VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV TEPLÉ VODY V RODINNÉM DOMĚ

DESIGN OF A SOLAR SYSTEM FOR HOT WATER HEATING IN A FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE — MATĚJ REISKUP
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. MICHAL JAROŠ, Dr.
SUPERVISOR

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Matěj Reiskup

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh solárního systému pro ohřev teplé vody v rodinném domě

v anglickém jazyce:

Design of a solar system for hot water heating in a family house

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Solární fototermické systémy pro ohřev teplé vody a přitápění jsou dnes víceméně běžnou součástí rodinných domů. Umožňují snížit spotřebu klasických energií (elektřina, plyn) a s nimi související provozní náklady. K dispozici je celá řada různých druhů solárních kolektorů, od relativně jednoduchých až po sofistikované s vysokou účinností zachycení solární energie. Výběr vhodného typu kolektorů závisí na účelu použití i dalších aspektech; ekonomická návratnost pak vyplývá z porovnání dosažených úspor (pro daný druh energie, která by jinak byla spotřebována) s pořizovací cenou systému.

Cíle bakalářské práce:

Zpracujte rešerši současné nabídky solárních kolektorů na tuzemském trhu; porovnejte výhody a nevýhody jednotlivých typů a možnosti jejich uplatnění. Proveďte rámcový návrh solárního systému pro letní ohřev teplé vody v rodinném domě, odhadněte dosažené energetické a ekonomické úspory a posuďte návratnost investice.

Seznam odborné literatury:

Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha, 1994.
Murtinger, K., Truxa, J.: Solární energie pro váš dům. ERA group, Brno, 2005.
Themessl, A., Weiss, W.: Solární systémy. Grada Publ., Praha, 2005.
Ladener, H., Spate, F.: Solární zařízení. Grada Publ., Praha, 2003.
Schulz, H.: Teplo ze slunce a země. Nakl. HEL, Ostrava, 2002.
Internetové a jiné zdroje dle vlastního výběru studenta.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Jaroš, Dr.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 25.11.2013

L.S.

_____	_____
doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Ředitel ústavu	Děkan fakulty

Abstrakt

Práce se zabývá solárním ohřevem teplé vody v rodinném domě. Úvodní kapitoly se věnují klasickým způsobům ohřevu teplé vody a solární energii. Navazující část práce se zabývá solárním ohřevem a jeho výhodami a nevýhodami oproti klasickým zdrojům a také hlavními částmi systému pro solární ohřev. Závěr práce obsahuje popis návrhu systému pro solární ohřev v rodinném domě, jeho cenovou kalkulaci, návratnost a srovnání s obyčejným systémem.

Abstract

The thesis discusses the use of solar-powered water heating system in a family home. The introductory chapters present traditional methods of heating water and solar energy concepts. Following chapters compare the advantages and disadvantages of solar-powered water heating with more traditional heating methods and the core parts of such system. Finally a solar-powered heating system for a family home is proposed, including cost calculation, return on investment and comparison with a common heating system.

Klíčová slova

ohřev teplé vody, solární systém, plochý kolektor, vakuový kolektor, zásobník, elektrický ohřev

Key words

Rating water, solar systém, flat-plate collector, vacuum collector, reservoir, electric heating

Bibliografická citace

REISKUP, M. *Návrh solárního systému pro ohřev teplé vody v rodinném domě.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 40 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Michal Jaroš, Dr..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh solárního systému pro ohřev teplé vody v rodinném domě vypracoval samostatně s použitím vlastních znalostí a odborné literatury, a to pod vedením doc. Ing. Michala Jaroše, Dr.

V Brně dne 26.5.2014

……..
Matěj Reiskup

Poděkování

Děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Michalu Jarošovi, Dr. za odborné rady, cenné připomínky a čas věnovaný tvorbě mé bakalářské práce.

OBSAH

1 ÚVOD 13
2 KLASICKÉ ZPŮSOBY OHŘEVU TEPLÉ VODY 14
2.1 Ohřev vody pomocí elektrické energie 14
2.1.1 Akumulační ohřev 14
2.1.2 Průtokový ohřev 15
2.2 Ohřev vody pomocí zemního plynu 16
2.3 Ohřev vody pomocí centrální dodávky tepla 16
2.4 Ohřev vody pomocí spalování tuhých paliv 17
3 SOLÁRNÍ SYSTÉMY PRO OHŘEV VODY 19
3.1 Energie slunce 19
3.2 Využití solární energie 20
3.3 Kolektory 21
3.3.1 Absorbér k ohřevu vody v bazénu 21
3.3.2 Koncentrující kolektory 22
3.3.3 Vakuové kolektory 22
3.3.4 Ploché kolektory 23
3.4 Zásobníky 24
3.5 Další komponenty solárních systémů 25
3.5.1 Expanzní nádoba 25
3.5.2 Pojistný ventil 25
3.5.3 Čerpadlo 25
3.5.4 Regulace a směšovací ventil 26
3.6 Celkové schéma solárního systému 26
4 NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV TEPLÉ VODY 27
4.1 Vstupní požadavky 27
4.2 Výběr zásobníku 27
4.3 Výpočet parametrů kolektoru 27
4.4 Výběr solárního kolektoru 28
4.5 Celková kalkulace všech komponentů 30
4.6 Ekonomické úspory a návratnost investice 31
4.6.1 Ekonomický výpočet solárního systému 31

4.6.2 Ekonomický výpočet elektrického ohřevu 32
4.6.3 Porovnání obou systémů 34
5 ZÁVĚR 35
6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ 37
7 SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN 40

1 ÚVOD

Teplá voda je jednou z velmi důležitých životních potřeb, bez které si lidé svůj život nedokážou představit. Většina rodinných domů využívá klasických způsobů ohřívání vody, kterým je věnována druhá kapitola této práce. Mezi tyto varianty patří ohřev pomocí elektrické energie, zemního plynu, kotle na tuhá paliva nebo přímé dodávky tepla. Alternativou k těmto klasickým způsobům může být solární ohřev. Tímto způsobem přípravy teplé vody lze šetřit jak finanční prostředky, tak i životní prostředí. Solární ohřev je výhodný především v letních měsících, kdy je slunečního záření dostatek. Solární energií a složením systémů pro ohřev teplé vody se zabývá kapitola třetí. Při realizaci těchto systémů je sice prvotní investice větší než u klasických zdrojů, ale při porovnání provozních nákladů v delším časovém úseku je tato metoda ekonomičtější, což můžeme vidět v poslední kapitole, ve které je uvedeno srovnání celkových nákladů solárního ohřevu teplé vody a ohřevu pomocí el. energie pro konkrétní rodinný dům.

2 KLASICKÉ ZPŮSOBY OHŘEVU TEPLÉ VODY

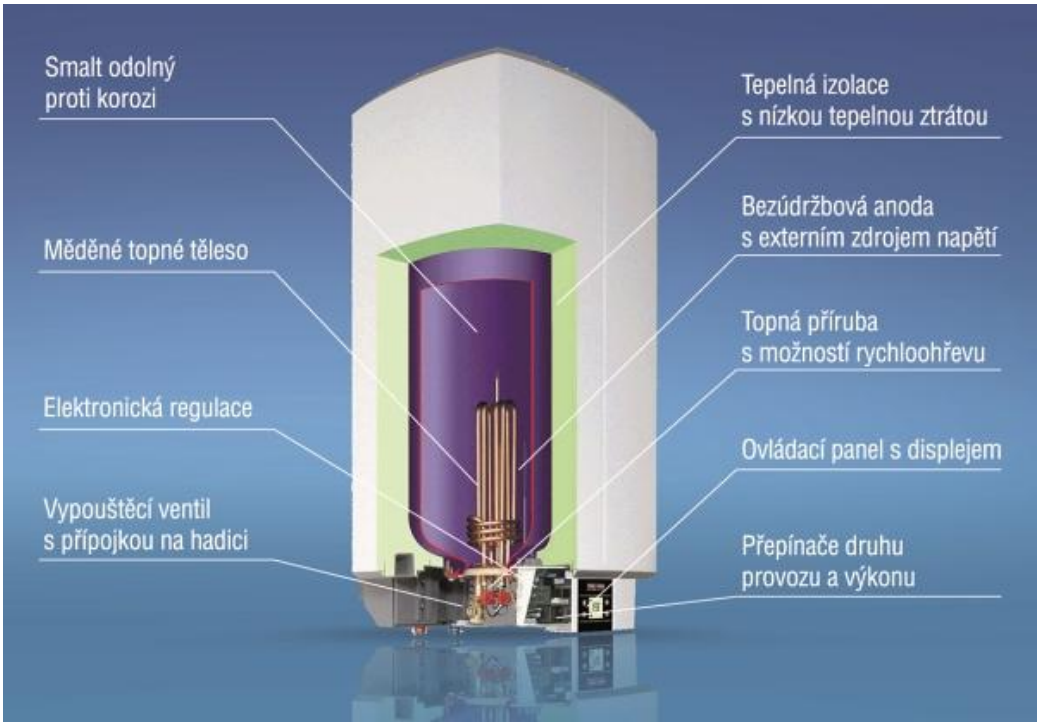
Přípravu teplé vody lze realizovat mnoha způsoby. Mezi nejběžnější patří ohřev vody elektrickou energií, zemním plynem, spalováním tuhých paliv a centrální dodávka teplé vody.

2.1 Ohřev vody pomocí elektrické energie

Prvním způsobem je ohřev vody elektrickou energií. Tato metoda patří v poslední době mezi nejpoužívanější. Dělí se na dvě principiálně odlišné metody, akumulační ohřev a průtočný ohřev.

2.1.1 Akumulační ohřev

Základem tohoto způsobu je ohřívání teplé vody pomocí topné spirály, která ohřívá vodu v zásobníku. Zásobník může být beztlakový nebo tlakový. Beztlakové zásobníky se využívají méně, jelikož mohou sloužit jen pro jedno odběrné místo teplé vody. Proto se používají jen například nad umyvadlem v koupelně nebo na WC. Naopak tlakový zásobník (bojler) může sloužit pro celou domácnost.
Topná spirála umístěná v zásobníku je elektrickým proudem zahřívána a své teplo odevzdává vodě v zásobníku. Na trhu jsou k dostání různé velikosti zásobníků (viz tab. 1), které se dělí na závěsné a stojací. U stojacích typů jsou nejpoužívanější zásobníky kombinované, které využívají ještě další zdroj tepla, většinou kotel na tuhá paliva nebo na plyn. Nevýhodou veškerých zásobníků je limitovaný objem vody, což znamená, že pokud vodu spotřebujeme, určitou dobu trvá, než se znovu ohřeje. Řez zásobníkem je zobrazen na obr. 1.



Obr. 1 Vnitřní stavba zásobníku [1]

Tab. 1 Přehled elektrických zásobníků vody

typ	název	výrobce	objem [l]	cena [Kč]
beztlakové	Bojler BTO10 UP – závěsný svislý	DZ Dražice [2]	10	2492
	SNU 5SLi – spodní	Stiebel Eltron [3]	5	3485
	EO 944 P – nad umyvadlo (s baterií)	Tatramat [4]	10	3290
tlakové	Bojler TO 15 UP – závěsný svislý	DZ Dražice [2]	15	3339
	Bojler OKCE 200S/2,2kW – stojící svislý	DZ Dražice [2]	200	9485
	ELOV 151,2kW – ležatý	Tatramat [4]	150	8430
kombinované	Bojler OKC 180/1m^2 – závěsný svislý, výměník 1 m^2	DZ Dražice [2]	180	10120
	OVK 200 levý,2kW	Tatramat [4]	200	9820
	Bojler OKCV 200 – vodorovný, výměník 0,75m^2	DZ Dražice [2]	200	10721

Pozn.: Ceny platné k 28. 1. 2014; uvedeny včetně DPH.

2.1.2 Průtokový ohřev

Druhým způsobem ohřevu vody pomocí elektrické energie je průtokový ohřev. U této varianty voda protéká podél topného tělesa o velkém výkonu, a tím získává potřebné teplo. Je zde ale zapotřebí vysokých elektrických příkonů, a proto je nutné předimenzovat jističe, což je největší nevýhodou této varianty. Naopak odpadá čekání na ohřátí vody jako u zásobníků. Většinou se této metody využívá pro malé průtokové ohřívače, např. u umyvadel a dřezů. Příklady těchto ohřívačů jsou uvedeny v tab. 2.

Tab. 2 Přehled průtokových ohřívačů

název	dodavatel	cena [Kč]
DDLT 18, 9/18kW – průtokový tlakový	AEG [5]	7926
DHF 13C,13,2kW – průtokový tlakový	Stiebel Eltron [3]	8397

Pozn.: Ceny platné k 28. 1. 2014; uvedeny včetně DPH.

2.2 Ohřev vody pomocí zemního plynu

Zemní plyn je hořlavý plyn, který je složen především z metanu. Jeho hoření se využívá k ohřevu vody. V porovnání s elektrickým ohřevem vychází plyn jako levnější varianta. Pokud se navíc spojí i s plynovým vytápěním, jedná se nejekonomičtější možnost. Naopak nevýhodou je účinnost plynových hořáků, která s postupem času výrazně klesá. Plyn se dá pro ohřev vody využít, stejně jako elektrická energie, systémem se zásobníkem nebo s průtokovým ohřívačem. Při volbě plynového průtokového ohřívače se nesmí zapomínat na nutnost odvodu spalin. Plynových ohřívačů existuje velká řada (viz tab. 3).

Tab. 3 Přehled plynových ohřívačů

typ	název	dodavatel	ohřev [l/min]	cena [Kč]
průtokové	Junkers WR 14-2 P 23,7-23,6kW	Junkers [6]	2.7	6142
	VEGA10.N012,17,3kW – piezo	Mora-Top [7]	10	8289
typ	název	dodavatel	objem [l]	cena [Kč]
zásobníkové	VGH 130/5 ZXU atmoSTOR – 6,3kW	Vaillant [8]	130	19290
	Karma HB 150	Karma [9]	150	19457

Pozn.: Ceny platné k 28. 1. 2014; uvedeny včetně DPH.

2.3 Ohřev vody pomocí centrální dodávky tepla

Dalším způsobem, který se využívá většinou ve městech, je centrální rozvod tepla. Princip spočívá v ohřevu vody mimo objekt a následné dopravě teplé vody na žádoucí místo. Voda se ohřívá v teplárnách nebo ve výtopnách. Poté je pomocí sítě potrubí dopravena do městských částí, sídlišť a průmyslových areálů. S tím souvisejí i nevýhody, jimiž jsou velké tepelné ztráty při dopravě teplé vody, vysoká cena (viz tab. 4) a především to, že při poruše potrubí zůstane bez teplé vody skupina zákazníků-celé sídliště nebo i celé město. Hlavní výhodou je bezobslužnost zařízení a z hlediska životního prostředí také jeden zdroj emisí.

Tab. 4 Cena tepla z CZT za rok 2013[10]

město	dodavatel	cena [Kč/GJ na patě objektu]
Plzeň	Plzeňská teplárenská	490,40
Ostrava	Dalkia Česká Republika	535,10
Praha	Pražská teplárenská	570,50
Zlín	Alpiq Zlín	585,00
Brno	Teplárny Brno	667,90
Olomouc	Dalkia Česká Republika	591,20

Pozn.: Ceny platné k 28. 1. 2014; uvedeny včetně DPH.

2.4 Ohřev vody pomocí spalování tuhých paliv

Při výše uvedených cenách za ohřev teplé vody, je logické, že lidé hledají tu nejlevnější možnost. Tou může být kotel na tuhá paliva, většinou pak na kusové dřevo. Tento způsob má své výhody, např. že se jedná o přírodní zdroj energie bez většího znečištění životního prostředí, ale tou hlavní je bezesporu cena. Ovšem nesmí se zapomínat, že se jedná o nekomfortní zdroj tepla, přinášející starosti s každoroční přípravou dřeva na topnou sezonu a s prostorovými nároky pro uskladnění dřeva. Další nevýhodou je nutnost každodenního zatápění, přikládání a taktéž nezbytná údržba kotle. Na trhu existuje několik vhodných druhů kotlů (viz tab. 5). Ty se rozdělují podle způsobu doplňování paliva na kotle s ruční dodávkou a kotle se samočinnou dodávkou paliva, které se nazývají automatické [11].
Další rozdělení je na kotle s nuceným tahem a s přirozeným tahem. U nuceného tahu je zapotřebí vytvoření podtlaku v kotli pomocí odtahového ventilátoru. Naopak u kotlů s přirozeným tahem jsou spaliny odváděny přirozeným tahem komínu, který vzniká díky rozdílnosti teplot v různých výškách komínu. Důležitým předpisem pro tyto kotle je ustanovení normy týkající se teploty spalin při jmenovitém tepelném výkonu. Pokud teplota přesáhne teplotu okolního prostředí o 160 K je povinností výrobce poukázat na nutnost instalace kouřovodu, který zajistí dostatečný tah a chrání komín proti vzniku kondenzátu a sazení [11].

Přehled nejběžnějších kotlů:

- *Litinové kotle:*
  Tyto kotle patří mezi nejlevnější a nejrozšířenější. Většinou jde o kotle s ruční dodávkou paliva, které disponují prohořívajícím způsobu spalování. Spaliny procházejí palivem, které postupně prohořívá v celé násypce. Regulace výkonu je zajištěna výškou, respektive množstvím paliva v násypce nebo pomocí regulace sání spalovacího vzduchu. Tyto kotle jsou vhodné pro paliva s nízkým obsahem prchavých látek. Mezi tyto látky patří koks, černé uhlí, respektive velké kusové dřevo, které dlouhou dobu nahořívají a uvolňují prchavé látky postupně. Nejméně vhodným, dokonce zakázaným palivem pro tyto kotle je hnědé uhlí. Velkou nevýhodu ovšem mají v nízké účinnosti, která se pohybuje kolem 65 % u koksu a 60 % u černého uhlí [11].
- *Ocelové kotle s ruční dodávkou paliva:*
  Jedná se převážně o kotle s posuvným roštem. Palivo, které je umístěno v násypce, odhořívá v jeho spodní části a do výměníku jsou spaliny odváděny mimo vrstvu paliva v násypce. Díky tomu můžeme jako palivo použít hnědé uhlí, dřevní odpad a brikety. Tyto kotle se dají snáze regulovat za pomoci přisávání primárního a sekundárního vzduchu. Toto řízení tahu je možné díky nenahořívání celé vrstvy paliva v násypce. Reálná účinnost se pohybuje okolo 65 % [11].

- *Automatické kotle:*

  Samočinná dodávka paliva je hlavní výhodou automatických kotlů, které se dělí na kotle s nuceným a přirozeným odtahem spalin. Palivem můžou být pelety nebo uhlí nepřesahující velikost 3 cm. Na trhu se vyskytují dva základní typy. Tím prvním jsou kotle bubnové, které jsou vybaveny bubnovým roštem, jež průběžně odebírá palivo z násypky. Druhým typem jsou retortové kotle. Zde je naopak palivo odebíráno ze zásobníku šnekovým podavačem periodicky. Ventilátor pak rozdmýchá palivo přiváděné kolenem (retortou), které přivádí palivo na rošt. U tohoto způsobu spalování není zapotřebí odtahový ventilátor. Velkou nevýhodou automatických kotlů je bezesporu cena, ta je dvoj-až trojnásobná oproti běžným litinovým nebo ocelovým kotlům. V porovnání účinnosti automatické kotle ostatní typy kotlů převyšují. Reálná účinnost u většiny přesahuje 80 %. Navíc další důležitou výhodou je možnost několikadenního nepřetržitého provozu [11].

Tab. 5 Přehled kotlů na tuhá paliva

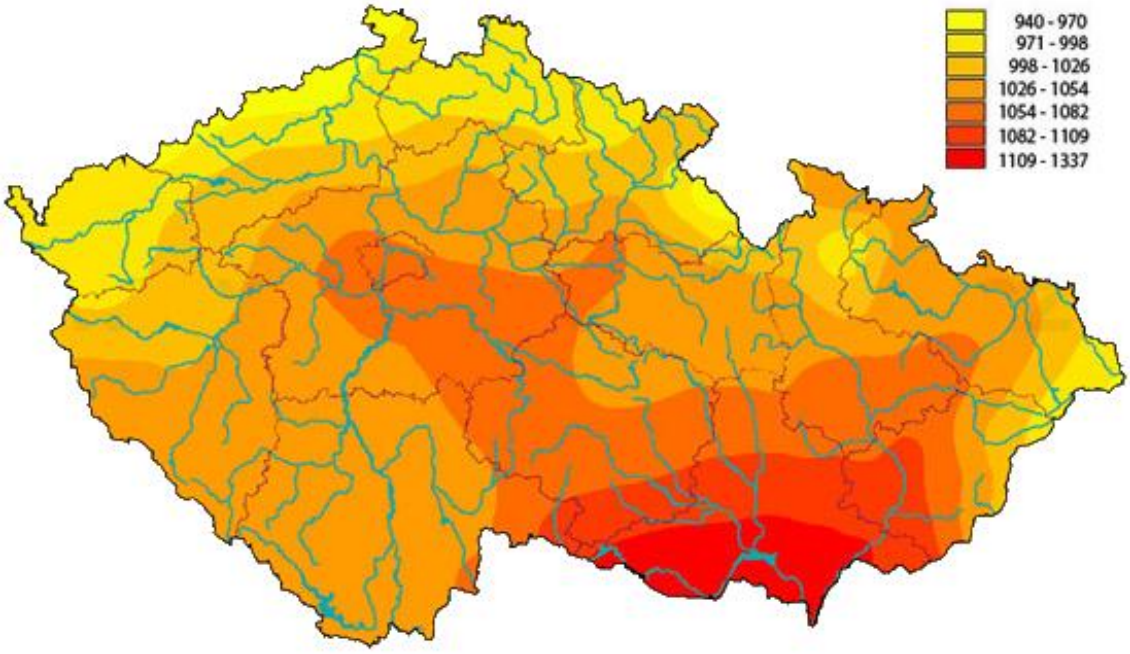
typ	materiál	název	výrobce	palivo	výkon [kW]	cena [Kč]
s ručním přikládáním	litina	DAKON FB2 25D	Dakon [12]	č.uhlí, dřevo, dřeěné brikety, koks	20-25	24086
	litina	VIADRUS HERCULES U 26 - 9	Viadrus [13]	č.uhlí, dřevo, dřevěné brikety, koks	50-100	36490
	ocel	AM 23 ENERGO	Agromechanika [14]	dřevo, dřevěné brikety	20-25	45549
	ocel	ATMOS AC 25 S	Atmos [15]	č.uhlí, h.uhlí, dřevo, dřevěné brikety	25-30	28645
automatické přikládání	litina	DAKON FB2 25 A - levý	Dakon [12]	č.uhlí, h.uhlí, dřevěné pelety	20-25	61970
	litina	ROJEK TKA 25	Rojek [16]	h.uhlí, dřevo, dřevěné pelety a brikety	20-25	80194
	ocel	BENEKOV C 15 pelety - pravý	Benekov [17]	dřevěné pelety	0-15	81694
	ocel	EKOEFEKT 24	Ekoefekt [18]	hnědé uhlí	20-25	74157

Pozn.: Ceny platné k 29. 1. 2014; uvedeny včetně DPH.

3 SOLÁRNÍ SYSTÉMY PRO OHŘEV VODY

3.1 Energie slunce

Slunce je nejbližší hvězda, kterou ze Země můžeme pozorovat. Je to koule obsahující plyny. Uvnitř Slunce dochází neustále ke slučování lehkých atomových jader, čímž se zároveň uvolňuje energie, kterou Slunce dodává mimo jiné i na Zemi. Tuto energii představuje především sluneční záření, bez kterého by život na Zemi neexistoval. Slunce má také vliv na počasí, vítr a fotosyntézu.
Slunce při teplotě 5500 °C vyzařuje záření o intenzitě asi 63 000 kW/m^2. Z tohoto množství na Zemi dopadá jen velmi malá část, která i tak bohatě pokryje energetické potřeby Země. Za rok na Zemi dopadne 219 000 000 miliard kWh, což je asi 2000krát více než světová potřeba energie. Intenzita záření, které dopadá na vnější okraj zemské atmosféry, činí cca 1360 W/m^2. Přes ovzduší ale projde jen část záření. V létě, při jasném a slunečném dni, projde asi 800 až 1000 W/m^2 [19].
Globální záření je složeno z přímého a rozptýleného záření. Přímým zářením se označuje záření, které dopadá na Zemi ve svazku rovnoběžných paprsků. Dá se měřit jen za jasné oblohy a jeho intenzita roste s nadmořskou výškou, jelikož dráha slunečního paprsku je kratší. Rozptýleným zářením rozumíme záření rozptylující se na molekulách vzduchu, prachu a krystalcích ledu. Podíl rozptýleného záření roste s množstvím oblačnosti. V letních měsících je tento podíl asi 50 %, v zimě je to ještě více. S větším podílem tohoto záření klesá využitelná energie globálního záření [19].



Obr. 2 Roční úhrn globálního záření v ČR [20]

Jak je vidět na obr. 2, roční množství dopadajícího slunečního záření se v ČR pohybuje mezi 1000 až 1250 kWh/m^2. Přitom tři čtvrtiny z tohoto množství připadají na letní měsíce, kdežto v době od listopadu do února, kdy je spotřeba tepla nejvyšší, dopadá na zem pouze šestina ročního souhrnu [19].
V našich klimatických podmínkách je celková doba slunečního svitu mezi 1700 až 2200 h/rok. Tato doba je v průběhu roku nerovnoměrně rozprostřena. V letních měsících je doba slunečního svitu delší než v zimních, což uvádí tab. 6 [21].

Tab. 6 Skutečná doba slunečního svitu v jednotlivých měsících [21]

město	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Praha	53	90	157	187	247	266	266	238	190	117	53	35
Brno	46	88	142	163	232	258	270	230	179	116	56	30
České Budějovice	46	82	136	164	207	226	238	219	174	108	55	36

Pozn.: Hodnoty v tabulce jsou uvedeny v hod.

3.2 Využití solární energie

Sluneční energii lze využívat několika způsoby. Jedním z nich je pasivní využití. Jedná se v podstatě o využívání skleníkového efektu, při kterém sklo propouští záření ze Slunce, které má krátké vlnové délky, dovnitř skleníku. Zde dopadají např. na zeleninu, která část záření pohlcuje. Sama však vyzařuje záření o vyšších vlnových délkách (Wienův posunovací zákon), které již sklo nepropouští. Velká část záření je sklem pohlcena a sklo samo vyzařuje záření zpět do prostoru pod něj, a tím se zde zvyšuje teplota. Na stejném principu jsou založeny moderní prosklené domy, které využívají vhodné orientace prosklených ploch k ohřívání domácnosti (obr. 3).
Další způsob představuje aktivní využití solární energie za pomoci kolektorů. Ty bývají dvojího typu. Prvním jsou fotovoltaické kolektory, které přeměňují sluneční záření na elektrickou energii. Druhým typem jsou kolektory termické, sloužící především k ohřevu vody, vytápění budov nebo ohřevu vody v bazénu.

Obr. 3 Pasivní využití solární energie [22]

3.3 Kolektory

Solární kolektor je zařízení, které dokáže přeměnit sluneční záření, jež na něj dopadá, na jiný druh energie, v našem případě na energii tepelnou. Toho se využívá k ohřevu vody nebo vzduchu. Všechna tělesa část dopadajícího záření odráží a část pohlcují. U kolektorů je snahou, aby pohltil co možná největší množství záření a naopak co možná nejmenší část odrážel. Toho se dosahuje nanesením tzv. solárního laku nebo použitím selektivních vrstev (více v kap. 4.1.4). Vodní solární kolektory, které jsou nejpoužívanější lze rozdělit na absorbéry k ohřevu vody v bazénu, koncentrující kolektory a na ploché a vakuové kolektory.

3.3.1 Absorbér k ohřevu vody v bazénu

Absorbér je vyroben z plastových materiálů, umělých hmot nebo popřípadě ze speciální gumy. Jeho hlavním použitím je ohřev vody v bazénu v letních měsících. Absorbér neobsahuje žádný skleněný kryt, protože potřebná teplota vody dosažená v bazénu, je jen o pár stupňů vyšší než teplota okolního vzduchu. Solární absorbér se skládá ze systému malých kanálků, do kterých je spodním přívodním potrubím přiváděna voda z bazénu. Postupným průchodem kanálky se voda ohřívá a horním sběrným potrubím je odváděna zpět do bazénu. Voda bývá nejčastěji do absorbéru dopravována pomocí čerpadla. Existuje i druhá možnost, a to dvouokruhové uspořádání. To znamená, že v absorbéru koluje kapalina, která poté ve výměníku předává teplo bazénové vodě. Absorbéry se umísťují většinou na podstavce v okolí zahradních bazénů, popřípadě na střechy domů (viz obr. 4). Mezi výhody tohoto způsobu vyhřívání bazénu patří nízká cena a velký výběr jednotlivých absorbérů i jednoduchá instalace systému. Naopak nevýhodou může být nižší životnost a účinnost těchto systémů a nutnost vypuštění vody z kanálků v zimních měsících, aby nedošlo k zamrznutí vody v okruhu [23].

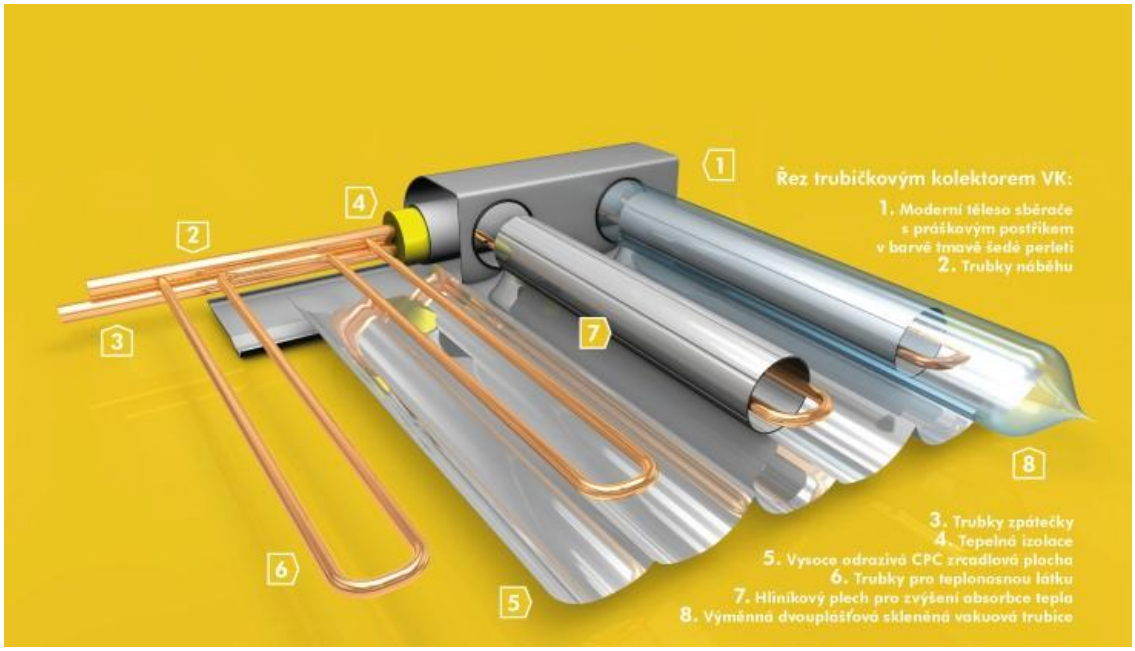
Obr. 4 Absorbér k ohřevu vody v bazénu [24]

3.3.2 Koncentrující kolektory

Princip těchto kolektorů spočívá v koncentraci slunečních paprsků pomocí zrcadel na potrubí nebo do jednoho ohniska, ve kterém se dosahuje vysokých teplot. Tyto kolektory jsou využívány k ohřevu kapaliny na velmi vysoké teploty (250-800 °C), především pak v solárních elektrárnách. Takových teplot lze ovšem dosáhnout pouze během slunečného počasí. Navíc tyto systémy jsou velice drahé a složité, kvůli komplikovanému naklápěcímu systému zrcadel, díky kterému se dosahuje co největšího možného soustředění paprsků na absorbér [19].

3.3.3 Vakuové kolektory

Tento typ kolektorů je složen z několika trubic vyplněných vakuem. V každé trubici je uzavřen absorbér pokrytý selektivní vrstvou a vzduch uvnitř trubice je vysán. Skladba vakuového kolektoru je znázorněna na obr. 5. Díky vzniklému vakuu dojde ke zmenšení tepelných ztrát, což znamená, že se účinnost kolektorů nezmenšuje s nižšími venkovními teplotami nebo při menší intenzitě slunečního záření, a to je v porovnání s jinými typy kolektorů jejich nesporná výhoda. Při poškození jedné z trubic nemusíme demontovat celé zařízení, nýbrž stačí pouze vysunout poškozenou trubici a vyměnit ji. Jejich výhody ovšem sráží složitost výroby kolektorů, s tím související vyšší pořizovací náklady a nižší účinnost v letních měsících oproti jiným typům [25].



Obr. 5 Složení vakuového kolektoru firmy Junkers [26]

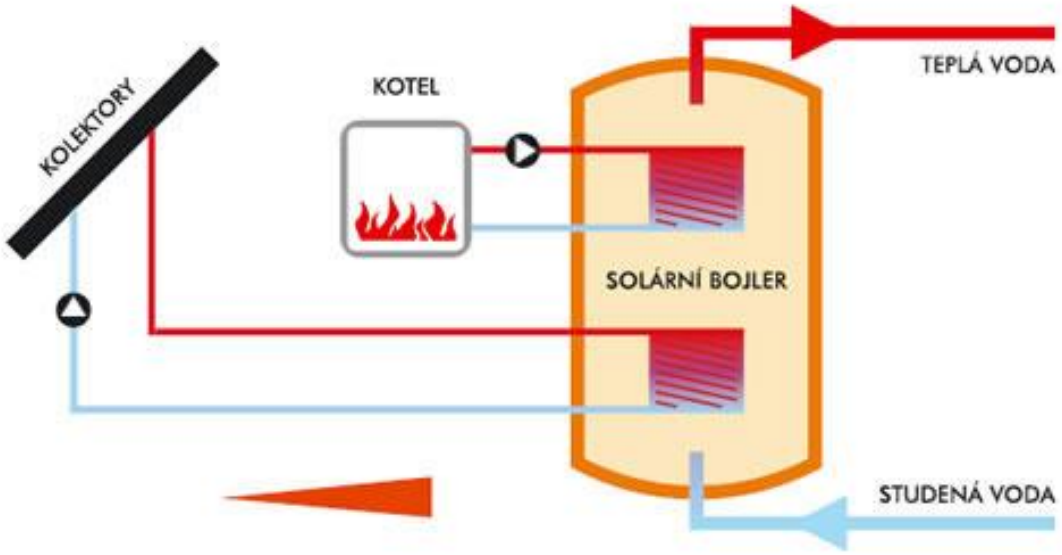
3.3.4 Ploché kolektory

Nejpoužívanějším typem solárního kolektoru je plochý kolektor. Skládá se z hliníkové vany, minerální vlny, která brání tepelným ztrátám, dále pak z absorbéru, který zachycuje sluneční záření, a solárního skla, jež systém uzavírá (viz obr. 6). Dopadající sluneční záření prostupuje přes solární sklo, což je zvláštní typ skla s nízkým obsahem železa a drobnými hrbolky. Díky tomu není sklo hladké a odráží co nejméně záření. Poté záření dopadá na absorbér, který je buď natřen solárním lakem, nebo potažen selektivním povrchem. Obě tyto metody mají nejlepší poměr vysoké absorpce a nízkého koeficientu emise. Absorbéry upravené solárním lakem nazývané low-tech, mají absorptanci mezi 0,94 až 0,97 a emisivitu kolem 0,87. Selektivní povrchy mají absorptanci nepatrně nižší než solární laky, ovšem jejich emisivita se pohybuje okolo 0,2, u těch nejlepších dokonce 0,04. Ty pak nazýváme jako hi-tech. V absorbéru se tedy pohlcuje sluneční záření, které ohřívá teplonosnou kapalinu v měděných trubkách, jež je odváděna do tepelného výměníku. Pod absorbér je umístěna minerální vlna, která snižuje tepelné ztráty. Vše je pak chráněno solárním sklem, které navíc způsobuje skleníkový efekt (viz kap. 3.2.), čímž se zvyšuje teplota kapaliny. Hlavními výhodami, díky kterým je tento typ nejpoužívanější, jsou vysoká účinnost, především u typů hi-tech, relativně snadná výroba a hlavně poměr cena-výkon. Mezi hlavní nevýhody patří nízká účinnost v zimních měsících [19].

Obr. 6 Řez plochým kolektorem [27]

3.4 Zásobníky

Další nedílnou součástí solárních systémů jsou zásobníky. Kvůli rozdílné potřebě teplé vody během dne je nutná její akumulace. Zásobníky dokážou uchovat teplou vodu získanou ze solárního okruhu. Takže ji můžeme využít i v době, kdy slunce nesvítí. Pro solární systémy jsou nejvhodnějším typem stojaté zásobníky, ve kterých nedochází k míšení teplotně rozdílných vrstev vody. Výměník tepla, umístěný v nejnižší části zásobníku, předává teplo ze solárního okruhu vodě uvnitř nádoby. Teplá voda stoupá směrem vzhůru, naopak studená voda vlivem vyšší hustoty klesá ke dni nádoby, kde se později ohřívá pomocí výměníku. Z toho plyne, že přívod studené vody je umístěn u dna zásobníku a odvod teplé vody ve vrchní části nádoby. Existuje i jiný typ, a tím je akumulační nádoba. Její podstata spočívá v tom, že solární okruh předává své teplo vodě uvnitř nádoby přes výměník stejně jako v zásobníku. Ohřátá voda pak předává své teplo přes další výměník do okruhu s užitkovou vodou. Tento druhý výměník je většinou umístěn v horní části nádoby [30].
Bohužel slunečního záření není pokaždé dostatek, proto je nutné připojit k zásobníku přídavný systém pro ohřev, který se umísťuje zpravidla do horní třetiny nádoby. S tím souvisí objem vody připravený k odběru. Ten by měl být co nejmenší, aby byl pro solární zařízení k dispozici velký objem vody, to znamená velký tepelný rozdíl, na kterém závisí účinnost tepelného kolektoru. Velikost tohoto objemu závisí na druhu přídavného zdroje. Nejvíce se využívá dohřívání přes kotel ústředního topení nebo elektrické energie. Jednoduché schéma zásobníku a kolektorů je vyobrazeno na obr. 7.



Obr. 7 Sestava zásobníku a kolektoru [28]

3.5 Další komponenty solárních systémů

3.5.1 Expanzní nádoba

Tlakové expanzní nádoby slouží k vyrovnání změny objemu kapaliny, který se mění v závislosti na teplotě. Další funkcí je udržení předepsaného přetlaku v soustavě. Tyto nádoby se používají v topných systémech, solárních systémech a v okruzích pitné vody. Jsou vyrobeny z kvalitního hlubokotažného svařovaného ocelového plechu. Rozlišují se barevným provedením, které závisí na jejich typu. Tento barevný nátěr má i funkci antikorozní povrchové úpravy. Součástí expanzní nádoby je membrána, přičemž z jedné strany této membrány je vyrovnávací plyn a z druhé strany kapalina.
Ve studeném stavu je nádoba naplněna pouze plynem. S rostoucí teplotou se ovšem zvětšuje tlak a objem kapaliny, která vstupuje do expanzní nádoby a stlačuje skrze membránu plyn na druhé straně. Při klesající teplotě naopak plyn vytlačuje kapalinu z expanzní nádoby zpět [29].

3.5.2 Pojistný ventil

Expanzní nádoba dokáže pokrýt jen určitou dovolenou hodnotu tlaku. Pokud tlak v systému překročí tuto dovolenou hodnotu, pojistný ventil dokáže upustit část kapaliny skrze tlačnou pružinu, a snížit tak tlak v systému. Ventil není nijak závislý na přívodu el. energie, pracuje automaticky [30].

3.5.3 Čerpadlo

Jen v minimu případů se dá navrhnout solární systém bez čerpadla. Takové systémy se nazývají gravitační [30].
Ve všech ostatních se k dopravě vody používá čerpadlo. Jedná se o mechanický stroj, který kapalině dodává určitý tlak, pomocí kterého se kapalina dopravuje na požadované místo. Čerpadel existuje celá řada [31]:

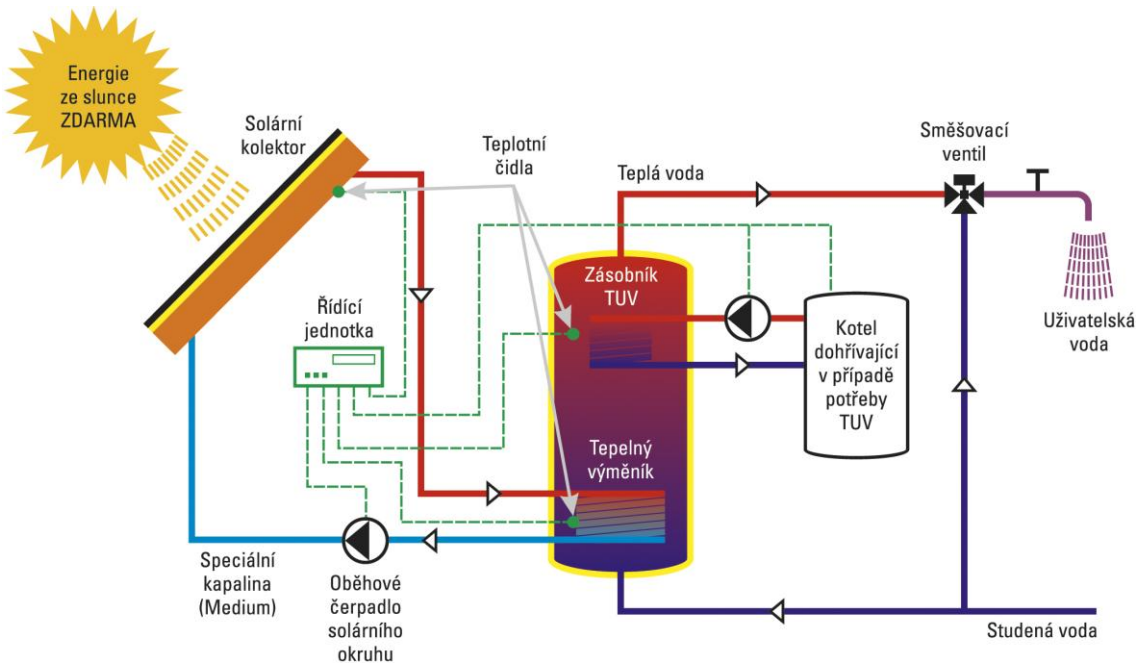
- Hydrodynamická
  - odstředivá (radiální, diagonální)
  - axiální
  - obvodová
  - labyrintová
  - lamelová
- Hydrostatická
  - rotační (zubová, lamelová, vřetenová…)
  - peristaltická (hadicová)
  - s kmitavým pohybem (pístová, křídlová…)
- Ostatní principy (řetězová, šneková, ejektory, injektory...)

3.5.4 Regulace a směšovací ventil

Nedílnou součástí solárního systému je regulační systém. Jedná se o řídicí jednotku, která řídí jeho provoz. Na trhu existují i řídicí jednotky, které řídí kromě solárního ohřevu vody například i vytápění. Lze tudíž využít jednu řídicí jednotku na všechny tyto systémy.
Směšovací ventil zajišťuje požadovanou teplotu vody vytékající například z kohoutku. Zabezpečuje, aby její teplota nepřesáhla 50 °C. Tím zabraňuje opaření a díky nižší teplotě vody také snižuje ztráty způsobené distribucí vody v potrubí.

3.6 Celkové schéma solárního systému

Celkové zapojení solárního systému je schematicky vyobrazeno na obr. 8. Dopadající sluneční záření se v kolektoru absorbuje a ohřívá kapalinu proudící v solárním okruhu. Ohřátá kapalina putuje do tepelného výměníku umístěného ve spodní části zásobníku. Zde odevzdá své teplo užitkové vodě uvnitř nádoby. Studená kapalina je pak přes oběhové čerpadlo dopravena zpět do kolektoru, kde se znovu ohřívá a poté absolvuje stejný cyklus. Ohřátá užitková voda v zásobníku stoupá vzhůru, kde je odebírána do potrubí. Naopak u dna nádoby je ventil, kterým se do zásobníku připouští studená voda. Pro případ, že na ohřev vody nestačí solární systém, je v zásobníku umístěn přídavný zdroj tepla. Teplá užitková voda poté putuje potrubím do směšovacího ventilu, ve kterém se upravuje její teplota. Z tohoto ventilu už voda proudí k odběru, např.: do sprchy, kohoutku…. Provoz systému je řízen řídicí jednotkou, na základě údajů teplotních čidel.



Obr. 8 Schéma solárního systému [32]

4 NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO OHŘEV TEPLÉ VODY

4.1 Vstupní požadavky

Hlavním cílem této práce je provést rámcový návrh solárního ohřevu teplé vody v letních měsících, což je období od dubna do září. Tento systém bude využíván v rodinném domě v Kvasicích. Dům má sklepní prostory, přízemní byt a podkrovní byt. Objekt je obýván 5 osobami s průměrnou denní spotřebou vody 385 l na celý objekt. Teplota vody vstupující do systému je t_1 = 10 °C a požadovaná teplota na výstupu ze systému je t_2 = 50 °C. Sklon kolektorů bude 30° a budou orientovány na jihozápad s azimutovým úhlem 15°.

4.2 Výběr zásobníku

Podle množství spotřebované vody volíme objem zásobníku, ten bývá 2 až 2,5násobkem denní spotřeby [19]. Jelikož bude v zásobníku ještě i přídavný zdroj tepla, stačí objem zhruba stejný jako denní spotřeba. Pro toto zadání byl vybrán zásobník R2BC 400 se dvěma výměníky tepla od firmy Regulus spol. s.r.o. Jeho technické parametry jsou [33]:

- objem zásobníku: 400 l (dále O_z = 0,4 m^3)
- plocha horního výměníku: 0,9 m^2
- plocha dolního výměníku: 1,9 m^2
- rozměry: výška - 1690 mm, průměr - 710 mm
- max. pracovní tlak: 10 bar
- max. pracovní teplota: 95 °C
- ohřev teplé vody z 10 °C na 45 °C (horní výměník): 760 l/h (31,3 kW)
- ohřev teplé vody z 10 °C na 45 °C (dolní výměník): 1620 l/h (65,8 kW)
- hmotnost prázdného zásobníku: 150 kg
- tepelná ztráta: 2,6 kW.h/24hod [34]

4.3 Výpočet parametrů kolektoru [21]

- denní spotřeba tepla, vypočtená podle vztahu

$$Q_{spotř} = c_w * \rho_w * O_z * (t_2 - t_1) = 4176{,}3*995{,}7*0{,}4*(50-10) = 66{,}53*10^6 \text{ [J]} = \underline{18{,}48 \text{ [kW.h]}}\ , \quad (1)$$

kde c_w = 4176,3 $J.kg^{-1}.K^{-1}$ je měrná tepelná kapacita vody při střední teplotě t = 0,5(t_1+ t_2) = 30 °C [35],
ρ_w = 995,7 $kg.m^{-3}$ je hustota vody při střední teplotě t = 30 °C [35].

- účinnost kolektoru, vypočtená podle vztahu

$$\eta_A = 0{,}85 - 6 * \frac{(t_2 - t_1)}{I_{str}}\ , \quad (2)$$

kde t_v je průměrná střední teplota vzduchu v době slunečního svitu,
I_{str} je střední intenzita záření.

- skutečná energie dopadající na kolektor za den, vypočtená podle vztahu

$$Q_{s,den} = Q_{s,den,teor} * \eta_A \ , \quad (3)$$

kde $Q_{s,den,teor}$ je teoreticky možná dopadající energie [36].

- plocha kolektorů potřebná pro ohřev teplé vody, vypočtená podle vztahu

$$S_A = \frac{(1+p)*Q_{spotř}}{Q_{s,den}} \ , \quad (4)$$

kde $p = 0{,}1$ je tepelná ztráta v potrubí [21].

Tab. 7 Přehled vypočtených parametrů kolektoru

měsíc	t_v [°C]	I_{str} [W.m^{-2}]	η_A [-]	$Q_{s,den,teor}$ [kW.h.m^{-2}]	$Q_{s,den}$ [kW.h.m^{-2}]	S_A [m^2]
duben	12,0	547	0,43	5,33	2,29	8,88
květen	17,2	555	0,50	5,52	2,76	7,37
červen	20,2	569	0,54	5,65	3,05	6,66
červenec	22,1	555	0,55	5,39	2,96	6,87
srpen	21,8	547	0,54	5,30	2,86	7,11

V tab. 7 jsou uvedeny hodnoty vypočítané pro jednotlivé měsíce. Na základě těchto údajů byla zvolena plocha solárního kolektoru 7,5 m^2.

4.4 Výběr solárního kolektoru

Vzhledem k přítomnosti přídavného ohřevu v zásobníku nejsou kladeny až tak velké požadavky na účinnost, hlavně během zimních měsíců, proto byl zvolen plochý kolektor. Dalším důležitým aspektem byla pořizovací cena kolektorů. Tab. 8 uvádí přehled některých typů dostupných v současné době na trhu.

Tab. 8 Parametry vybraných solárních kolektorů

název	výrobce	celková plocha kolektoru [m^2]	absorpční plocha kolektoru [m^2]	cena [Kč] (bez DPH)
KPG1	Regulus [33]	2,52	2,39	16571,00
KPC1+	Regulus [33]	2,09	1,92	11301,40
RSK II 25	Reflex [37]	2,51	2,19	12990,00
EURO L42 HTF	Wagner & Co Solartechnik GmbH [38]	2,25	2,01	16444,00

Pozn.: Ceny platné k 4. 2. 2014.

Potřebné absorpční plochy 7,5 m^2 lze dosáhnout pořízením čtyř kolektorů KPC1+ od firmy Regulus nebo čtyř kolektorů EURO L42 HTF od firmy Wagner & Co Solartechnik GmbH. Další možností bylo zvolit tři kolektory KPG1, ty by ovšem nedokázaly pokrýt veškerou spotřebu a byl by zapotřebí přídavný ohřev i v letních měsících. Při zakoupení čtyř kolektorů od firmy Regulus nebo Wagner & Co Solartechnik GmbH nebude přídavný ohřev tak často využíván. Z těchto dvou typů vychází cenově přijatelněji kolektor typu KPC1+ od společnosti Regulus, a proto byla zvolena tato varianta.

Technické parametry kolektoru KPC1+ jsou [39]:

- Výška x šířka x tloušťka: 2030 x 1030 x 92 mm
- Stavební šířka: 1080 mm
- Celková plocha: 2,09 m^2
- Plocha absorbéru: 1,92 m^2
- Hmotnost bez kapaliny: 42 kg
- Zasklení: kalené prizmatické sklo
- Tloušťka: 4 mm
- Materiál: hliník, tl. 0,5 mm
- Povrchová úprava: Alanod Mirosol
- Konstrukční typ: Lyrový, laserově svařovaný
- Materiál připojovacích trubek: měď
- Rozměr připojovacích trubek: Ø 22 mm × 0,7 mm
- Materiál trubek absorbéru: měď
- Rozměr trubek absorbéru: Ø 8 mm × 0,5 mm
- Max. provozní tlak: 10 bar
- Max. pracovní teplota: 120 °C
- Stagnační teplota: 157 °C
- Teplonosná kapalina: vodní roztok propylenglykolu 1,37 l
- Doporučený průtok: 60-120 l/h

- finální absorpční plocha pro 4 kolektory typu EURO L42 HTF, vypočtená podle vztahu

$$S_n = počet\ kolektorů * absorpční\ plocha\ kolektoru = \\ = 4 * 1{,}92 = 7{,}68\ m^2 \quad (5)$$

- energie získaná za den, vypočtená podle vztahu [30]

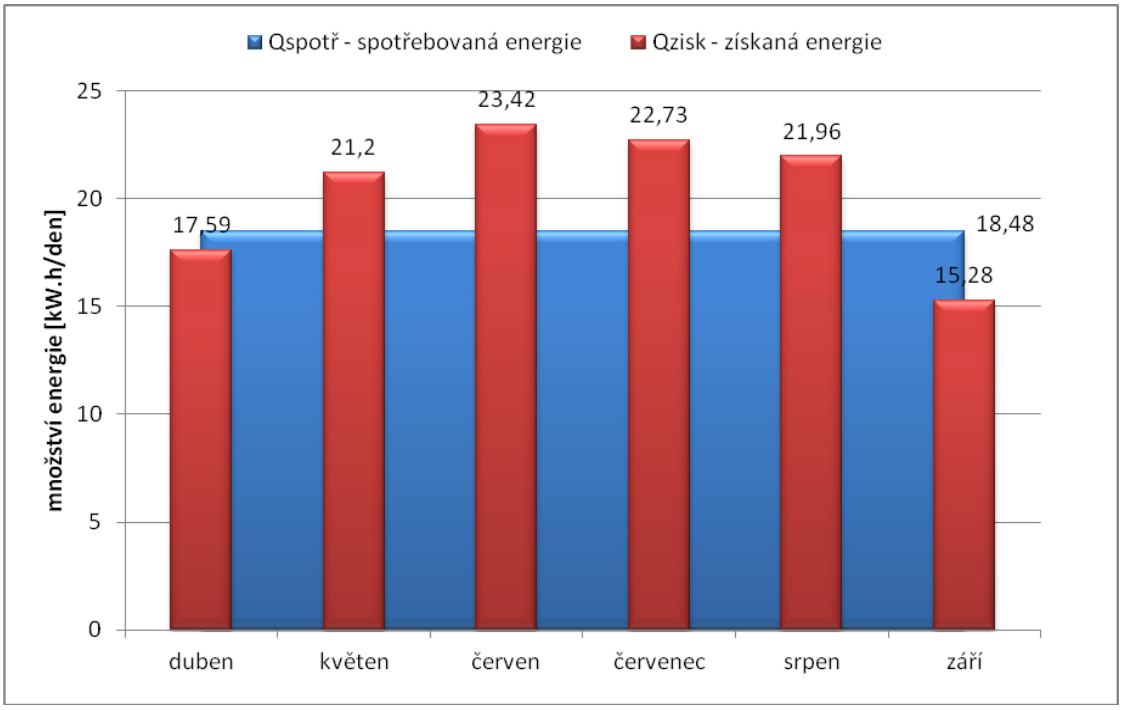
$$Q_{zisk} = Q_{s,den} * S_n \quad (6)$$

- rozdíl získané a spotřebované energie za den v letních měsících, vypočtený podle vztahu [30], výsledky jsou zobrazeny v tab. 9 a na obr.9

$$dQ = (Q_{s,den} * S_n) - Q_{spotř} \quad (7)$$

Tab. 9 Průměr získané a spotřebované energie v jednotlivých měsících roku [kW.h/den]

měsíc	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
$Q_{spotř}$	18,48	18,48	18,48	18,48	18,48	18,48
Q_{zisk}	17,59	21,20	23,42	22,73	21,96	15,28
dQ	-0,89	2,72	4,94	4,25	3,48	-3,20



Obr. 9 Grafické znázornění průměrné denní získané a spotřebované energie v jednotlivých měsících letního období

4.5 Celková kalkulace všech komponentů

Ke kompletizaci solárního systému je zapotřebí i dalších komponentů. Jejich rozměry a množství byly voleny s ohledem na vybraný zásobník a kolektory. Přehled těchto součástí systému se nachází v tab. 10. Délka potrubí je přibližně 32 m. V tabulce je taktéž uvedena celková kalkulace systému.

Tab. 10 Celková kalkulace solárního systému

název (objednací kód)	výrobce	počet [ks]	cena za 1 ks [Kč]	celková cena [Kč]
Solární panely - KPC1+ (11763)	Regulus [33]	4	11 301,40	45205,60
Sada pro uchycení a propojení 4 kolektorů KPC1+ (12181)	Regulus [33]	1	5 311,90	5 311,90
Zásobník R2BC 400 (6483)	Regulus [33]	1	30 492,00	30 492,00
El.topné těleso 2kW-dohřev (11783)	Regulus [33]	1	3 926,45	3 926,45
Expanzní nádoba R8 025 (7407)	Regulus [33]	1	1 427,80	1 427,80
Hnací sada GPS 60, včetně pojistného ventilu (1400001082)	Reflex [37]	1	7 650,00	7 650,00
Směšovací třícestný 3/4" ventil s pohonem (13229)	Regulus [33]	1	2 710,40	2 710,40
Regulace TR 0301 SC (8610311)	Reflex [37]	1	3 990,00	3 990,00
Cu měděná trubka 22x1 mm, délky 1000 mm (3911)	Topení levně, spol. s.r.o. [40]	32	130,80	4 185,60
Nemrznoucí kapalina Solarten Super 10 l (10110)	Regulus [33]	1	919,60	919,60
Celková cena systému				105819,35

Pozn.: Ceny platné k 4. 2. 2014; uvedeny včetně DPH.

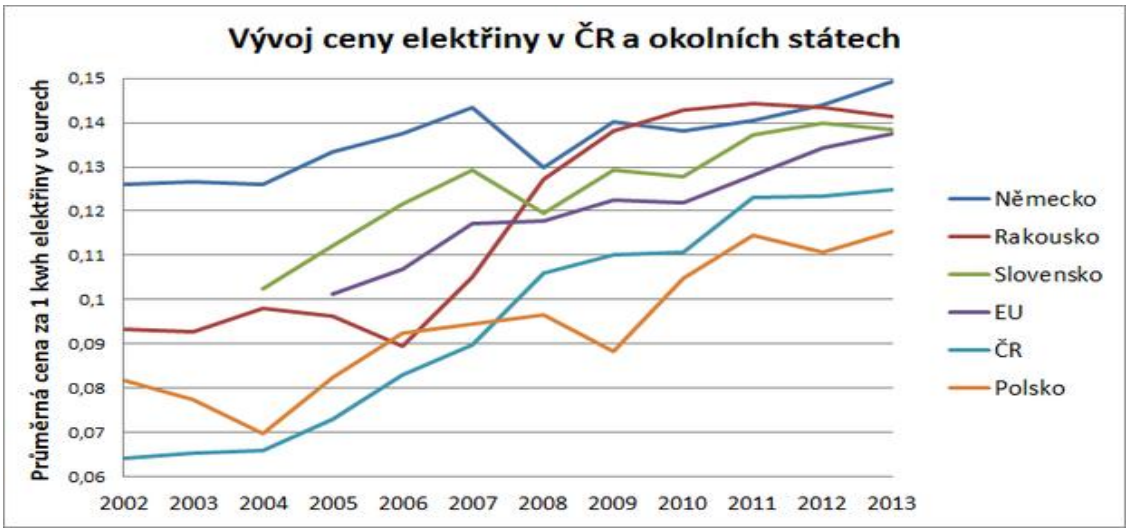
4.6 Ekonomické úspory a návratnost investice

4.6.1 Ekonomický výpočet solárního systému

Výpočet byl proveden na základě [30] a je počítán pro období 20 let, přitom je namísto celého roku bráno v potaz pouze letní období od dubna do září. Celý výpočet začíná prvotní investicí podle tab. 10 a také náklady na instalaci systému. Ty jsou spočteny jako odhadovaný počet hodin práce vynásobené počtem pracujících osob a cenou práce za hodinu, k tomu je ještě přičteno 21% DPH z této sumy. Náklady na práci za hodinu jsou podle [41] 280 Kč a instalace systému třem pracovníkům potrvá 35 hodin [41]. Další investicí je výměna nemrznoucí kapaliny. Ta se provádí jednou za 3-5 let [36]. Z důvodu nepravidelnosti slunečního záření je u těchto systémů zapotřebí dohřev teplé vody. Tato investice se taktéž projeví v celkových nákladech. V tomto případě se od tepla získaného (Q_{zisk}) odečtou ztráty ($Q_{ztrát}$=ztráty zásobníku + ztráty potrubí) a spotřebované teplo ($Q_{spotř}$), tím získáme potřebnou energii na dohřev (viz tab. 11), kterou poté vynásobíme cenou elektřiny přes den. Dodavatelem elektrické energie je E.ON Energie, a.s. [42] s tarifním pásmem D 02d a paušálním poplatkem 73 Kč za měsíc. Cena vysokého tarifu je 4,33 Kč/kW.h. Předpokládaný nárůst ceny energie je odvozený z obr. 12 a činí 5,5 % každý rok. I tento nárůst je započítán do výpočtů, naopak měsíční paušální tarif se zanedbává z důvodu stejné ceny jak u solárního systému, tak u el. ohřevu. Poslední položkou celkových nákladů je provoz oběhového čerpadla. Ten vyplývá z doby svitu slunce za období od dubna do září (viz tab. 6, celková doba 1332 hod), vynásobené výkonem hnací jednotky čerpadla (60 W) a cenou elektřiny (4,33 Kč/kW.h) [42]. I zde je uvažován roční nárůst ceny el.energie o 5,5 %.

Tab. 11 Výpočet potřebné energie za měsíc na dohřev [kW.h]

	duben	květen	červen	červenec	srpen	září
Q_{zisk}	527,7	657,2	702,6	704,63	680,76	458,4
$Q_{ztrát}$	90	93	90	93	93	90
$Q_{spotř}$	554,4	572,88	554,4	572,88	572,88	554,4
$Q_{dohřev}$	-116,7	-8,68	58,2	38,75	14,88	-186



Obr. 12 Vývoj ceny elektřiny v ČR a okolních státech [43]

Tab. 12 Celkové náklady na solární ohřev vody[Kč]

rok	prvotní investice	náklady na instalaci	nemr-znoucí kapalina	náklady na dohřev vody	náklady na provoz čerpadla	součet nákladů v jednom roce	celkové náklady
0	105819,00	29400,00	0	0	0	135219,00	135219,00
1	0	0	0	1348,28	346,05	1694,33	136913,33
2	0	0	0	1422,44	365,08	1787,52	138700,85
3	0	0	0	1500,67	385,16	1885,83	140586,68
4	0	0	0	1583,21	406,34	1989,55	142576,23
5	0	0	0	1670,29	428,69	2098,98	144675,21
6	0	0	919,60	1762,16	452,27	3134,03	147809,24
7	0	0	0	1859,08	477,14	2336,22	150145,46
8	0	0	0	1961,33	503,38	2464,71	152610,17
9	0	0	0	2069,20	531,07	2600,27	155210,44
10	0	0	0	2183,01	560,28	2743,29	157953,73
11	0	0	919,60	2303,08	591,10	3813,78	161767,51
12	0	0	0	2429,75	623,61	3053,36	164820,87
13	0	0	0	2563,39	657,91	3221,30	168042,17
14	0	0	0	2704,38	694,10	3398,48	171440,65
15	0	0	0	2853,12	732,28	3585,40	175026,05
16	0	0	919,60	3010,04	772,56	4702,20	179728,25
17	0	0	0	3175,59	815,05	3990,64	183718,89
18	0	0	0	3350,25	859,88	4210,13	187929,02
19	0	0	0	3534,51	907,17	4441,68	192370,70
20	0	0	0	3728,91	957,06	4685,97	197056,67

Pozn.: Ceny uvedeny včetně DPH.

4.6.2 Ekonomický výpočet elektrického ohřevu

Výpočet byl proveden na základě [30] a je počítán pro období 20 let, přitom je opět namísto celého roku bráno v potaz pouze letní období od dubna do září. Celý výpočet začíná prvotní investicí podle tab. 13 a také náklady na instalaci systému. Ty jsou spočteny obdobným způsobem jako u solárního systému, což znamená odhadovaný počet hodin práce vynásobený počtem pracujících osob a cenou práce za hodinu, k tomu je ještě přičteno 21% DPH z této sumy. Náklady na práci za hodinu jsou podle [41] 280 Kč a instalace systému dvěma pracovníkům potrvá 6 hodin [41]. Doba instalace této varianty je mnohem kratší, jelikož zde není zapotřebí montáž potrubí vedeného ze střechy do sklepních prostor, ve kterých je umístěn zásobník teplé vody. Poslední položkou kalkulace jsou náklady na provoz elektrického ohřevu vody. Jsou spočteny jako součet spotřebované energie ($Q_{spotř}$) po dobu letního období, vynásobené cenou elektřiny přes den (4,33 Kč/kW.h) [42], každý rok je znovu uvažován nárůst ceny el.energie o 5,5 %.

Tab. 13 Celková kalkulace elektrického ohřevu

název	výrobce	počet [ks]	cena za 1 ks [Kč]	celková cena [Kč]
Bojler OKCE 400 S/1 Mpa	DZ Dražice [2]	1	27 595,00	27 595,00
Topné těleso RDU 18-3kW	DZ Dražice [2]	1	5 571,00	5 571,00
Redukční příruba 210/150	DZ Dražice [2]	1	3 605,00	3 605,00
Expanzní nádoba R8 025 (7407)	Regulus [33]	1	1 427,80	1 427,80
Pojistný ventil 6 bar, G 3/4"Fx1"F (11905)	Regulus [33]	1	378,73	378,73
Regulace TR 0301 SC (8610311)	Reflex [37]	1	3 990,00	3 990,00
Celková cena systému				42 567,53

Pozn.: Ceny platné k 5. 2. 2014; uvedeny včetně DPH.

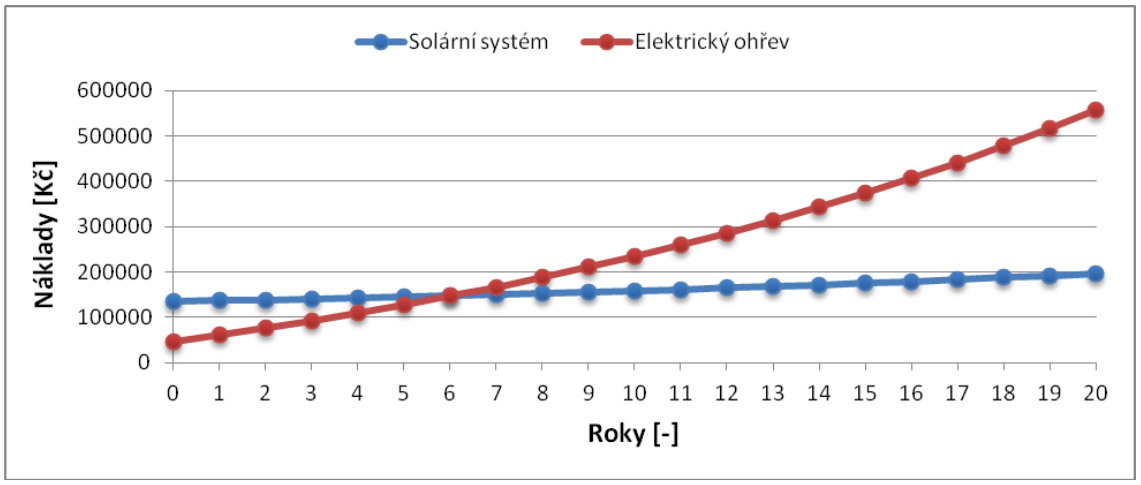
Tab. 14 Celkové náklady na el.ohřev vody [Kč]

rok	prvotní investice	náklady na instalaci	náklady na provoz el. ohřevu	součet nákladů v jednom roce	celkové náklady
0	42567,53	3360,00	0	45927,53	45927,53
1	0	0	14643,37	14643,37	60570,90
2	0	0	15448,76	15448,76	76019,66
3	0	0	16298,44	16298,44	92318,10
4	0	0	17194,85	17194,85	109512,95
5	0	0	18140,57	18140,57	127653,52
6	0	0	19138,30	19138,30	146791,82
7	0	0	20190,91	20190,91	166982,73
8	0	0	21301,41	21301,41	188284,14
9	0	0	22472,99	22472,99	210757,13
10	0	0	23709,00	23709,00	234466,13
11	0	0	25013,00	25013,00	259479,13
12	0	0	26388,72	26388,72	285867,85
13	0	0	27840,10	27840,10	313707,95
14	0	0	29371,31	29371,31	343079,26
15	0	0	30986,73	30986,73	374065,99
16	0	0	32691,00	32691,00	406756,99
17	0	0	34489,01	34489,01	441246,00
18	0	0	36385,91	36385,91	477631,91
19	0	0	38387,14	38387,14	516019,05
20	0	0	40498,43	40498,43	556517,48

Pozn.: Ceny uvedeny včetně DPH.

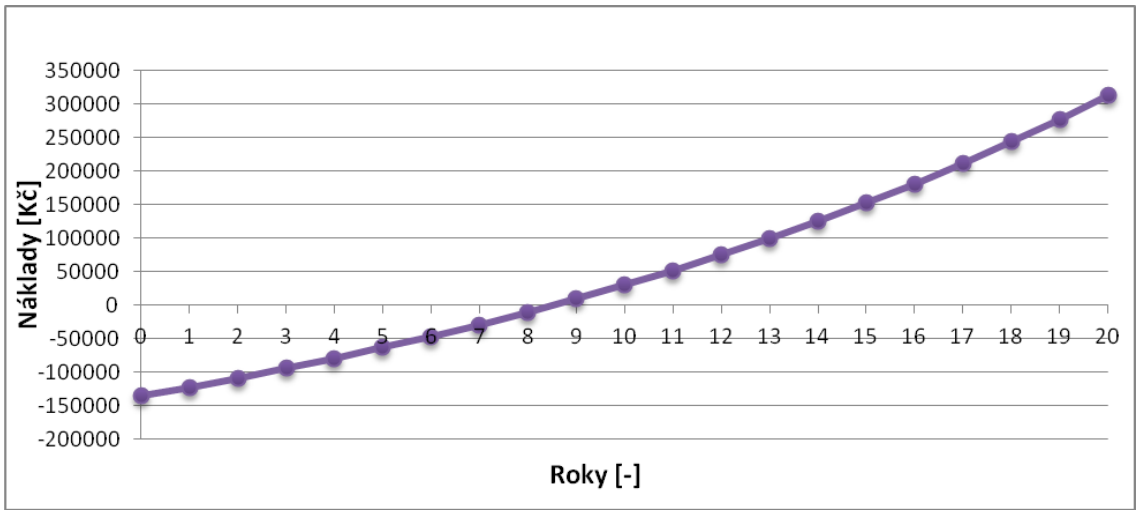
4.6.3 Porovnání obou systémů

Při cenovém srovnání provozu během 20 let, společně s náklady na pořízení (viz tab. 12 a tab.14), vychází rozdíl obou variant 359460,78 Kč ve prospěch solárního systému. Z toho lze usoudit, že solární ohřev je mnohem výhodnější. Přehledné porovnání je vyobrazeno na obr. 12.



Obr. 12 Porovnání celkových nákladů obou variant

Při předchozí kalkulaci bylo předpokládáno, že v domě ještě žádný systém na ohřev vody není, proto jsou zde obě varianty porovnány včetně počátečních investic. Existuje ale i možnost, že objekt doposud využíval elektrickou energii k ohřevu teplé vody a nyní zde bude nainstalován solární ohřev. Tento případ je znázorněn na obr. 13, ve kterém jsou zobrazeny celkové výdaje za provoz solárního systému vzhledem k úsporám oproti el. ohřevu.



Obr. 13 Návratnost solárního systému jako doplňku el.ohřevu

Z obr. 13 lze také vyčíst dobu návratnosti investice, která pro tuto variantu činí přibližně 8-9 let. Obecně se tato doba pohybuje okolo 6-15 let, záleží na konkrétním provedení systému.

5 ZÁVĚR

Náklady na ohřev teplé užitkové vody jsou nedílnou součástí každého rozpočtu pro obývaný objekt. Nejběžnějším metodám ohřevu byly věnovány úvodní kapitoly této práce. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody a každá má i jiné finanční nároky. Například ohřev pomocí zemního plynu má nejmenší počáteční náklady, ovšem jeho provoz patří mezi nejdražší. Stejně tak, možná i hůře, co se týče provozních nákladů, je na tom elektrický ohřev. Naopak úplným opakem je ohřev pomocí tuhých paliv, kde jsou vyšší pořizovací náklady, pozdější provoz už je ale mnohem levnější. Nejmenší finanční náklady při pořizování vyžaduje přímá dodávka teplé vody, ovšem i zde platí, že její provozní náklady jsou vyšší.
V nynější době se stále více hovoří o obnovitelných zdrojích energie. Toto téma úzce souvisí i s ohřevem teplé vody, kde se stále více uplatňuje solární ohřev teplé vody. Jeho využitelnost závisí především na intenzitě slunečního záření. Ta se s ročním obdobím mění, a proto tyto systémy mají uplatnění většinou jen v letních měsících. Sluneční záření dopadá na kolektory nepravidelně, tudíž se ani tyto systémy neobejdou bez přídavného ohřevu. Ovšem výhody tohoto způsobu přípravy teplé vody, hlavně ekonomické, převažují nad nevýhodami.
Praktickým cílem práce byl rámcový návrh solárního systému na ohřev teplé vody pro rodinný dům. Návrh se týkal pouze letního ohřevu, to znamená období od dubna do září. Pro tento konkrétní projekt se jako nejvýhodnější ukázala varianta s plochými kolektory. Pro porovnání ekonomických úspor byl vybrán ohřev pomocí elektrické energie, který patří mezi nejdražší způsoby. Z tohoto hlediska vychází solární systém, přestože počáteční investice je o dost nákladnější, velice výhodně. Právě vysoká pořizovací cena bývá většinou tím odstrašujícím údajem. Ovšem úspora při srovnání s elektrickým ohřevem je v delším časovém období markantní. Celkové náklady na solární ohřev se vyrovnají nákladům na čistě elektrický ohřev již po 6 letech. To je způsobeno i velkou spotřebou v tomto konkrétním objektu, která se odrazí v provozních nákladech elektrického ohřevu mnohem více. V případě doplnění stávajícího el.ohřevu o solární kolektory činí přibližně 8-9 let. Stále jsou to ale hodnoty, při kterých je brán v úvahu jen letní ohřev vody. Solární systémy mají většinou životnost okolo 25-30 let. Po této době vyžadují obsáhlejší rekonstrukci. Za toto období provozu si ovšem na svou rekonstrukci vydělají díky úsporám samy.
Z údajů uvedených v této práci vyplývá, že investice do tohoto způsobu přípravy teplé vody přináší v delším časovém horizontu velké úspory finančních prostředků.

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] Ohřev vody. *TZB-info* [online]. 11.3.2013 [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/8273-ohrev-vody

[2] Ceník 2/2014. *Družstevní závody Dražice-strojírna s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.dzd.cz/cs/cenik

[3] Přehled výrobků 2014. *STIEBEL ELTRON spol. s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.stiebel-eltron.cz/imperia/md/content/lg/stiebeleltronczechrepublic/koncovizakaznici/prospekty/cenik_se_2014.pdf

[4] Elektrický ohřev vody Ceník. *Tatramat – člen skupiny STIEBEL ELTRON spol. s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.tatramat.cz/?page=cenik

[5] AEG – Elektrolux, s.r.o. [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.aeg-electrolux.cz

[6] Ceník 2014. *Bosch Termotechnika s.r.o. – obchodní divize Junkers* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://junkers-cz.resource.bosch.com/media/ttcz/dokumentace/cen_ky/cenk_junkers_03_2014.pdf

[7] VEGA. *MORA-TOP s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.moratop.cz/vega

[8] Ceníky. *Vaillant Group Czech s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.vaillant.cz/ceniky-s69/

[9] Aktuální ceníky. *KARMA Český Brod, a.s.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.karma-as.cz/cs/ke-stazeni/ceniky/

[10] Cena tepla v Česku v roce 2013. *Energostat* [online]. 23.1.2013 [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://energostat.cz/ceny-tepla-v-cr.html

[11] Lyčka, Z. *Kotelny s kotli na uhlí a koks* [online]. 20.10.2008 [cit. 28.1.2014] Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/5149-kotelny-s-kotli-na-uhli-a-koks

[12] Ceník výrobků 2014. *Bosch Termotechnika s.r.o.* [online]. [cit. 28.1.2014]. Dostupné z: http://www.dakon.cz/user_data/cms/soubory/00057/DAKON-cenik-kotlu-a-prislusenstvi-3-2014.pdf

[13] Ceníky. *VIADRUS a.s.* [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/ceniky-70.html

[14] AGROMECHANIKA LHENICE v.o.s. [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.agromechanika.cz/

[15] Ceník. *JAROSLAV CANKAŘ A SYN ATMOS* [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.atmos.cz/czech/cenik

[16] TKA BIO 25-Automatický teplovodní kotel na dřevěné pelety. *ROJEK dřevoobráběcí stroje a.s.* [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.kotle-rojek.cz/rojek.asp?jazyk=cz&d=automaticky_teplovodni_kotel_na_drevene_pelety_tka_bio_25&go=Vyrobek&Vyrobek=1035002

[17] CENÍK KOTLŮ 2014. *BENEKOVterm s.r.o.* [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.benekov.cz/files/documents/documents/94/20140401-cenik-kotlu-benekov.pdf

[18] Český výrobce automatických kotlů. *EKOEFEKT a.s.* [online]. [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.kotle.cz/index.php/ekoefekt-24

[19] THEMESSL, Armin a Werner WEISS. *Solární systémy: Návrh a stavba svépomocí.* Praha: Grada Publishing, a.s., 2005, ISBN 80-247-0589-3.

[20] Fotovoltaika v podmínkách České republiky: Sluneční záření. *Isofen Energy* [online]. © 2009 [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.isofenenergy.cz/Slunecni-zareni-v-CR.aspx
[21] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná techika*. Praha: T.Malina, 1994, ISBN 80-900759-5-9.
[22] Solární kolektory: Topení ze Slunce. KUSALA. *Solární energie* [online]. 2006 [cit. 29.1.2014]. Dostupné z: http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k22.htm
[23] Solární ohřev bazénu: Solární ohřev bazénu pomocí absorberů. *Levné energie do domu* [online]. 2008 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://jaromir-bednar.webnode.cz/solarni-systemy/ohrev-bazenu/
[24] Plastové bazénové absorbéry. *SOLARENVI* [online]. 2014 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://www.solarenvi.cz/slunecni-kolektory/typy-slunecnich-kolektoru/plastove-bazenove-absorbery/
[25] Trubicové kolektory. *Regulus* [online]. ©2010-2014 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/cz/trubicove-kolektory
[26] Nové solární vakuové kolektory Junkers. *Plynové kotle, kondenzační kotle, solární systémy a tepelná čerpadla - Junkers*[online]. ©2012 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://www.junkers.cz/pro_odborniky/cenik/regenerativni_energie/nove_solarni_vakuove_kolektory_junkers/nove_solarni_vakuove_kolektory_junkers
[27] Termické systémy pro ohřev vody a podporu vytápění. CNE *Czech Nature Energy, a.s.* [online]. ©2014 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://www.cne.cz/seniori/solarni-ohrev-vody/uvod-do-termickych-systemu/
[28] Solární systém. *Solární systémy od dobrého instalatéra* [online]. ©2011 [cit. 30.1.2014]. Dostupné z: http://dobry-instalater.cz/cs/solarni-systemy
[29] Expanznní nádoby. *Regulus* [online]. ©2010-2014 [cit. 31.1.2014]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/cz/expanzni-nadoby
[30] KRACÍK, Petr. Solární ohřev TUV. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Jan FRIEDEL.
[31] Druhy a rozdělení čerpadel. *Druhy čerpadel* [online]. ©2010 [cit. 28.3.2014]. Dostupné z: http://druhy-cerpadel.cz/
[32] *Solar/24: Solární ohřevy vody (TUV)* [online]. ©2012 [cit. 1.2.2014]. Dostupné z: http://solar24.cz/
[33] Ceník. *REGULUS spol. s.r.o.* [online]. [cit. 3.2.2014]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/cz/cenik
[34] Vyhledávání v seznamu výrobků a technologií – SVT. *Zelená úsporám.* [online]. ©2009, [cit. 28.2.2014]. Dostupné z: http://www.zelenausporam.cz/vyhledavani/vyrobek/SVT3975/solarni-zasobnik-teple-vody-regulus-r2bc-400/
[35] PAVELEK, Milan. *Termomechanika*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011, ISBN 978-80-214-4300-6.
[36] European Commision, Joint Research Centre. Interactive maps – Solar Irradiation Data [online]. 20.11.2008 [cit. 3.2.2014]
[37] Ceníky výrobků Reflex. *Reflex CZ, s.r.o.* [online]. [cit. 4.2.2014]. Dostupné z: http://www.reflexcz.cz/cz/ceniky-vyrobku-reflex

[38] Solární plochý kolektor EURO L42 HTF se 2,25 m2 kolektorové plochy. *Wagner & Co Solartechnik GmbH* [online]. [cit. 4.2.2014]. Dostupné z: http://shop.mega-sunshine.cz/solar/eshop/40-1-Solarni-systemy/0/5/281-Solarni-plochy-kolektor-EURO-L42-HTF-se-2-25-m2-kolektorove-plochy

[39] Sluneční kolektor KPC1+. *Regulus* [online]. ©2010-2014, [cit. 14.5.2014]. Dostupné z: http://www.regulus.cz/cz/slunecni-kolektor-kpc-plus

[40] CU MĚDĚNÁ TRUBKA 22X1 MM. *Topení levně, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 5.2.2014]. Dostupné z: http://www.topenilevne.cz/cu-medena-trubka-22x1-mm-p5401/

[41] Galvena, s.r.o. [online]. [cit. 5.5.2014]. Dostupné z: http://www.galvena.cz/solar/

[42] Produktová řada Elektřina. *E.ON Energy, a.s.* [online]. [cit. 3.5.2014]. Dostupné z: http://www.eon.cz/cs/domacnosti/produkty-a-ceny-elektriny/produktova-rada-elektrina.shtml?distribution-eon

[43] Woff, P. *V kalkulačce už jsou ceníky elektřiny pro rok 2014!* [online]. [cit. 3.5.2014]. Dostupné z: http://www.cenyenergie.cz/v-kalkulacce-uz-jsou-ceniky-elektriny-pro-rok-2014/

7 SEZNAM POUŽITÝCH VELIČIN

Veličina	Symbol	Jednotka
Denní spotřeba tepla	$Q_{spotř}$	kW.h
Měrná tepelná kapacita vody	c_w	$J.kg^{-1}.K^{-1}$
Hustota vody	ρ_w	$kg.m^{-3}$
Objem zásobníku	O_z	m^3
Teplota vody vstupující do systému	t_1	°C
Požadovaná teplota vody na výstupu ze systému	t_2	°C
Účinnost kolektoru	η_A	-
Průměrná teplota vzduchu v době slunečního svitu	t_v	°C
Střední intenzita záření	I_{str}	W/m^2
Teoreticky možná dopadající energie za den	$Q_{s,den,teor}$	$kW.h/m^2$
Skutečná energie dopadající na kolektor za den	$Q_{s,den}$	$kW.h/m^2$
Plocha kolektorů potřebná pro ohřev vody	S_A	m^2
Tepelná ztráta v potrubí	p	%
Finální absorpční plocha kolektorů	S_n	m^2
Energie získaná za den	Q_{zisk}	kW.h
Rozdíl získané a spotřebované energie za den	dQ	kW.h