení budovy včetně orientace na světové strany, na tepelně-technických vlastnostech stavebních konstrukcí a na provozních požadavcích na dodávané množství tepelné energie a časové nároky na spotřebu tepla. Předpokladem správného návrhu tepelného výkonu zdroje tepla a následné volby počtu kotlových jednotek jsou odběrové diagramy, sestavované pro zimní a letní období nebo jako denní odběrové diagramy.

Mezi rozhodující faktory pro výběr kotlů patří technické údaje o kotlích (jmenovitý tepelný výkon, rozměry kotle, spalovací účinnost, spotřeba tepla, provozní teplota a tlak), provozní spolehlivost, rozsah tepelného výkonu kotle a způsob jeho regulace, podmínky připojení na odvod spalin a samozřejmě také investiční a provozní náklady.

2. Obnovitelné zdroje energie

Obnovitelné zdroje energie (dále jen OZE) jsou v přírodě volně k dispozici a jejich zásoba je nevyčerpatelná nebo se obnovuje srovnatelně s jejich využíváním. [8] Mezi OZE patří energie větru, slunečního záření, geotermální energie, energie vody, půdy a vzduchu, energie biomasy, skládkového plynu, kalového plynu a bioplynu.

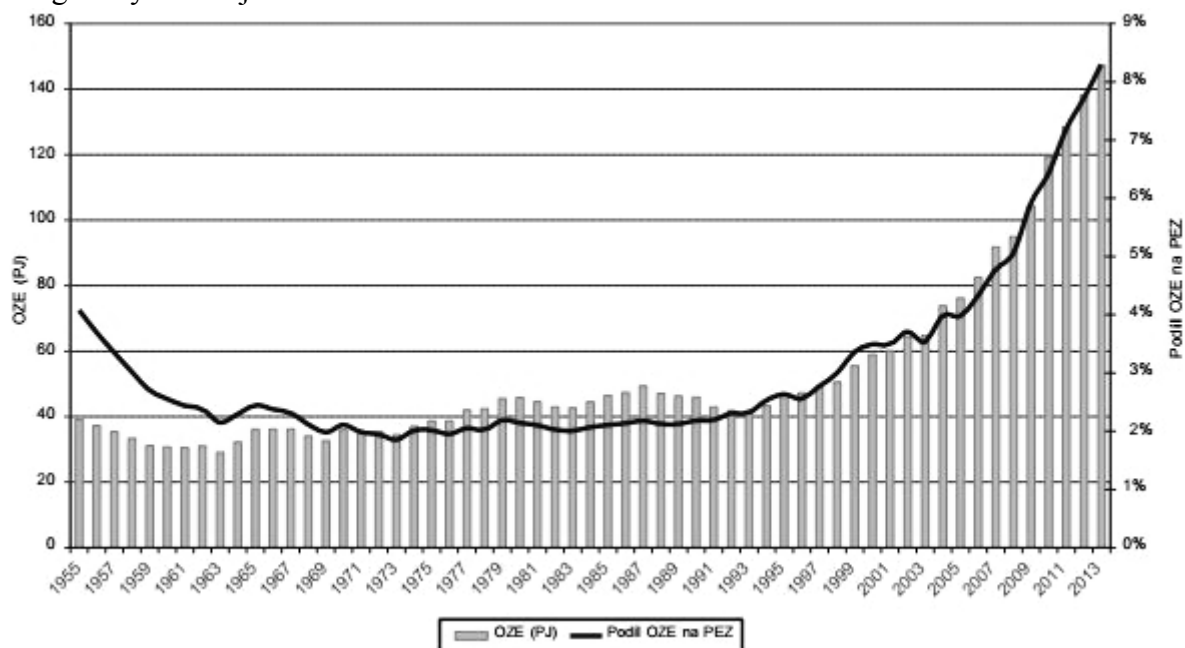
Využití obnovitelných zdrojů energie je jedním z předpokladů pro trvale udržitelný rozvoj. Udržitelný rozvoj má řadu definic. Definice podle zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, zní takto: „Udržitelný rozvoj společnosti je takový rozvoj, který současným i budoucím generacím zachovává možnost uspokojovat jejich základní životní potřeby a přitom nesnižuje rozmanitost přírody a zachovává přirozené funkce ekosystémů.“ [9]

Z myšlenky trvale udržitelného rozvoje vychází několik pravidel pro oblast energetického zásobování. Základní dvě pravidla se zabývají rychlostí čerpání zdrojů. Obnovitelné zdroje mají být čerpány maximálně rychlostí, kterou se stačí obnovovat a vyčerpatelné zdroje mají být čerpány maximálně rychlostí, kterou jsou budovány jejich náhrady. Další pravidlo se zabývá redukcí znečištění, snížením plýtvání a zvýšením efektivity, na které by měla být zaměřena část současných technologií. [8]

Využití obnovitelných zdrojů má řadu výhod i nevýhod. Mezi výhody patří například nižší zatěžování životního prostředí oproti neobnovitelným zdrojům, dostupnost obnovitelných zdrojů v místě spotřeby, což přispívá ke snížení ztrát při přenosu energie, využití nevyužitých zemědělských půd cíleným pěstováním energetické biomasy. Naopak mezi nevýhody patří vyšší pořizovací náklady, nerovnoměrnost výroby energie a její závislost na přírodních podmínkách, problematické skladování energie atd.

Na grafu 1 můžeme vidět nárůst využití obnovitelných zdrojů v ČR. Od roku 2000 se podíl OZE na primárních zdrojích energie (dále jen PZE) zvýšil ze 3 % na dnešních více než 8 %. Cílem ČR je zvýšit tento podíl na 15-16 % do roku 2030. [8] V tabulce 1 je vidět, že v roce 2013 byla více jak polovina energie z OZE získána z biomasy. Například tepelná čerpadla se podílela na energii z OZE 2,2 % a solární termální systémy pouze 0,4 %.

Graf 1: Vývoj využití obnovitelných zdrojů energie v ČR a jejich podíl na primárních energetických zdrojích



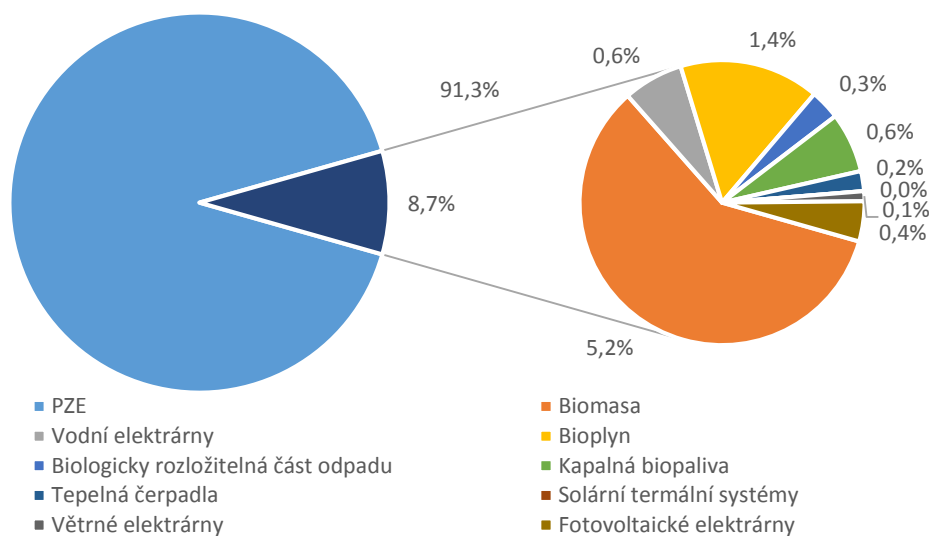
Zdroj: Statistiky - Ministerstvo průmyslu a obchodu [10]

Tabulka 1: Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2013

	Energie z OZE [TJ]	Podíl na energii z OZE [%]	Podíl na PZE [%]
Biomasa	90 993,00	59,2%	5,2%
Vodní elektrárny	9 845,00	6,4%	0,6%
Bioplyn	23 910,00	15,6%	1,4%
Biologicky rozložitelná část odpadu	4 469,00	2,9%	0,3%
Kapalná biopaliva	11 422,00	7,4%	0,6%
Tepelná čerpadla	3 431,00	2,2%	0,2%
Solární termální systémy	630,00	0,4%	0,0%
Větrné elektrárny	1 730,00	1,1%	0,1%
Fotovoltaické elektrárny	7 318,00	4,8%	0,4%
Celkem	153 748,00	100,0%	8,7%

Zdroj: Statistiky - Ministerstvo průmyslu a obchodu [11]

Graf 2: Podíl na energii z OZE



Zdroj: Statistiky - Ministerstvo průmyslu a obchodu [11]

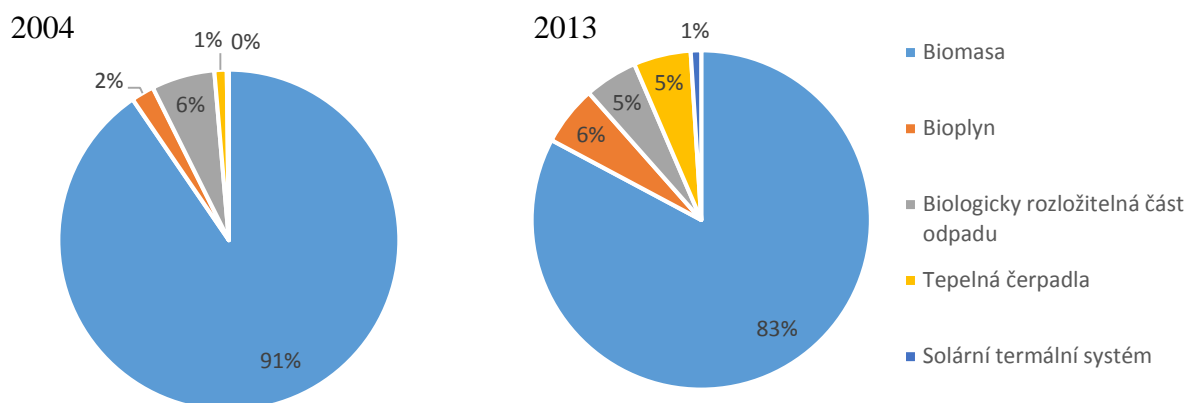
Obnovitelné zdroje přinášejí vyšší účinnost ve výrobě tepla než v čisté výrobě elektrické energie. Mezi obnovitelné zdroje pro výrobu tepla patří biomasa, bioplyn, biologicky rozložitelná část odpadu, tepelná čerpadla a solární termální systém. V tabulce 2 je zachycen vývoj výroby tepla podle jednotlivých typů OZE za roky 2004–2013. Všechny typy OZE zaznamenaly v průběhu 10 let vysoký nárůst. Z Grafu 3 je vidět, že nejvíce tepla se vyrábí z biomasy, přes 80 % z celkové výroby tepla z OZE. Největší nárůst zaznamenala tepelná čerpadla, u kterých se množství vyrobeného tepla zvýšilo téměř 7krát od roku 2004 na 5% z celkové výroby tepla z OZE.

Tabulka 2: Výroba tepla z obnovitelných zdrojů energie (hodnoty v TJ)

	2004	2005	2006	2007	2008
Biomasa	40 230	40 892	41 760	45 523	43 400
Bioplyn	968	1 010	919	1 009	1 065
Biologicky rozložitelná část odpadu	2 667	2 882	2 829	2 969	2 948
Tepelná čerpadla	523	647	853	1 113	1 396
Solární termální systém	85	103	128	160	204
Celkem	44 474	45 535	46 487	50 774	49 014
	2009	2010	2011	2012	2013
Biomasa	43 007	46 736	45 437	46 653	52 102
Bioplyn	1 211	1 610	1 911	2 453	3 571
Biologicky rozložitelná část odpadu	2 786	2 772	3 054	3 112	3 195
Tepelná čerpadla	1 708	2 087	2 479	3 001	3 431
Solární termální systém	266	366	478	562	630
Celkem	48 977	53 573	53 358	55 781	62 929

Zdroj: Statistiky - Ministerstvo průmyslu a obchodu [11]

Graf 3: Vývoj podílu OZE na výrobě tepla



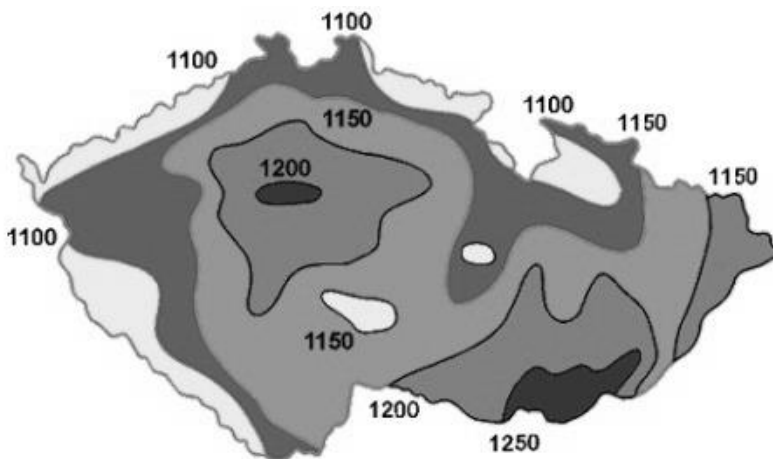
Zdroj: Statistika - Ministerstvo průmyslu a obchodu [11]

2.1 Sluneční energie

Sluneční energie je využívána jak pro výrobu elektřiny (fotovoltaické články), tak pro výrobu tepla (sluneční kolektory). Při přeměně sluneční energie na teplo se odlišuje pasivní a aktivní využití. Pasivní využití probíhá prostřednictvím stavebních prvků domu. Pro aktivní využití je potřeba speciální zařízení, kterými jsou solární kolektory.

Česká republika je svou zeměpisnou polohou vhodným územím pro využívání sluneční energie. Z obrázku 2 je vidět, že na každý 1 m² plochy území ČR dopadá průměrně 1100 až 1250 kWh sluneční energie za rok. Délka slunečního svitu je 1500 až 2200 hodin ročně. [8]

Obrázek 2: Mapa ročního dopadajícího slunečního záření na území ČR [kWh/m².rok]



Zdroj: Dufka Jaroslav, Vytápění netradičními zdroji tepla [12]

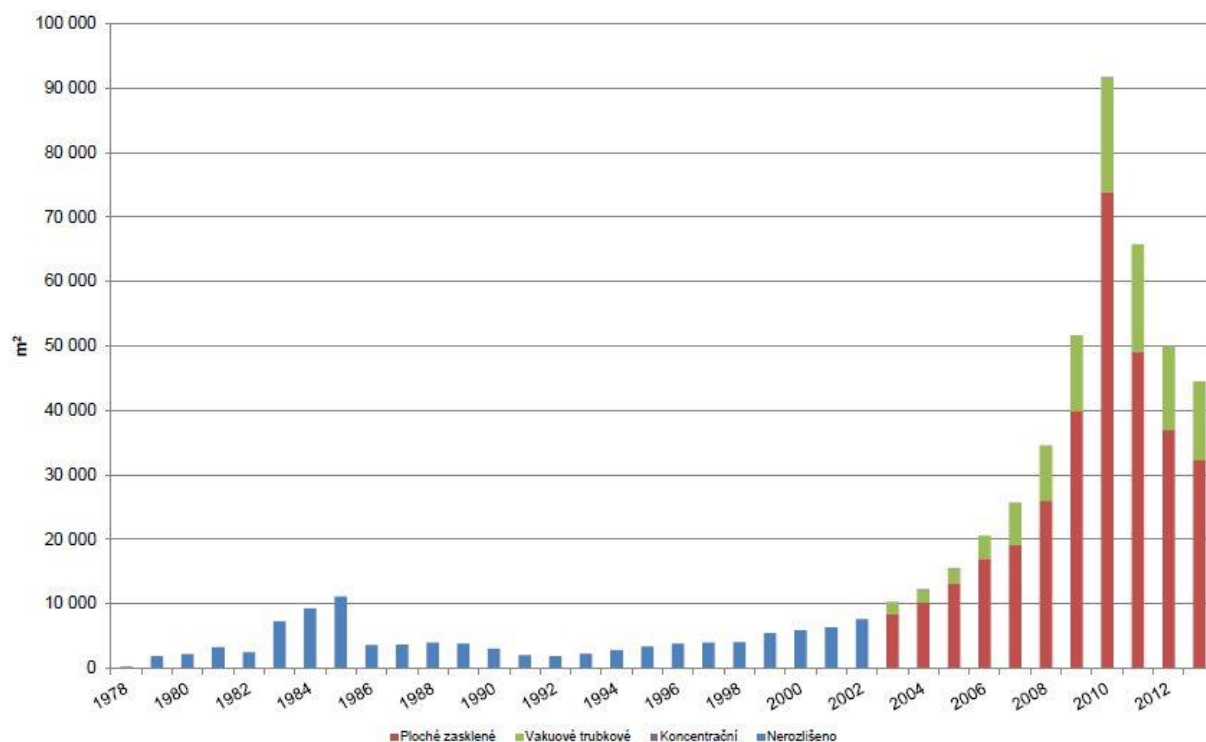
Solární soustava se skládá z kolektorů, zásobníku tepla, oběhového čerpadla, potrubní sítě a armatur, zabezpečovacího zařízení a regulace systému. Zařízení pro solární ohřev vody

se používá jako bivalentní zdroj tepla, což znamená, že musí být v kombinaci s dalším zdrojem tepla.

Základním prvkem solární soustavy jsou sluneční kolektory. Kolektory zachycují sluneční energii a přeměňují ji na teplo, které teplonosná látka odevzdává prostředí nebo odběrnému místu. Podle teplonosné látky rozlišujeme kolektory kapalinové a vzduchové. Podle konstrukčního řešení dělíme kolektory na ploché a koncentrační. A z hlediska tvaru na kolektory ploché a trubicové.

Na grafu 4 je znázorněn vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh. Největší nárůst byl zaznamenán v roce 2010, který byl způsoben dotacemi státu na OZE. Z grafu dále vidíme, že nejvíce se využívají kolektory ploché, dále pak vakuové trubicové a nejméně kolektory koncentrační.

Graf 4: Vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh

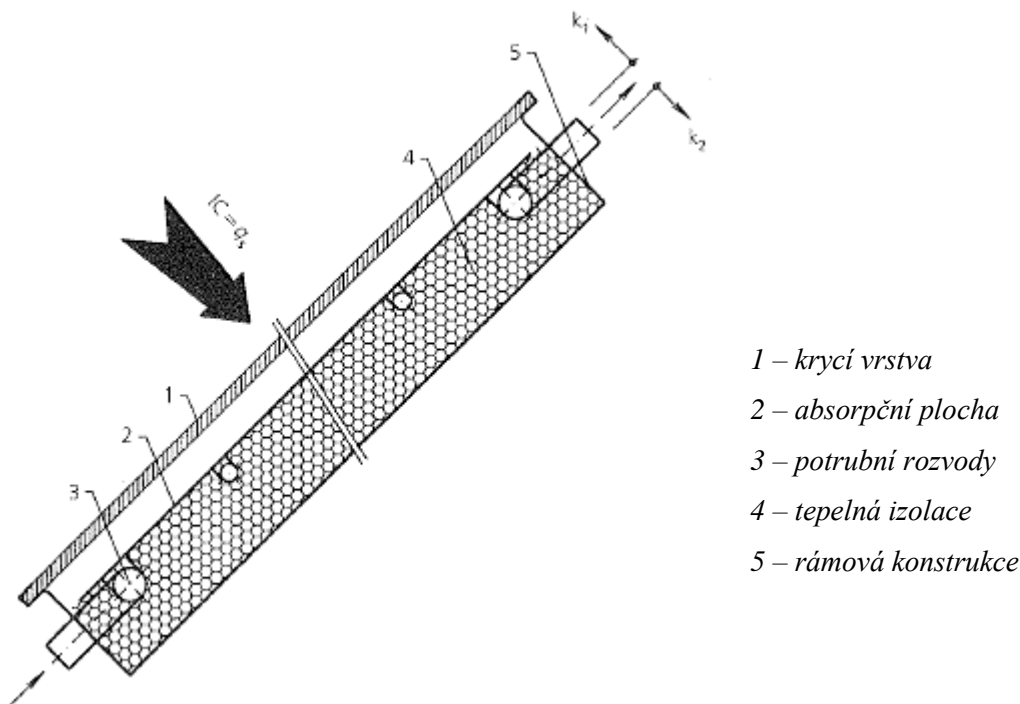


Zdroj: Statistika – Ministerstvo průmyslu a obchodu [11]

Ploché kolektory mají tvar obdélníkové desky a skládají se z transparentní, absorpční a tepelněizolační vrstvy. Schéma plochého kolektoru můžeme vidět na obrázku 3. Transparentní vrstva je tvořena krycím sklem nebo plastovou fólií. Funkcí transparentní vrstvy je zvyšování tepelné účinnosti a snižování tepelné ztráty kolektoru. Absorpční vrstva je nejdůležitějším funkčním prvkem plochého kolektoru. Absorbuje sluneční záření a ve formě tepla ho

odevzdává teplonosné látky. Absorbér je nejčastěji vyroben z měděných trubek. Zadní strana kolektoru je pokrytá tepelnou izolací, která snižuje tepelné ztráty absorpční plochy. [8]

Obrázek 3: Schéma plochého slunečního kolektoru



- 1 – krycí vrstva
- 2 – absorpční plocha
- 3 – potrubní rozvody
- 4 – tepelná izolace
- 5 – rámová konstrukce

Zdroj: Vytápění rodinných a bytových domů [6]

Princip vakuových kolektorů spočívá ve vytvoření vakua uvnitř konstrukce. Vakuum zvyšuje tepelnou účinnost a zároveň zamezuje orosení a vznikání koroze absorbéru. Vakuové kolektory se podle způsobu vytvoření vakua dělí na ploché nebo koncentrační. U koncentračních vakuových kolektorů je absorbér vložen do trubice.

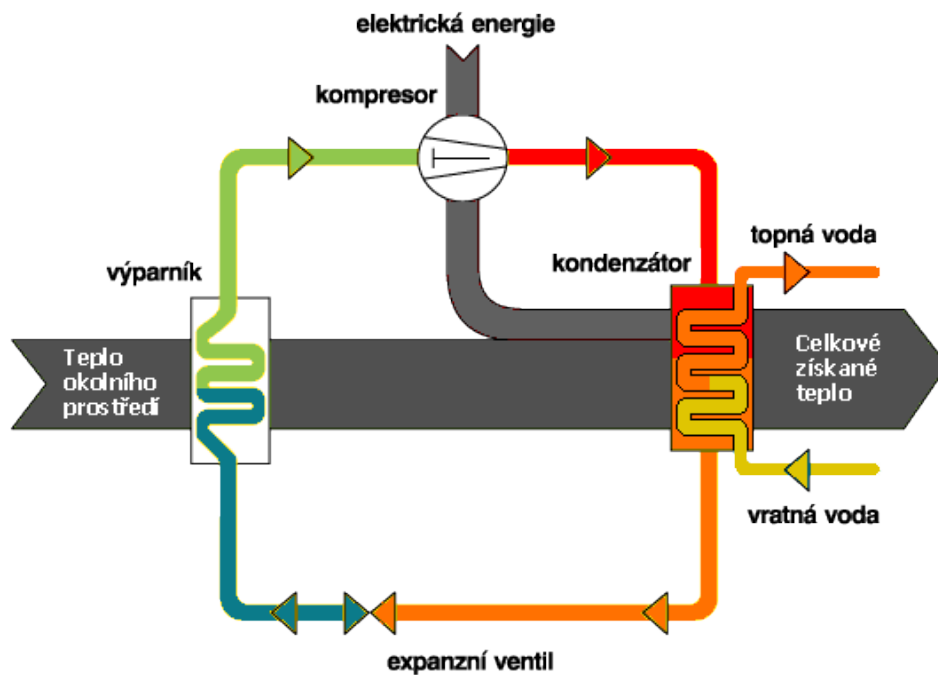
Pro správné využití sluneční energie je důležité nasměrování slunečních kolektorů. Nasměrování kolektoru se udává azimutovým úhlem a poloha umístění kolektoru úhlem sklonu. Nejvýhodnější je nasměrování kolektoru na jih, kterému odpovídá azimutový úhel 0° . Odchýlení od jižního směru je přijatelné o azimutový úhel 45° na jihovýchod a jihozápad. Optimální úhel sklonu kolektoru je, když rovina kolektoru svírá s dopadajícím slunečním zářením pravý úhel. V našich klimatických podmínkách tomu odpovídá v letním období úhel 30° až 45° a v zimním období úhel 60° až 90° . [8]

2.2 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla využívají jako energetický zdroj energii prostředí. Energie prostředí se dělí na přírodní zdroje tepla a druhotné zdroje tepla z technologických procesů. Mezi přírodní zdroje patří venkovní vzduch, sluneční záření, půda, povrchové a spodní vody.

Tepelné čerpadlo umožňuje odebírat teplo o relativně nízkém potenciálu okolnímu prostředí. Tepelné čerpadlo se skládá ze 4 základních částí, a to z výparníku, kompresoru, kondenzátoru a expanzního ventilu. Teplo z okolí je předáváno ve výparníku teplonosné látce. Ta je poté kompresorem stlačena na vyšší pracovní tlak, díky tomu stoupne i její teplota a v kondenzátoru teplonosná látka předá teplo vodě. Toto teplo se využívá k ohřevu teplé vody nebo k nízkoteplotnímu vytápění. V expanzním ventilu se teplonosná látka roztahuje, aby byla schopná přijímat další teplo z okolí. [12]

Obrázek 4: Funkční schéma tepelného čerpadla



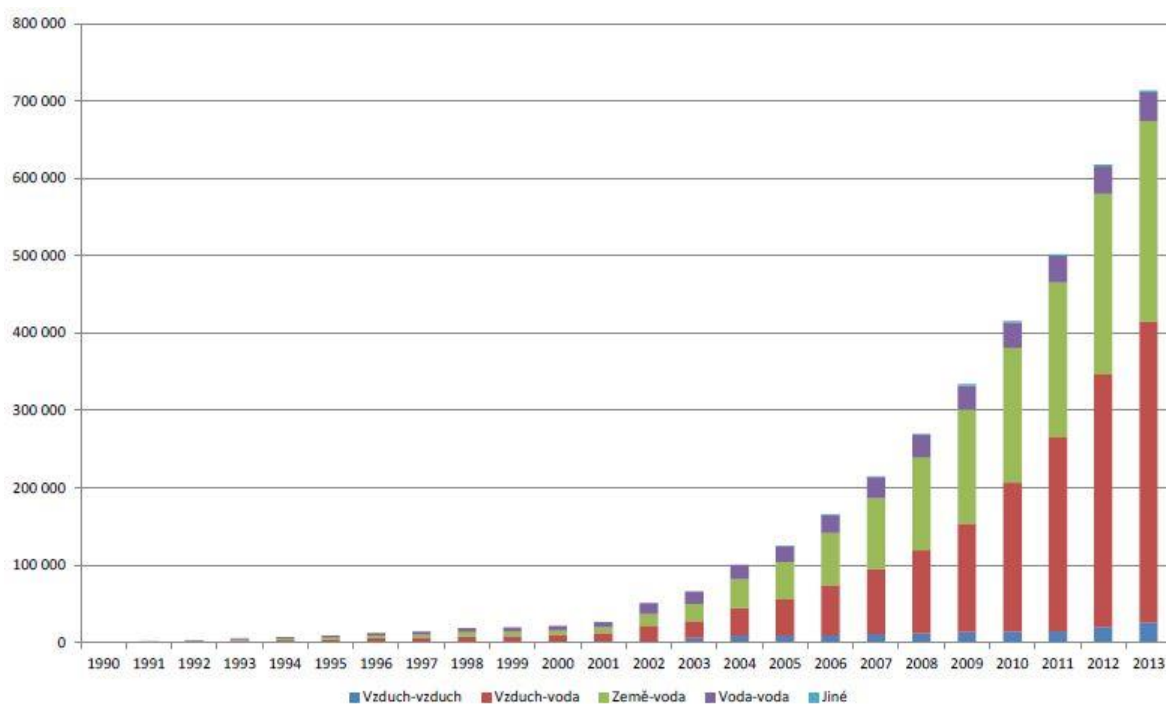
Zdroj: Vytápění pro 3. ročník učebního oboru instalatér [14]

Tepelná čerpadla sice svou činností nevyklučují do ovzduší žádné nečistoty, avšak k jejich provozu je stále nutná elektrická energie. Spotřeba energie pro pohon tepelného čerpadla závisí na množství přečerpávaného tepla a na rozdílu teplot zdroje nízkopotencionálního tepla a topného systému. Vztah mezi výkonem tepelného čerpadla a příkonem energie se nazývá topný faktor. Čím je topný faktor vyšší, tím je tepelné čerpadlo lepší. Průměrný roční topný faktor tepelného čerpadla se pohybuje okolo 3 až 4. [14]

Tepelná čerpadla rozlišujeme podle druhu nízkopotencionálního tepla a podle teplonosné látky na tepelná čerpadla voda/voda, země/voda, vzduch/voda, vzduch/vzduch. Častěji využívaná jsou tepelná čerpadla, která využívají jako teplonosnou látku vodu.

Z grafu 5 je vidět, že od roku 2004 do roku 2013 vzrostl celkový výkon dodaných tepelných čerpadel ze 100 MW na více než 713 MW. Nejběžněji instalovaná tepelná čerpadla jsou typu vzduch/voda a země/voda. Celkový počet dodaných tepelných čerpadel do roku 2013 typu vzduch/voda bylo 28814 o celkovém výkonu 389398 kW a čerpadel typu země/voda 19929 o celkovém výkonu 259008 kW.

Graf 5: Odhad rozdělení celkového výkonu tepelných čerpadel (kW)



Zdroj: Statistiky – Ministerstvo průmyslu a obchodu [13]

Tabulka 3: Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh

		vzduch/vzduch	vzduch/voda	země/voda	voda/voda	Jiné	Celkem
Do roku 2004	počet	859	2 253	2 666	743	0	6 521
	kW	8 562	35 940	37 219	18 513	0	100 234
2005	počet	47	693	958	55	19	1 772
	kW	190	11 039	11 285	1 595	639	24 748
2006	počet	122	964	1 362	84	0	2 532
	kW	470	17 968	18 593	3 015	0	40 046
2007	počet	338	1 482	1 730	62	3	3 615
	kW	1 522	19 073	24 585	4 135	193	49 508
2008	počet	60	1 769	2 125	78	0	4 032
	kW	787	23 343	28 868	1 694	0	54 692
2009	počet	254	2 386	1 959	87	159	4 845
	kW	1 764	32 967	26 747	1 642	1 373	64 493
2010	počet	118	4 212	2 150	74	10	6 564
	kW	621	52 282	27 078	1 898	17	81 896
2011	počet	105	4 525	2 296	65	24	7 015
	kW	719	57 753	26 055	1 533	41	86 101
2012	počet	454	5 907	2 425	76	32	8 894
	kW	5 050	76 818	32 320	1 754	96	116 038
2013	počet	508	4 623	2 258	82	57	7 528
	kW	5 997	62 215	26 258	1 228	227	95 925
Celkem do roku 2013	počet	2 865	28 814	19 929	1 406	304	53 318
	kW	25 682	389 398	259 008	37 007	2 586	713 681

Zdroj: Statistiky – Ministerstvo průmyslu a obchodu [13]

Zemská kůra jako zdroj tepla má řadu výhod. Největší výhodou jsou mírné teplotní výkyvy a všeobecná dostupnost zdroje. Nevýhodou však jsou vysoké investiční náklady na realizaci výměníku tepla. Výměník tepla lze uložit dvěma způsoby. Prvním způsobem jsou zemní kolektory uložené horizontálně v hloubce 0,5 až 3 m. Druhým způsobem jsou hloubkové sondy, jejichž hloubka vrtů je 40 až 150 m a většinou bývají 2 až 3 sondy ve vzdálenosti 5 m od sebe. Jelikož teplota zemské kůry v hloubce od 1 m neklesne ani v nejchladnějších dnech pod bod mrazu, tak tepelná čerpadla země/voda dokáží celoročně pokrýt potřeby energie budovy na vytápění a přípravu teplé vody.

Tepelná čerpadla mohou jako zdroj tepla využívat vodu spodní i povrchovou. Častější je využití spodní vody, která má v průběhu roku téměř neměnnou teplotu. V hloubce 15 m pod povrchem je teplota vody přibližně 10 °C. Pro získání tepla ze spodní vody je nejpoužívanějším způsobem vrtání dvou studen, kde jedna je sací a druhá vratná.

Pro tepelná čerpadla využívající jako zdroj tepla okolní vzduch není potřeba dělat žádné zemní a stavební práce, proto jsou investiční náklady nižší než u předchozích typů. Tepelné čerpadlo dokáže odebírat teplo vzduchu i při teplotách pod bodem mrazu (až do -20 °C). Při nízkých teplotách se však snižuje výkon tepelného čerpadla, a proto musí být do systému připojen další zdroj tepla. [12]

2.3 Biomasa

Biomasa je nejvýznamnějším obnovitelným zdrojem energie v České republice. Jde o organickou hmotu rostlinného nebo živočišného původu, která se získává jako vedlejší materiál ze zemědělské a průmyslové činnosti nebo se záměrně pěstuje. Nejpoužívanější biomasou pro vytápění je dřevo. Mezi další využívané materiály patří sláma, traviny, rašelina, konopí, řepka, cukrová třtina, olejniny a další.

Mezi výhody biomasy patří obnovitelnost zdroje, možnost využití popela jako hnojiva, možnost likvidace odpadů z průmyslu a ze zemědělství. Nevýhodou je nižší výhřevnost oproti jiným druhům paliv, nutnost používat velké sklady pro uskladnění paliva a nutnost sušení biomasy pro snížení vlhkosti, a tím zvýšení výhřevnosti paliva. [12]

Tepelná energie se z biomasy získává několika způsoby. Mezi nejčastější patří spalování, zplynování a pyrolýza. [14]

3. Posouzení variant zdroje tepla pro bytový dům

Praktická část bakalářské práce se zabývá posouzením efektivnosti investice do výměny zdroje tepla v polyfunkčním domě Terasy Černošice, a to porovnáním investičních a provozních nákladů na vytápění a ohřev teplé vody. (Základní popis této stavby je v kapitole 5.1.). Analýza nákladů je provedena na dvou nově navržených variantách využívajících obnovitelné zdroje energie vzhledem ke stávající variantě. Nové varianty a jejich cenové nabídky byly zpracovány ve spolupráci se společností Regulus, spol. s.r.o., který se zabývá projektováním a instalací systémů se solárními kolektory a tepelnými čerpadly.

3.1 Popis stávající varianty

V bytovém domě jsou nyní použity jako zdroje tepla dva závěsné kotle na spalování zemního plynu, každý o maximálním výkonu 35 kW. Celkový výkon je tedy 70 kW. Jsou použity kotle s účinností až 92% a modulací výkonu od 20 do 100%. Při navrhování této varianty byla spočtena spotřeba zemního plynu 15 200 m³/rok. [15] Jelikož nejsou k dispozici data o reálné spotřebě zemního plynu při provozu objektu, bude tato spotřeba brána jako referenční hodnota při výpočtech provozních nákladů.

3.2 Popis a investiční náklady navržených variant

První nově navržená varianta (dále **Varianta 1**) spočívá v instalaci solárních kolektorů pro ohřev teplé vody, které doplňují stávající variantu s plynovými kotly. Navržen je systém se šesti plochými slunečními kolektory typu KPG1 (obrázek 5), čerpadlovou skupinou s regulátorem, zásobníkovým ohřevačem TV RBC750 a expanzní nádobou na studenou a teplou vodu. Investiční náklady první varianty byly stanoveny ve výši 264 171 Kč bez DPH.

Obrázek 5: Solární kolektor KPG1



Zdroj: Regulus, spol. s.r.o.

Ve druhé navržené variantě (dále Varianta 2) je již zcela změněn zdroj tepla. Jsou zde navržena dvě tepelná čerpadla typu vzduch-voda EcoAir410 a EcoAir420 (obrázek 6), akumulční nádrž PS650 a šest solárních kolektorů typu KPG1, stejně jako u první varianty. Jako bivalentní zdroj je navržen elektrokotel s výkonem 30 kW. Investiční náklady třetí varianty byly stanoveny ve výši 720 486 Kč bez DPH.

Obrázek 6: Tepelné čerpadlo EcoAir420



Zdroj: Regulus, spol. s.r.o.

Přehled investičních nákladů navržených variant je v tabulce 4. Cenové nabídky těchto variant jsou podrobně rozepsány v příloze 1 a 2.

Tabulka 4: Investiční náklady navržených varianty

	Investiční náklady bez DPH	DPH 15%	Investiční náklady včetně DPH
Varianta 1	264 171 Kč	39 626 Kč	303 797 Kč
Varianta 2	720 486 Kč	108 073 Kč	828 559 Kč

Zdroj: cenová nabídka, Regulus, spol. s.r.o.

3.3 Provozní náklady variant

Pro výpočet provozních nákladů bylo nutné nejdříve zjistit celkovou spotřebu energie potřebnou pro vytápění a ohřev vody jednotlivých variant. Tyto výpočty byly provedeny pomocí energetických bilancí, vytvořených pro dotační programy. Pro variantu 1 byla použita bilance solárních termických systémů, vytvořená pro dotační program Nová zelená úsporám v souladu s TNI 73 0302:2014. [16] Pro variantu 2 bylo použito výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelným čerpadlem, sestaveném na základě ČSN EN 15316-4-2 pro Operační program životního prostředí. [17]

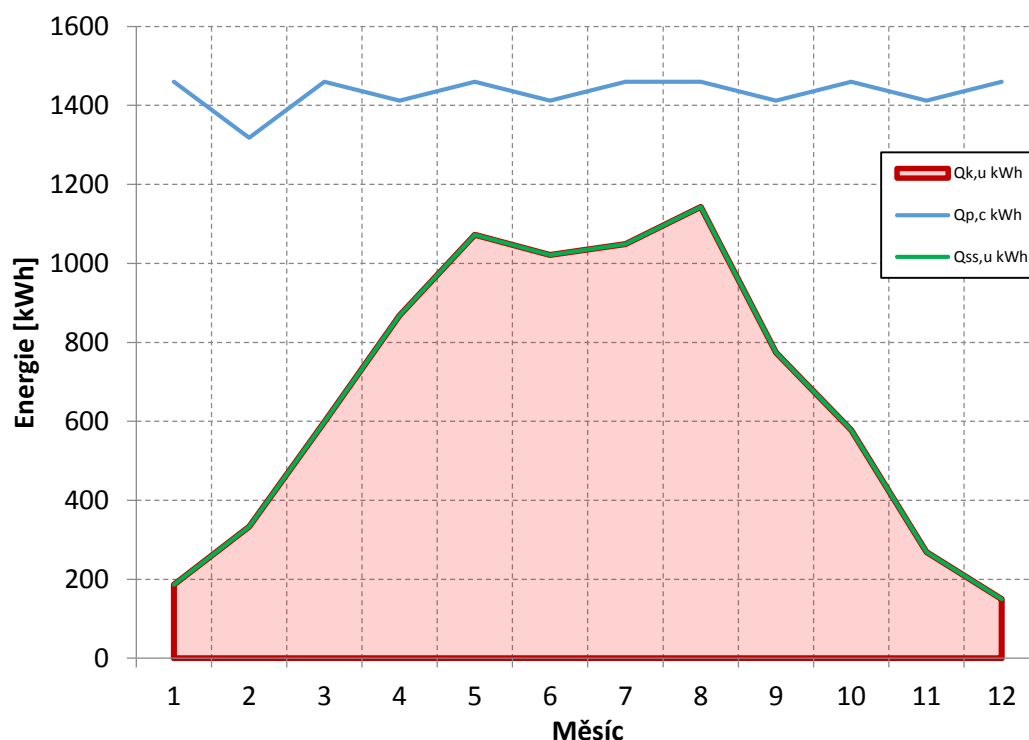
Jako základní spotřeba energie pro vytápění a ohřev teplé vody je ve výpočtech vzata spotřeba energie pro stávající variantu, zjištěná z celkové spotřeby zemního plynu za 1 rok

$$15\,200 \text{ m}^3/\text{rok} \times 10,55 \text{ kWh/m}^3 = 160\,360 \text{ kWh/rok},$$

kde hodnota $10,55 \text{ kWh/m}^3$ je objemové spalné teplo zemního plynu.

Pro variantu 1 byl vypočten celkový využitelný zisk navrženého solárního systému pomocí bilance solárních termických systémů, do které bylo nutné zadat denní spotřebu teplé vody bytového domu, počet a parametry navržených solárních kolektorů, jako je plocha apertury, optická účinnost, lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru. Kompletní výpočet je v příloze 3. Z výpočtu vyplývá, že celková potřeba tepla pro přípravu teplé vody je $17\,184 \text{ kWh/rok}$, měrný využitelný zisk solárního systému je $560 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$ a celkový využitelný zisk solárního systému je $8\,040 \text{ kWh/rok}$. Na grafu 6 je znázorněno pokrytí potřeby tepla solárním systémem pro ohřev teplé vody v průběhu roku. Křivka $Q_{p,c}$ znázorňuje průběh celkové potřeby tepla pro ohřev teplé vody a křivka $Q_{ss,u}$ znázorňuje jakou část energie je schopen v průběhu roku pokrýt solární systém.

Graf 6: Potřeba tepla pro ohřev teplé vody



Zdroj: Výpočetní nástroj pro bilancování solárních termických systémů v1.1 [16]

Spotřeby energie varianty 2 byly zjištěny pomocí energetického hodnocení soustav s tepelným čerpadlem. Zadání i výsledky energetického hodnocení jsou v příloze 4. Do zadání bylo nutné zadat roční potřebu tepla na vytápění a na přípravu teplé vody, návrhové teploty

přívodní a vratné otopné vody, návrhová teplota teplé vody, druh tepelného čerpadla, výkony a topné faktory navržených tepelných čerpadel. Z výsledků energetického hodnocení bylo zjištěno, že tepelná čerpadla dodají teplo 109 415 kWh/rok na vytápění a 9 144 kWh/rok na přípravu teplé vody. Solární kolektory dále dodají 8040 kWh/rok na přípravu teplé vody. Celkový topný faktor tepelných čerpadel je 7,32. Hnací energie tepelných čerpadel je 15 835 kWh/rok a pomocná elektrická energie soustavy je 359 kWh/rok. Teplo dodané doplňkovým ohřevem (elektrokotlem) je 33 761 kWh/rok. Z těchto hodnot zjistíme výslednou spotřebu elektrické energie varianty 2, která je 49 955 kWh.

$$15835 + 359 + 33761 = 49955 \text{ kWh}$$

Celková roční energetická úspora varianty 2 je tedy 110 405 kWh/rok, tzn. přibližně 69% z celkové spotřeby energie.

V tabulce 5 jsou přehledně popsány spotřeby energie jednotlivých variant a vypočteny roční provozní náklady a úspory nákladů. Při výpočtu je uvažována cena zemního plynu 1,34 Kč/kWh a cena elektrické energie 2,55 Kč/kWh. [20]

Tabulka 5: Provozní náklady pro navržené varianty

	Spotřeba energie [kWh/rok]	Úspora energie [kWh/rok]	Roční úspory nákladů	Roční provozní náklady
Stávající varianta	160 360,00	0,00	0,00 Kč	214 882,40 Kč
Varianta 1	152 320,00	8 040,00	10 773,60 Kč	204 108,80 Kč
Varianta 2	49 955,00	110 405,00	87 497,15 Kč	127 385,25 Kč

Zdroj: vlastní výpočty

4. Vyhodnocení variant

Při vyhodnocení efektivnosti investice do výměny zdroje tepla bytového domu, **z pohledu majitele bytového domu**, byla posuzována především doba návratnosti investice, diskontovaná doba návratnosti a čistá současná hodnota po 30 letech za předpokladu růstu cen energií, určených jako průměrný nárůst cen energií za posledních pět let a uvažované diskontní sazby 2,0%.

U zemního plynu vzrostla cena z 1,084 Kč/kWh v roce 2011 na 1,341 Kč/kWh v roce 2015, proto je ve výpočtu uvažováno s růstem cen zemního plynu o 4,75% ročně. Cena elektrické energie se za posledních 5 let skoro nezměnila, a proto je ve výpočtu uvažováno s růstem ceny elektrické energie pouze o 1,5% ročně. [20]

4.1 Varianta 1

Výpočty a výsledky ekonomické bilance pro variantu se solárním systémem na ohřev teplé vody jsou vidět v tabulce 6 a na grafu 8.

Tabulka 6: Výpočet ekonomické bilance Varianty 1 (v Kč)

Roky	0	1	2	3	4	5	6
CF	-303 796,65	-293 023,05	-282 249,45	-271 475,85	-260 702,25	-249 928,65	-239 155,05
DCF	-303 796,65	-293 023,05	-281 958,99	-270 596,62	-258 927,93	-246 944,63	-234 638,25
D. roční úspory		10 773,60	11 064,06	11 362,36	11 668,70	11 983,30	12 306,38
Roky	7	8	9	10	11	12	13
CF	-228 381,45	-217 607,85	-206 834,25	-196 060,65	-185 287,05	-174 513,45	-163 739,85
DCF	-222 000,09	-209 021,19	-195 692,37	-182 004,19	-167 946,97	-153 510,76	-138 685,33
D. roční úspory	12 638,16	12 978,90	13 328,82	13 688,18	14 057,22	14 436,21	14 825,43
Roky	14	15	16	17	18	19	20
CF	-152 966,25	-142 192,65	-131 419,05	-120 645,45	-109 871,85	-99 098,25	-88 324,65
DCF	-123 460,20	-107 824,59	-91 767,43	-75 277,36	-58 342,70	-40 951,47	-23 091,36
D. roční úspory	15 225,13	15 635,61	16 057,16	16 490,07	16 934,66	17 391,23	17 860,11
Roky	21	22	23	24	25	26	27
CF	-77 551,05	-66 777,45	-56 003,85	-45 230,25	-34 456,65	-23 683,05	-12 909,45
DCF	-4 749,72	14 086,42	33 430,40	53 295,90	73 697,00	94 648,12	116 164,11
D. roční úspory	18 341,63	18 836,14	19 343,98	19 865,51	20 401,10	20 951,12	21 515,98
Roky	28	29	30				
CF	-2 135,85	8 637,75	19 411,35				
DCF	138 260,18	160 951,98	184 255,56				
D. roční úspory	22 096,07	22 691,80	23 303,59				

Zdroj: vlastní výpočty

Postup výpočtu:

$$CF_m = CF_{m-1} + \text{roční úspory nákladů}$$

$$CF_1 = -303\,797 + 10\,774 = -293\,023 \text{ Kč}$$

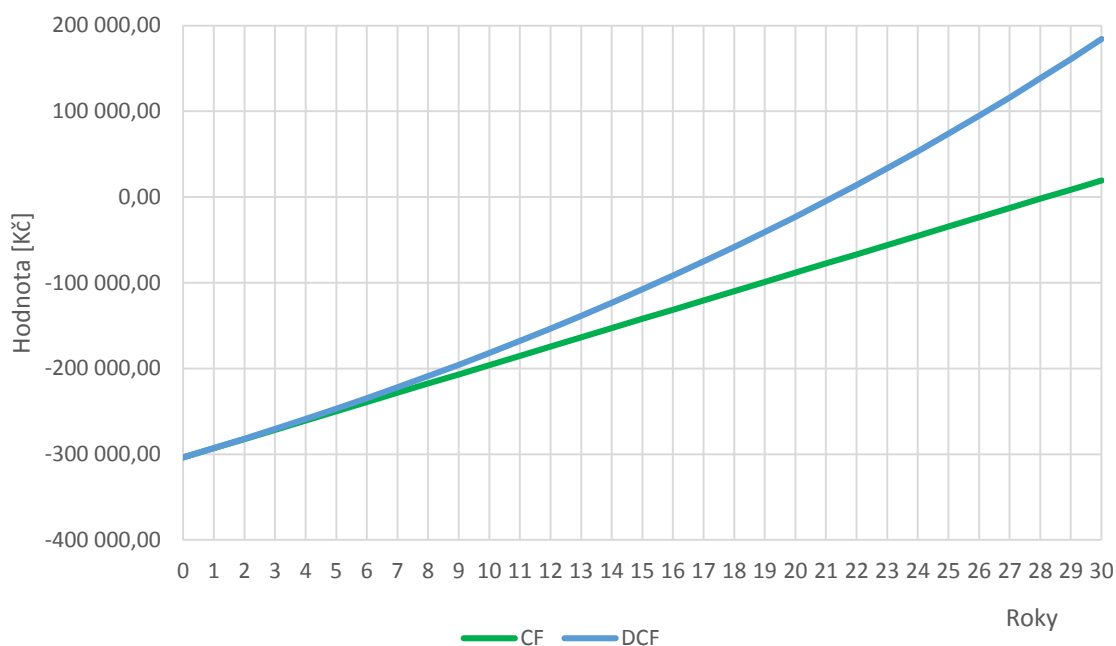
$$DCF_m = DCF_{m-1} + \text{diskontované roční úspory}$$

$$DCF_2 = -293\,023 + 11\,064 = -281\,959 \text{ Kč}$$

$$\text{Diskontované roční úspory}_m = \text{roční úspory}_{m-1} \times \frac{1 + \text{růst cen}}{1 + \text{diskont}}$$

$$\text{Diskontované roční úspory}_2 = 10\,774 \times \frac{1 + 0,0475}{1 + 0,02} = 11\,064 \text{ Kč}$$

Graf 7: Ekonomická bilance Varianty 1



Zdroj: vlastní výpočty

Doba návratnosti:

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{\text{celková investice}}{\text{roční úspory}}$$

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{303\,797 \text{ Kč}}{10\,773,60 \text{ Kč/rok}} = 28,20 \text{ let}$$

Diskontovaná doba návratnosti je 21 let.

Čistá současná hodnota po 30 letech je 184 256 Kč.

4.2 Varianta 2

Výpočty a výsledky ekonomické bilance pro variantu s tepelným čerpadlem a solárním systémem jsou vidět v tabulce 7 a na grafu 9.

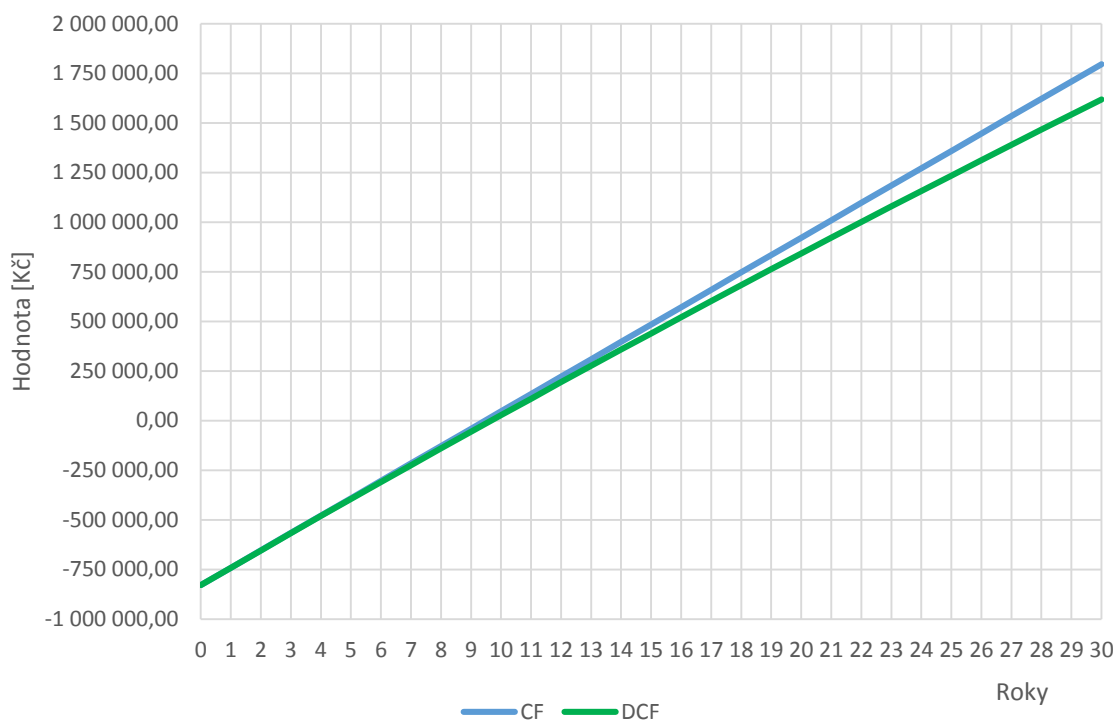
Tabulka 7: Výpočet ekonomické bilance Varianty 2 (v Kč)

Roky	0	1	2	3	4	5	6
CF	-828 558,90	-741 061,75	-653 564,60	-566 067,45	-478 570,30	-391 073,15	-303 576,00
DCF	-828 558,90	-741 061,75	-653 993,51	-567 352,07	-481 135,35	-395 341,25	-309 967,72
D. roční úspory		87 497,15	87 068,24	86 641,44	86 216,72	85 794,09	85 373,53
Roky	7	8	9	10	11	12	13
CF	-216 078,85	-128 581,70	-41 084,55	46 412,60	133 909,75	221 406,90	308 904,05
DCF	-225 012,68	-140 474,09	-56 349,91	27 361,91	110 663,36	193 556,48	276 043,26
D. roční úspory	84 955,04	84 538,59	84 124,19	83 711,81	83 301,46	82 893,12	82 486,78
Roky	14	15	16	17	18	19	20
CF	396 401,20	483 898,35	571 395,50	658 892,65	746 389,80	833 886,95	921 384,10
DCF	358 125,70	439 805,77	521 085,44	601 966,69	682 451,46	762 541,70	842 239,33
D. roční úspory	82 082,43	81 680,07	81 279,68	80 881,25	80 484,77	80 090,24	79 697,64

Roky	21	22	23	24	25	26	27
CF	1 008 881,25	1 096 378,40	1 183 875,55	1 271 372,70	1 358 869,85	1 446 367,00	1 533 864,15
DCF	921 546,30	1 000 464,50	1 078 995,85	1 157 142,24	1 234 905,56	1 312 287,69	1 389 290,49
D. roční úspory	79 306,96	78 918,20	78 531,35	78 146,39	77 763,32	77 382,13	77 002,80
Roky	28	29	30				
CF	1 621 361,30	1 708 858,45	1 796 355,60				
DCF	1 465 915,83	1 542 165,56	1 618 041,51				
D. roční úspory	76 625,34	76 249,72	75 875,95				

Zdroj: vlastní výpočty

Graf 8: Ekonomická bilance Varianty 2



Zdroj: vlastní výpočty

Doba návratnosti:

$$\text{Doba návratnosti} = \frac{828\,559 \text{ Kč}}{87\,497 \text{ Kč/rok}} = 9,47 \text{ let}$$

Diskontovaná doba návratnosti je 9 let.

Čistá současná hodnota po 30 letech je 1 618 042 Kč.

4.3 Porovnání variant

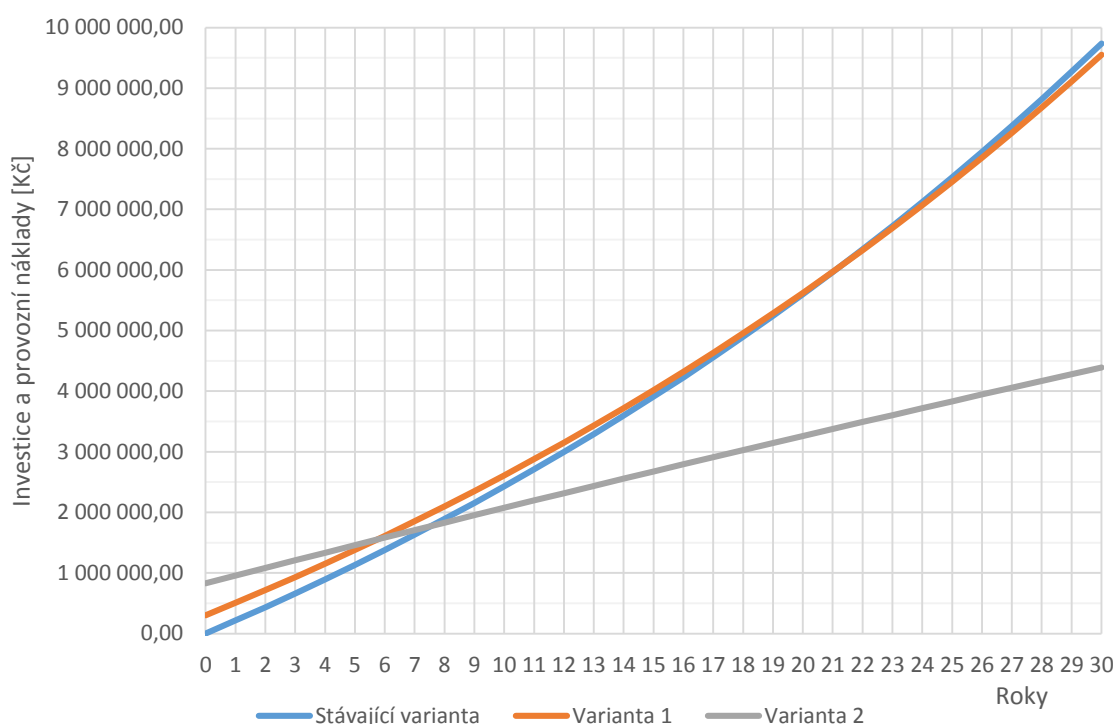
Na grafu 10 je vidět porovnání navržených variant vzhledem ke stávajícímu stavu, při započtení nárůstu cen energií a diskontní sazby po dobu 30 let. Tabulka s výpočty kumulovaných nákladů je v tabulce 8.

Tabulka 8: Investice a provozní náklady (v Kč)

Roky	0	1	2	3	4	5
Stávající varianta	0,00	214 882,40	435 558,20	662 183,59	894 918,98	1 133 929,10
	Provozní náklady	214 882,40	220 675,80	226 625,39	232 735,39	239 010,12
Varianta 1	303 796,65	507 905,45	717 517,18	932 780,21	1 153 846,90	1 380 873,73
	Provozní náklady	204 108,80	209 611,73	215 263,03	221 066,69	227 026,82
Varianta 2	828 558,90	955 944,15	1 082 704,96	1 208 844,40	1 334 365,50	1 459 271,31
	Provozní náklady	127 385,25	126 760,81	126 139,44	125 521,11	124 905,81
Roky	6	7	8	9	10	11
Stávající varianta	1 379 383,11	1 631 454,76	1 890 322,46	2 156 169,44	2 429 183,86	2 709 558,96
	245 454,02	252 071,65	258 867,70	265 846,98	273 014,42	280 375,10
Varianta 1	1 614 021,37	1 853 454,85	2 099 343,65	2 351 861,81	2 611 188,05	2 877 505,93
	233 147,64	239 433,49	245 888,80	252 518,16	259 326,24	266 317,88
Varianta 2	1 583 564,83	1 707 249,07	1 830 327,02	1 952 801,64	2 074 675,90	2 195 952,73
	124 293,52	123 684,24	123 077,95	122 474,62	121 874,26	121 276,83
Roky	12	13	14	15	16	17
Stávající varianta	2 997 493,20	3 293 190,36	3 596 859,76	3 908 716,32	4 228 980,78	4 557 879,81
	287 934,23	295 697,17	303 669,40	311 856,56	320 264,46	328 899,04
Varianta 1	3 151 003,96	3 431 875,70	3 720 319,96	4 016 540,91	4 320 748,21	4 633 157,17
	273 498,02	280 871,74	288 444,26	296 220,95	304 207,30	312 408,96
Varianta 2	2 316 635,07	2 436 725,83	2 556 227,91	2 675 144,19	2 793 477,55	2 911 230,85
	120 682,34	120 090,76	119 502,08	118 916,28	118 333,36	117 753,30
Roky	18	19	20	21	22	23
Stávající varianta	4 895 646,23	5 242 519,09	5 598 743,92	5 964 572,84	6 340 264,81	6 726 085,72
	337 766,41	346 872,86	356 224,83	365 828,93	375 691,96	385 820,91
Varianta 1	4 953 988,93	5 283 470,56	5 621 835,27	5 969 322,57	6 326 178,39	6 692 655,32
	320 831,76	329 481,63	338 364,71	347 487,29	356 855,82	366 476,94
Varianta 2	3 028 406,92	3 145 008,60	3 261 038,71	3 376 500,04	3 491 395,38	3 605 727,51
	117 176,07	116 601,68	116 030,10	115 461,33	114 895,34	114 332,13
Roky	24	25	26	27	28	29
Stávající varianta	7 122 308,67	7 529 214,09	7 947 090,01	8 376 232,19	8 816 944,38	9 269 538,52
	396 222,95	406 905,43	417 875,92	429 142,18	440 712,19	452 594,14
Varianta 1	7 069 012,76	7 455 517,10	7 852 441,89	8 260 068,08	8 678 684,20	9 108 586,54
	376 357,44	386 504,33	396 924,79	407 626,20	418 616,12	429 902,34
Varianta 2	3 719 499,19	3 832 713,16	3 945 372,17	4 057 478,92	4 169 036,13	4 280 046,49
	113 771,68	113 213,97	112 659,00	112 106,75	111 557,21	111 010,36
Roky	30					
Stávající varianta	9 734 334,94					
	464 796,43					
Varianta 1	9 550 079,38					
	441 492,84					
Varianta 2	4 390 512,68					
	110 466,19					

Zdroj: vlastní výpočty

Graf 9: Porovnání navržených variant vzhledem ke stávajícímu stavu



Zdroj: vlastní výpočty

Z vyhodnocení Varianty 1 je patrné, že investice do této varianty by se nevyplatila. Diskontovaná doba návratnosti je 21 let a životnost kvalitních solárních kolektorů je 25 až 30 let. Po uplynutí této doby by byla nutná další investice do obnovy tohoto systému. Celková úspora nákladů pro tuto variantu po 30 letech fungování systému je:

$$9\,734\,335 - 9\,550\,079 = 184\,256 \text{ Kč,}$$

což odpovídá úspoře 1,9 %. Tato úspora je naprosto zanedbatelná.

Investice do Varianty 2 je výhodnější. I přes vyšší investiční náklady vyšla diskontovaná doba návratnosti 9 let. Životnost tepelných čerpadel se odvíjí hlavně od životnosti kompresoru, který je nejvíce namáhanou součástí tepelného čerpadla. Životnost kompresoru se udává od 20 do 25 let. Úspora nákladů při využití této varianty po 25 letech je:

$$7\,529\,214 - 3\,832\,713 = 3\,696\,501 \text{ Kč,}$$

což odpovídá úspoře 49 %. Tato úspora nákladů by bez problémů pokryla investiční náklady potřebné na obnovu systému.

Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo vyhodnocení efektivnosti investice do výměny zdroje tepla v polyfunkčním domě Terasy Černošice. Efektivnost investice byla posouzena na základě porovnání investičních a provozních nákladů navržených variant vzhledem ke stávající variantě.

Stávající varianta obsahuje dva plynové kotle. Nově navržené varianty využívají jako zdroj tepla obnovitelné zdroje energie. V první variantě jsou navrženy solární kolektory pro ohřev teplé vody doplňující stávající plynové kotle. Ve druhé variantě je zcela vyměněn zdroj tepla. Je zde navržena kombinace tepelného čerpadla, solárních kolektorů a elektrokotle.

Pro výpočet spotřeby energie jednotlivých variant byly využity energetické bilance, vytvořené pro dotační programy. Pro první variantu byla aplikována bilance solárních termických systémů, vytvořená v souladu s TNI 73 0302:2014. Pro druhou variantu bylo použito výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelným čerpadlem, sestavené na základě ČSN EN 15316-4-2.

Při vyhodnocení efektivnosti investice, z pohledu majitele bytového domu, byla posuzována především diskontovaná doba návratnosti a celková úspora nákladů na konci předpokládané životnosti systému. Z porovnání variant je patrné, že investice do první varianty by se nevyplatila. Diskontovaná doba návratnosti je 21 let a úspora nákladů po 30 letech fungování této varianty je 184 256 Kč. Investice do druhé varianty je výhodnější. Diskontovaná doba návratnosti je 9 let a úspora nákladů po 25 letech je 3 696 501 Kč. Na základě těchto informací bych investorovi doporučila realizaci druhé varianty.

Při řešení této problematiky je nutné si uvědomit, že odlišný pohled na investici má majitel objektu jako provozovatel, který hradí provozní náklady a například investor developerského projektu. V případě výstavby bytového domu určeného na prodej bytových jednotek není v zájmu investora zvýšení investičních nákladů. Investora v tomto případě nezajímají úspory provozních nákladů budoucích majitelů bytů. Obdobné je to i v případě pronájmu bytových jednotek, kde jsou náklady na spotřebu energie hrazeny uživateli bytů a majiteli objektu úspory provozních nákladů nájemníků nevyvážejí zvýšené investiční náklady.

Výměna zdroje tepla má mimo vlivu na ekonomiku projektu také vliv na životní prostředí. Díky využití obnovitelných zdrojů energie se snižuje spotřeba primárních zdrojů energie, což přispívá k trvale udržitelnému rozvoji.

5. Popis dílčích úkolů

5.1 Popis stavby

V rámci studia byla zpracovávána stavba Polyfunkční dům Terasy Černošice. Jedná se o multifunkční objekt sloužící jako bytový dům s komerčním prostorem v 1.NP. Stavba má 3 nadzemní podlaží a je částečně podsklepena. Ve 2. a 3. NP je dohromady 6 bytů o dispozicích 2+kk, 3+kk a 4+kk.

Plocha pozemků investora dotčených stavební činností je 989 m². Celková zastavěná plocha objektu je 317 m² a celková užitná podlažní plocha interiéru je 723 m². Obestavěný prostor stavby je 3250 m³. Přilehlý pozemek je využit jako společná zahrada. Součástí stavby je 10 parkovacích stání.

Obrázek 7: Polyfunkční dům Terasy Černošice



Zdroj: foto Formen, spol. s.r.o.

5.2 Propočet stavby

Pro stavbu byl pomocí THU (technicko-hospodářských ukazatelů) zpracován propočet investora. Celkové náklady investora na pořízení stavby jsou 25 066 770 Kč včetně DPH.

Tabulka 9: Náklady investora

	bez DPH	DPH		s DPH
I. PROJEKTOVÉ A PRŮZKUMNÉ PRÁCE	1 600 000 Kč	21%	336 000 Kč	1 936 000 Kč
III. STAVEBNÍ OBJEKTY	16 501 877 Kč		2 525 743 Kč	19 027 619 Kč
VI. NÁKLADY NA UMÍSTĚNÍ STAVBY	825 094 Kč	15%	123 764 Kč	948 858 Kč
VII. OSTATNÍ NÁKLADY	660 075 Kč	21%	138 616 Kč	798 691 Kč

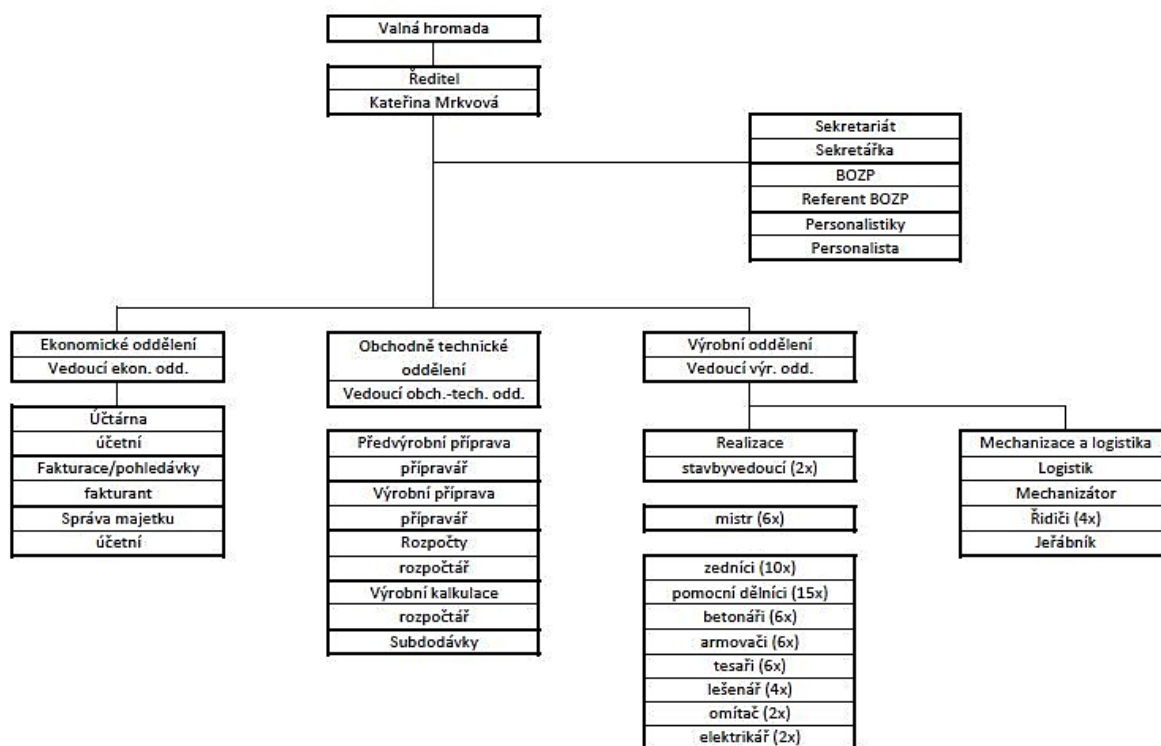
VIII. REZERVA	1 485 169 Kč	15%	222 775 Kč	1 707 944 Kč
X. KOMPLETAČNÍ ČINNOST	247 528 Kč	15%	37 129 Kč	284 657 Kč
XI. PROVOZNÍ NÁKLADY	300 000 Kč	21%	63 000 Kč	363 000 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY NA POŘÍZENÍ STAVBY	21 619 742 Kč		3 447 027 Kč	25 066 770 Kč

Zdroj: vlastní výpočty

5.3 Založení a struktura stavební firmy

V rámci studia byla založena stavební firma Stavby MK s.r.o. Společnost se bude zabývat realizací bytových domů, administrativních budov a rodinných domů. Bude působit ve Středních a Jižních Čechách a v hlavním městě Praha. Firma Stavby MK s.r.o. bude trvale zaměstnávat 84 zaměstnanců. Plánované tržby společnosti jsou 168 000 000 Kč/rok.

Obrázek 8: Organizační struktura firmy Stavby MK s.r.o.



Zdroj: vlastní tvorba

5.4 Harmonogram investora

Harmonogram investora řeší předinvestiční a investiční fázi výstavbového projektu. Součástí harmonogramu je předpokládaný průběh nákladů a potřeb dělníků v čase.

Investor plánuje dokončení stavby v listopadu roku 2017. S ohledem na produktivitu práce a počet nasazených pracovníků je čas realizace výstavby stanoven na dobu 8 měsíců, a to

od 03/2017 do 10/2017. Celý projekt pak od zahájení projektových prací po uvedení do užívání stavby potrvá od 05/2015 do 11/2017.

5.5 Položkový rozpočet

Na hlavní stavební objekt byl zpracován položkový rozpočet s použitím softwaru Kros plus, který je určen pro tvorbu položkových rozpočtů a kalkulací stavebních prací.

Tabulka 10: Porovnání nákladů na hlavní objekt

Náklady na SO 01 Hlavní objekt <u>z propočtu</u>
15 238 172,50 Kč bez DPH
Náklady na SO 01 Hlavní objekt <u>z rozpočtu</u>
14 322 472,00 Kč bez DPH

Zdroj: vlastní výpočty

Náklad na SO 01 zpracovaný v rozpočtu je o 6,01 % nižší než náklad zpracovaný v propočtu.

5.6 Předvýrobní příprava

Jedním z dílčích úkolů v rámci studia bylo stanovení prací zajišťovaných subdodavatelsky. Podíl subdodávek na celkové ceně stavby je 47,9%.

Dále bylo navrženo zařízení staveniště. Byla zpracována situace zařízení staveniště, technická zpráva a zkalkulovány náklady na zařízení staveniště.

- NUS z položkového rozpočtu činí 854 203,90 Kč
- Kalkulované NUS – skutečné náklady činí 496 303,32 Kč

Dalším úkolem bylo sestavení časového plánu stavby dodavatele, kterým byla stavební firma Stavby MK s.r.o. Tento plán vychází z plánovaných normohodin z položkového rozpočtu, počtu nasazených pracovníků a z technologicky dané posloupnosti prací. Časový plán byl zpracován pomocí programu MS Project. Výstavba projektu začne 1.3.2017 a konec je naplánován na 30.10.2017. Dokončení stavby podle smlouvy o dílo je 31.10.2017.

Dále byl vypracován finanční tok stavby, který byl podkladem pro sestavení platebního kalendáře a konečné faktury.

6. Seznam použité literatury

1. ČSN 06 0310. Tepelné soustavy v budovách: Projektování a montáž. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
2. LULKOVIČOVÁ, Otilia. Zdroje tepla a domovní kotelny. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004, 223 s. Vytápění. ISBN 80-807-6002-0
3. ČSN EN 1749. Evropský systém třídění spotřebičů plyných paliv podle způsobu odvádění spalin. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
4. Zdroje tepla na plyn. TZB - info [online]. [cit. 2015-03-29].
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4048-zdroje-tepla-na-plyn>
5. ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005.
6. PETRÁŠ, Dušan. Vytápění rodinných a bytových domů. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2005, 246 s. Vytápění. ISBN 80-807-6020-9.
7. Energetická bilance domu. EkoWATT [online]. [cit. 2015-03-29].
Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml>
8. PETRÁŠ, Dušan. Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie. 1. vyd. Bratislava: Jaga, 2008, 207 s. ISBN 978-80-8076-069-4.
9. Základní pojetí konceptu udržitelného rozvoje. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR: Pracovní skupina pro udržitelný rozvoj[online]. [cit. 2015-04-06].
Dostupné z: <http://www.mmr.cz/cs/Microsites/PSUR/Uvodni-informace-o-udrzitelnem-rozvoji/Zakladni-pojeti-konceptu-udrzitelnego-rozvoje>
10. Primární energetické zdroje. In: Ministerstvo průmyslu a obchodu: Energetika a suroviny [online]. 2014 [cit. 2015-04-06].
Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument148849.html>
11. Obnovitelné zdroje energie v roce 2013. In: Ministerstvo průmyslu a obchodu: Energetika a suroviny [online]. 2014 [cit. 2015-04-06].
Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument153790.html>
12. DUFKA, Jaroslav. Vytápění netradičními zdroji tepla. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 110 s. ISBN 80-730-0079-2.
13. Tepelná čerpadla v roce 2013. In: Ministerstvo průmyslu a obchodu: Energetika a suroviny [online]. 2014 [cit. 2015-04-20].
Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument150513.html>

14. DUFKA, Jaroslav. Vytápění: pro 3. ročník učebního oboru instalatér. Vyd. 1. Praha: Sobotáles, 2001. ISBN 80-859-2080-8.
15. Spacetechnic s.r.o. Technická zpráva: Vytápění, Terasy Černošice. Praha, 2012.
16. Výpočetní nástroj pro bilancování solárních termických systémů v1.1. Nová zelená úsporám: Formuláře [online]. [cit. 2015-05-08].
Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/poradenske-centrum/dokumenty/formulare/>
17. Výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly. Operační program životního prostředí: Dokument ke stažení [online]. [cit. 2015-05-08].
Dostupné z: <http://www.opzp2007-2013.cz/ke-stazeni/392/12429/detail/vypoctove-energeticke-hodnoceni-soustav-s-tepelnymi-cerpadly/>
18. Technický list - KPG1. Regulus: Sluneční kolektor KPG1 [online]. [cit. 2015-05-08]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/download/technicke-listy/cz/kpg1-alc-technicky-list-cz.pdf>
19. Návod na tepelné čerpadlo CTC EcoAir. Regulus: Tepelné čerpadlo EcoAir [online]. [cit. 2015-05-08].
Dostupné z: <http://www.regulus.cz/download/navody/cz/navod-ctc-ecoair-406-410-a4-cz.pdf>
20. Ceny paliv a energie. TZB-info [online]. [cit. 2015-05-08].
Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii>

7. Seznam grafů, tabulek, obrázků

Obrázek 1: Energetická bilance dle ČSN EN 832.....	3
Graf 1: Vývoj využití obnovitelných zdrojů energie v ČR a jejich podíl na primárních energetických zdrojích	5
Tabulka 1: Celková energie z obnovitelných zdrojů v roce 2013	5
Graf 2: Podíl na energii z OZE.....	6
Tabulka 2: Výroba tepla z obnovitelných zdrojů energie (hodnoty v TJ).....	6
Graf 3: Vývoj podílu OZE na výrobě tepla.....	7
Obrázek 2: Mapa ročního dopadajícího slunečního záření na území ČR [kWh/m ² .rok].....	7
Graf 4: Vývoj dodávek solárních kolektorů na český trh.....	8
Obrázek 3: Schéma plochého slunečního kolektoru	9
Obrázek 4: Funkční schéma tepelného čerpadla	10
Graf 5: Odhad rozdělení celkového výkonu tepelných čerpadel (kW).....	11
Tabulka 3: Odhad roční dodávky tepelných čerpadel na český trh.....	12
Obrázek 5: Solární kolektor KPG1	14
Obrázek 6: Tepelné čerpadlo EcoAir420	15
Tabulka 4: Investiční náklady navržených varianty.....	15
Graf 6: Potřeba tepla pro ohřev teplé vody	16
Tabulka 5: Provozní náklady pro navržené varianty.....	17
Tabulka 6: Výpočet ekonomické bilance Varianty 1 (v Kč).....	18
Graf 7: Ekonomická bilance Varianty 1	19
Tabulka 7: Výpočet ekonomické bilance Varianty 2 (v Kč).....	19
Graf 8: Ekonomická bilance Varianty 2.....	20
Tabulka 8: Investice a provozní náklady (v Kč)	21
Graf 9: Porovnání navržených variant vzhledem ke stávajícímu stavu	22
Obrázek 7: Polyfunkční dům Terasy Černošice.....	24
Tabulka 9: Náklady investora.....	24
Obrázek 8: Organizační struktura firmy Stavby MK s.r.o.	25
Tabulka 10: Porovnání nákladů na hlavní objekt.....	26

8. Seznam příloh

Příloha 1: Investiční náklady – Varianta 1

Popis	MJ	množství	Cena/MJ	Cena celkem bez DPH
Sluneční kolektor KPG1, 1170x2150x83	ks	6	13 700,00 Kč	82 200,00 Kč
Sada pro uchycení a propojení 5 kolektorů KPG1	ks	1	6 300,00 Kč	6 300,00 Kč
Sada rozšiřující pro uchycení a propojení 1 kolektoru KPG1	ks	1	1 990,00 Kč	1 990,00 Kč
Sada přípojovacích dílů pro pole KPG1	ks	1	714,00 Kč	714,00 Kč
Držák pro sluneční kolektor 45° - rovná střecha	ks	8	1 670,00 Kč	13 360,00 Kč
Vzpěra zavěšovací - rovná střecha	ks	2	355,00 Kč	710,00 Kč
Odvzdušňovací ventil 3/8" - pro solární kolektor	ks	1	399,00 Kč	399,00 Kč
Solarten Super 25 l	ks	3	1 850,00 Kč	5 550,00 Kč
Expanzní nádoba 80 l - SL, 10 bar, 3/4"M	ks	1	3 910,00 Kč	3 910,00 Kč
Ventil uzavírací s vypouštěním pro expanzní nádobu M/F 3/4"	ks	1	472,00 Kč	472,00 Kč
Solarflex A DUO, trubka dvojitá nerez DN20	ks	1	8 870,00 Kč	8 870,00 Kč
Sada 4 ks matic, měšičků, těsnění	ks	4	358,00 Kč	1 432,00 Kč
Čerpadlová skupina S1 Solar 1	ks	1	6 080,00 Kč	6 080,00 Kč
Zásobník 750 l, 1x výměník, vč. Izolace, RBS	ks	1	51 900,00 Kč	51 900,00 Kč
Expanzní nádoba 40l - HW, 8 bar, 3/4"M, na pitnou vodu	ks	1	1 770,00 Kč	1 770,00 Kč
Držák expanzní nádoby vč. Přípojovacího ventilu 3/4"	ks	1	574,00 Kč	574,00 Kč
Termostatický ventil směšovací TV MT52H	ks	1	2 940,00 Kč	2 940,00 Kč
Montáž, vč. nadstřešní konstrukce	kpl	1	75 000,00 Kč	75 000,00 Kč
Celkem bez DPH				264 171,00 Kč
DPH 15%				39 625,65 Kč
Celkem s DPH				303 796,65 Kč

Zdroj: Cenová nabídka, Regulus, spol. s r.o.

Příloha 2: Investiční náklady – Varianta 2

Popis	MJ	množství	Cena/MJ	Cena celkem bez DPH
Sluneční kolektor KPG1, 1170x2150x83	ks	6	13 700,00 Kč	82 200,00 Kč
Sada pro uchycení a propojení 5 kolektorů KPG1	ks	1	6 300,00 Kč	6 300,00 Kč
Sada rozšiřující pro uchycení a propojení 1 kolektoru KPG1	ks	1	1 990,00 Kč	1 990,00 Kč
Sada přípojovacích dílů pro pole KPG1	ks	1	714,00 Kč	714,00 Kč
Držák pro sluneční kolektor 45° - rovná střecha	ks	8	1 670,00 Kč	13 360,00 Kč
Vzpěra zavěšovací - rovná střecha	ks	2	355,00 Kč	710,00 Kč
Odvzdušňovací ventil 3/8" - pro solární kolektor	ks	1	399,00 Kč	399,00 Kč
Solarten Super 25 l	ks	3	1 850,00 Kč	5 550,00 Kč
Expanzní nádoba 80 l - SL, 10 bar, 3/4"M	ks	1	3 910,00 Kč	3 910,00 Kč
Ventil uzavírací s vypouštěním pro expanzní nádobu M/F 3/4"	ks	1	472,00 Kč	472,00 Kč
Solarflex A DUO, trubka dvojitá nerez DN20	ks	1	8 870,00 Kč	8 870,00 Kč
Sada 4 ks matic, měšičků, těsnění	ks	4	358,00 Kč	1 432,00 Kč
Čerpadlová skupina S1 Solar 1	ks	1	6 080,00 Kč	6 080,00 Kč
Zásobník 750 l, 1x výměník, vč. Izolace, RBS	ks	1	51 900,00 Kč	51 900,00 Kč
Expanzní nádoba 40l - HW, 8 bar, 3/4"M, na pitnou vodu	ks	1	1 770,00 Kč	1 770,00 Kč
Držák expanzní nádoby vč. Přípojovacího ventilu 3/4"	ks	1	574,00 Kč	574,00 Kč
Termostatický ventil směšovací TV MT52H	ks	1	2 940,00 Kč	2 940,00 Kč
Tepelné čerpadlo Eco Air 410	ks	1	135 900,00 Kč	135 900,00 Kč
Tepelné čerpadlo Eco Air 420	ks	1	183 900,00 Kč	183 900,00 Kč
Regulátor IR 12 top. Systému a tep. Čerpadla	ks	1	21 990,00 Kč	21 990,00 Kč
Topné těleso 6 kW s ovládním a HDO	ks	1	4 690,00 Kč	4 690,00 Kč

Therm 30 Elektrokotel	ks	1	19 900,00 Kč	19 900,00 Kč
Akumulační nádrž PS 650 N bez izolace	ks	1	12 300,00 Kč	12 300,00 Kč
Izolace akumulční nádrže PS 650 N	ks	1	4 930,00 Kč	4 930,00 Kč
Výměník deskový DV285-30E izolovaný	ks	1	6 990,00 Kč	6 990,00 Kč
Čerpadlo STAR Z 25/6	ks	1	8 040,00 Kč	8 040,00 Kč
3cestný ventil zónový 5/4"	ks	1	2 460,00 Kč	2 460,00 Kč
Šroubení pájecí pro Lk 525, sada 3 ks	ks	1	215,00 Kč	215,00 Kč
Montáž	kpl	1	130 000,00 Kč	130 000,00 Kč
Celkem				720 486,00 Kč
DPH 15%				108 072,90 Kč
Celkem s DPH				828 558,90 Kč

Zdroj: Cenová nabídka, Regulus, spol. s.r.o.

Příloha 3: Bilance solárních termických systémů

Solární systém pro přípravu teplé vody		
Počet osob:	22	osob
Spotřeba na osobu:	40	l/os.den (při 50 °C)

Příprava teplé vody a vytápění

Denní spotřeba teplé vody $V_{TV,den}$	880	l/den
Teplota studené vody t_{sv}	10	°C
Teplota teplé vody t_{TV}	50	°C
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát p	0,102	
Přirážka na tepelné ztráty při přípravě teplé vody z	0,15	Centrální zásobníkový ohřev bez cirkulace
Objem solárního zásobníku (uved'te podle projektu)	750	l

Parametry solárních kolektorů

Optická účinnost h_0	0,759	-
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru a_1	3,48	W/m ² .K
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru a_2	0,0161	W/m ² .K ²
Počet kolektorů	6	ks
Plocha apertury solárního kolektoru A_{k1}	2,392	m ²
Celková plocha apertury solárních kolektorů A_k	14,35	m ²
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	34,2	°C
Sklon solárního kolektoru b		45°
Azimut solárního kolektoru g (jih = 0°)		0°

Vyhodnocení

Potřeba tepla pro přípravu TV	17184	kWh/rok
Potřeba tepla pro vytápění		kWh/rok
Měrný využitelný zisk solárního systému $q_{ss,u}$	560	kWh/m ² .rok
Celkový využitelný zisk solárního systému $Q_{ss,u}$	8040	kWh/rok
Solární podíl (pokrytí potřeby tepla) f	46	%
Minimální požadovaný objem solárního zásobníku	645	l

Zdroj: Výpočetní nástroj pro bilancování solárních termických systémů v1.1 [16], Technický list slunečního kolektoru KPG1 [18]

Výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - zadání		1/2		
Objekt:	Polyfunkční dům Terasy Černošice			
Adresa:	ulice Tábořská, Černošice			
Klimatické podmínky:				
Výpočtová venkovní teplota	$t_{e,N}$	-12 °C		
Průměrná venkovní teplota v otopném období	$t_{e,Z}$	4,3 °C		
Doba trvání otopného období	d	225 dní		
Průměrná celoroční venkovní teplota	$t_{e,rok}$	8,5 °C		
Vytápění / otopná soustava:				
Roční potřeba tepla na vytápění	$Q_{p,VYT}$	143176 kWh/rok		
Výpočtová vnitřní teplota	$t_{i,N}$	20 °C		
Průměrná vnitřní teplota v otopném období	$t_{i,Z}$	18 °C		
Návrhová teplota přívodní otopné vody	$t_{w1,N}$	45 °C		
Návrhová teplota vratné otopné vody	$t_{w2,N}$	35 °C		
Teplotní exponent otopných ploch	n	1,3		
Příkon pomocných zařízení pro vytápění	P_{VYT}	30 W		
Příprava teplé vody:				
Roční potřeba tepla na přípravu teplé vody	$Q_{p,TV}$	9144 kWh/rok		
Návrhová teplota teplé vody	t_{TV}	50 °C		
Příkon pomocných zařízení pro přípravu teplé vody	P_{TV}	30 W		
Tepelné čerpadlo:				
Druh tepelného čerpadla	Vzduch - voda			
Příkon pomocných zařízení nízkopotenciálního zdroje tepla	P_{NPT}	50 W		
Minimální počet hodnot podle normového zkoušení	ρ_{min}	10		
Výkon tepelného čerpadla Φ_k [kW]				
$t_{v1} \setminus t_{k2}$	-5	0	5	
35	18,8	23,4	29,0	
45	18,4	22,6	28,9	
55	18,1	21,7	27,8	
Topný faktor tepelného čerpadla COP				
$t_{v1} \setminus t_{k2}$	-5	0	5	
35	6,1	7,4	9,0	
45	5,1	6,0	7,4	
55	4,4	5,1	6,2	

Výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly - výsledky

2/2

Objekt: Polyfunkční dům Terasy Černošice
Adresa: ulice Tábořská, Černošice

Potřeba tepla

na vytápění	$Q_{p,VYT}$	143176	kWh/rok
na přípravu teplé vody	$Q_{p,TV}$	9144	kWh/rok
celkem	Q_p	152320	kWh/rok

Teplo dodané tepelným čerpadlem

na vytápění	$Q_{TČ,VYT}$	109415	kWh/rok
na přípravu teplé vody	$Q_{TČ,TV}$	9144	kWh/rok
celkem	$Q_{TČ}$	118559	kWh/rok

Teplo dodané doplňkovým ohřevem

na vytápění	$Q_{d,VYT}$	33761	kWh/rok
na přípravu teplé vody	$Q_{d,TV}$	0	kWh/rok
celkem	Q_d	33761	kWh/rok

Hnací energie tepelného čerpadla

na vytápění	$E_{TČ,VYT}$	14413	kWh/rok
na přípravu teplé vody	$E_{TČ,TV}$	1422	kWh/rok
celkem	$E_{TČ}$	15835	kWh/rok

Pomocná elektrická energie soustavy s tepelným čerpadlem

na vytápění	$E_{pom,VYT}$	334	kWh/rok
na přípravu teplé vody	$E_{pom,TV}$	25	kWh/rok
celkem	E_{pom}	359	kWh/rok

Doba provozu tepelného čerpadla

na vytápění	$\tau_{pom,VYT}$	4173	h/rok
na přípravu teplé vody	$\tau_{pom,TV}$	316	h/rok
celkem	τ_{pom}	4489	h/rok

Celkový sezónní topný faktor soustavy s el. poháněným TČ

na vytápění	SPF_{VYT}	7,42
na přípravu teplé vody	SPF_{TV}	6,32
celkem	SPF	7,32

Zdroj: Výpočtové energetické hodnocení soustav s tepelnými čerpadly [17], Návod na tepelné čerpadlo CTC

EcoAir [19]