

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Využití solární energie pro vytápění budov

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš AULICKÝ**
Osobní číslo: **E11B0005P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Využití solární energie pro vytápění budov**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Uveďte obecné principy získávání energie ze slunečního záření.
2. Provedte průzkum trhu ohledně zařízení na vytápění budov pomocí solárního záření.
3. Pro vzorový objekt navrhnete vhodné zařízení pro využití solárního záření pro přitápění a pro ohřev TUV.
4. Zvolený návrh zhodnoťte z hlediska energetického i ekonomického.

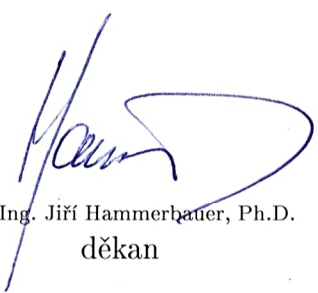


Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:


1. Bude upřesněno vedoucím práce

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Viktor Majer**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá využitím solární energie pro vytápění budov. V první části je uveden princip vzniku světelného záření a jeho rozdělení. Druhá část se zaměřuje na využití solární energie, kde je uvedeno několik základních aplikací. Dále následuje podrobnější popis jednotlivých komponent solárního systému (kolektor, zásobník tepla, výměníky, čerpadlová skupina, atd.) a popsány různé způsoby provozu. V třetí části jsou zmíněny vybrané firmy zabývající se tímto technickým odvětvím. Ve čtvrté části je samotný návrh solárního systému pro objekt. Návrh zahrnuje výpočet tepelných ztrát budovy, určení solárního potenciálu v okolí a výběr součástí. Dále je určena účinnost kolektorů, jejich počet na střeše, tepelná bilance a solární zisk. Následně je v poslední části zpracováno ekonomické a energetické zhodnocení, kde je provedeno srovnání dvou variant solárních systémů.

Klíčová slova

Solární energie, solární kolektor, TUV, teplo, vytápění, ohřev, Slunce, zásobník tepla, solární systém, sluneční záření

Abstract

This bachelor thesis deals with use of solar energy for heating building. The first part contains a principle of light radiation and it's partition. The second part focus on the using of solar energy, mentioning a few basic applications. This is followed by a more detailed description of the individual components of the solar system (solar collector, heat storage, heat exchangers, pump group, etc.) and describes the different flows. In the third part are mentioned selected companies engaged in this technical branch. The fourth part is the devise of the solar system for selected building. Project contains calculations of heat losses of the building, determination of solar potential in the area and component selection. Followed by calculated efficiency of solar collector, number of unit installed on the roof, and their thermal and solar gain. In the final part is processed economic and energy evaluation, which is used to comparison two variants of solar systems.

Key words

Solar energy, solar collector, water heating, heating, Sun, heat storage, solar system, solar radiation

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni dne 6.6.2014

Tomáš Aulický

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Viktoru Majerovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a korekturu při vzniku této práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1. SOLÁRNÍ ENERGIE	12
1.1 SLUNCE	12
1.2 DOPAD SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ NA ZEMSKÝ POVRCH	12
1.3 DOSTUPNOST SOLÁRNÍ ENERGIE	14
1.4 DRUHY SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ	14
1.4.1 Přímé sluneční záření	14
1.4.2 Difúzní sluneční záření	15
1.4.3 Globální sluneční záření	16
2 SOLÁRNÍ SYSTÉMY	17
2.1 VYUŽITÍ SOLÁRNÍ ENERGIE	17
2.1.1 Fotovoltaika	17
2.1.2 Solární ohřev TUV	18
2.1.3 Ohřev vody v bazénech	19
2.1.4 Solární vytápění	19
2.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	21
2.2.1 Kapalinové kolektory	21
2.2.2 Vzduchové kolektory	22
2.2.3 Tepelné charakteristiky kolektorů	23
2.2.4 Kolektorové pole	25
2.3 ZÁSOBNÍK TEPLA A VÝMĚNÍKY	25
2.4 ŘÍZENÍ A REGULACE	27
2.5 ČERPADLA	28
2.6 TEPLONOSNÉ MÉDIUM	28
2.7 ZPŮSOBY PROVOZU SOLÁRNÍHO SYSTÉMU	29
2.7.1 High – Flow	29
2.7.2 Low – Flow	30
2.7.3 Matched – Flow	30
2.7.4 Drain – Back	30
3 DOSTUPNÁ ZAŘÍZENÍ PRO SOLÁRNÍ OHŘEV NA TRHU	31
3.1 REGULUS, SPOL. S. R. O.	31
3.2 DRUŽSTEVNÍ ZÁVODY DRAŽICE – STROJÍRNA, SPOL. S. R. O.	31
3.3 VIADRUS, A. S.	32
3.4 VACUSOL, SPOL. S. R. O.	32
3.5 THERMO/SOLAR ŽIAR, SPOL. S. R. O.	32
3.6 VAILLANT GROUP CZECH, SPOL. S. R. O.	33
4 NÁVRH SOLÁRNÍHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM	34
4.1 POPIS A PŮDORYS OBJEKTU	34
4.1.1 Výpočet tepelných ztrát	35
4.1.2 Solární potenciál v okolí objektu	37
4.2 VOLBA KOLEKTORŮ	38
4.2.1 Účinnost kolektorů	38
4.2.2 Energie zachycená absorbérem	39
4.3 VOLBA ZÁSOBNÍKOVÉHO OHŘÍVAČE	40
4.3.1 Návrh počtu solárních kolektorů	41

4.3.2	<i>Tepelná bilance</i>	42
4.4	VOLBA ČERPADLOVÉ SKUPINY S REGULÁTOREM	43
4.5	EXPANZNÍ NÁDOBA.....	44
5	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÉHO SYSTÉMU	45
5.1	Ekonomické zhodnocení.....	45
5.1.1	<i>Investiční náklady</i>	45
5.1.2	<i>Návratnost investice</i>	46
5.2	Energetické zhodnocení	47
	ZÁVĚR	48
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	49
	PŘÍLOHY	51

Seznam symbolů a zkratk

a	absorpční schopnost [-]
a_1	lineární součinitel tepelné ztráty [-]
a_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty [-]
a_s	azimut [°]
c	měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
e	emisní schopnost [-]
h	výška slunce nad obzorem
p	tlakové ztráty [-]
r	reflexní schopnost [-]
t	teplota [°C]
H	nadmořská výška [m]
I	intenzita záření [$W \cdot m^{-2}$]
I_o	sluneční konstanta [$W \cdot m^{-2}$]
M	hmotnostní průtok [$kg \cdot s^{-1}$]
O	objem kapaliny v zásobníku [l]
Q	množství energie [J, Wh]
S	plocha [m^2]
Z	součinitel znečištění atmosféry [-]
α	úhel sklonu [°]
ε	jakost výměníku [-]
γ	úhel dopadu slunečních paprsků [°]
η	účinnost [-]
ρ	hustota [$kg \cdot m^{-3}$]
τ_p	prostá doba návratnosti
AC	střídavé napětí
IN	investiční náklady [Kč]
RU	roční úspora [Kč]
TUV	teplá užitková voda

Úvod

V dnešní době je nejdominantnější zisk energie z neobnovitelných zdrojů, které se pomalu, ale nevyhnutelně vyčerpávají. Proto je snaha nahradit tyto zdroje obnovitelnými, i když se to v nejbližší době nepodaří (dominantním zdrojem elektrické energie budou jaderné elektrárny, vlivem vytěžení uhelných dolů), je důležité směřovat pozornost na tyto alternativní zdroje energie. Mezi ně se řadí Slunce, vodní toky, vítr a další obnovitelné zdroje. Tato práce je zaměřena právě na využití solární energie.

Sluneční energii lze přeměnit díky polovodičové technologii na elektrickou. Jelikož je v dnešní době účinnost fotovoltaických panelů velmi nízká, nelze je považovat za náhradu klasických zdrojů, avšak mají stále potenciál (experimentální články z laboratoří dosahují až o 50% vyšší účinnosti než články dostupné na trhu). Problém je však s jejich recyklací a likvidací. Solární zařízení transformující solární energii na teplo využitá na vytápění budov mají jednodušší konstrukci a účinnější přeměnu sluneční energie, proto je jejich aplikace výhodnější. Do této kategorie patří pasivní systémy (Trombeho stěna, okna) a aktivní systémy (solární kolektory s nucenou cirkulací, solární teplovzdušné vytápění). Předpokladem je, že správně navrhnutý solární systém je schopný pokrýt spotřebu el. energie na přípravu TUV v letním období, a v zimě poskytne podporu přídatnému zdroji tepla pro vytápění.

Tato bakalářská práce je zaměřena na vytápění budov pomocí fototermického jevu. Obsahem je popis principů získání energie ze Slunce, funkce jednotlivých součástí instalovaného zařízení a stručný přehled výrobců na našem trhu. Hlavním cílem této práce je návrh optimálního solárního systému pro vytápění a ohřev TUV pro konkrétní rodinný dům, určení návratnosti této investice a úspory na energiích.

1. Solární energie

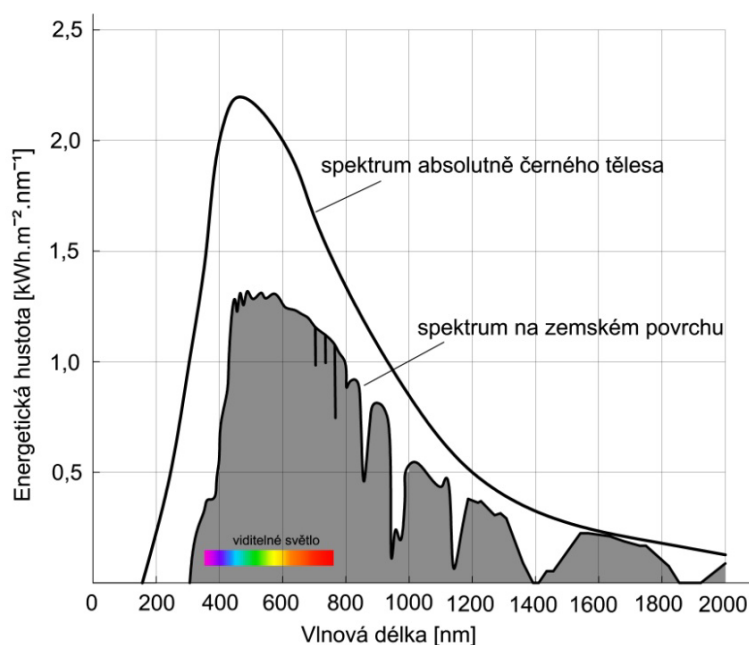
Solární energie (solární radiace, sluneční záření) má původ v nitru Slunce, kde dochází k jaderné fúzi, při níž se uvolňuje energie, která k nám putuje ve formě světla. Vyčerpání vodíkových zásob ve Slunci se odhaduje až v řádu miliard let, proto můžeme považovat tento zdroj za obnovitelný.

1.1 Slunce

Slunce je obrovským zdrojem energie pro naši planetu, má tvar koule o průměru $139,2 \cdot 10^4$ km. Je složeno převážně z atomárního vodíku s malou příměsí helia a s nepatrným množstvím dalších prvků. Všechny tyto prvky se nachází ve skupenství plasmy. Zdrojem energie je jaderná fúze, tj. přeměna vodíku v helium, která nastává při teplotě $13 \cdot 10^6$ K a tlaku $2 \cdot 10^{10}$ MPa. Těmito termonukleárními reakcemi vzniká elektromagnetické záření, které dopadá na zemský povrch.[1]

1.2 Dopad slunečního záření na zemský povrch

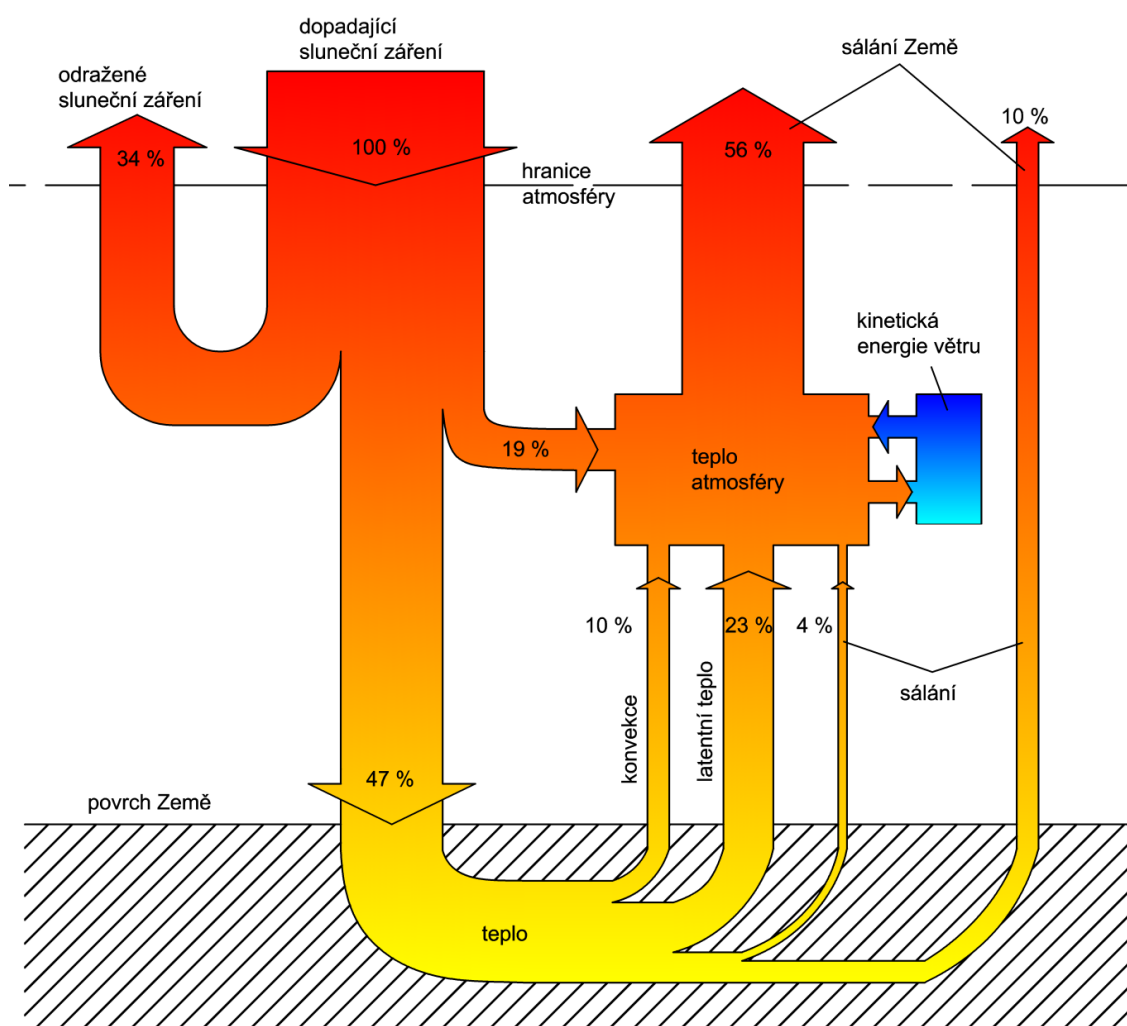
Slunce vyzařuje sluneční energii jako „absolutně černé“ těleso, to znamená vyzařování paprsků v celém rozsahu spektra, od rentgenového záření až po rádiové. Infračervené a světelné záření však mají největší část vyzářené energie (viz Obr. 1.1). Energie putující



150 milionů km mezihvězdným prostorem k Zemi není nijak tlumená. Pohlcení a odražení slunečního záření probíhá až při vstupu do naší atmosféry. Paprsky dopadající kolmo na povrch zemské atmosféry mají hodnotu měrného toku energie $1360 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (sluneční konstanta).[1]

Obr. 1.1 Spektrum slunečního záření absolutně černého tělesa a na zemském povrchu [7]

Dopadající záření na Zemi před vstupem do atmosféry má výkon přibližně $1,8 \cdot 10^{17}$ W. Ionosféra a ozonoféra zachycuje nebezpečnou část záření, v nižší vrstvě – troposféře dochází k absorpci energie (19 %) a vracení paprsků vlivem odrazů od mraků, částec prachu a zemského povrchu (34 %). Zbytek energie, která dopadne a je pohlcena zemským povrchem (47 %) se transformuje na teplo, které je následně vyzářené jako infračervené záření zvyšující teplotu zemského povrchu. Záření dopadající na hladinu oceánů vypařuje vodu a mění ji v páru, která stoupá do vyšších vrstev atmosféry, kde kondenzací předává své skupenské teplo. Vzduch, který je zahřátý stoupá nahoru a stírá se s chladným vzduchem, následně tímto procesem vznikají větry (atmosférické cirkulace), kriticky důležité pro život na Zemi.[1]



Obr. 1.2 Přeměny energie slunečního záření dopadajícího na Zemi [1]

1.3 Dostupnost solární energie

Z dopadající sluneční energie je absorbováno pouze 66 % z celku, zbylých 34 % je odraženo zpět do vesmíru, aniž by byla energie využita. Klimatické podmínky mají velký vliv na množství energie, které můžeme získat. Kvůli nepředvídatelnosti oblačnosti, znečištění atmosféry či dalších lokálních vlivů se používá pro stanovení dostupnosti solárního záření průměrné hodnoty za 50 let v místě instalace. Množství dopadající energie ovlivňuje také zeměpisná šířka, kde největší intenzita je v oblasti rovníku a nejmenší na pólech. Roční období je rovněž velice důležitý faktor, kdy nejvíce energie ze slunce za celý den získáme na přelomu června/července.[1,2]

K určení znečištění atmosféry v dané oblasti lze použít Linkeho vztah, kterým získáme součinitel znečištění „Z“. Ten je definován vztahem:

$$Z = \frac{\ln I_0 - \ln I_n}{\ln I_0 - \ln I_c} \quad (1.1)$$

kde I_0 je sluneční konstanta (1360 W.m^{-2}),

I_n – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při daném znečištění ovzduší,

I_c – intenzita záření na plochu kolmou ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší.[1]

Ve vysokohorských oblastech bývá obvykle součinitel znečištění nejnižší (roční průměr $Z = 1,9$). Na venkově bývá nižší ($Z = 2,75$) než ve městech ($Z = 3,75$) a průmyslových oblastech ($Z = 5$). Využívání solární energie je výhodné v naší zeměpisné poloze pokud součinitel znečištění se nachází pod hodnotou $Z = 3$. [1]

Na základě těchto informací se navrhne sklon a orientace plochy solárního zařízení. Maximální výkon získáme natočením plochy solárního zařízení kolmo k dopadajícímu záření. V praxi se kolektory instalují se sklonem 45° směrem na jih pro efektivní celoroční zisk, pokud bychom chtěli zefektivnit výkon v zimním období, potom by byl úhel sklonu 60° , pro největší využití v létě pak zase úhel 30° . [2]

1.4 Druhy slunečního záření

1.4.1 Přímé sluneční záření

Přímé sluneční záření dopadá na plochu bez rozptylu, jeho intenzita je mnohonásobně vyšší než u difúzního záření, ovšem pouze v jednom směru [3]. Ta závisí na znečištění

atmosféry (Z) a součiniteli výšky slunce nad obzorem a nadmořské výšky dané oblasti (ε). Intenzitu lze určit pomocí vztahu:

$$I_{pn} = I_0 \exp\left(-\frac{Z}{\varepsilon}\right) \quad (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (1.2)$$

kde I_0 je sluneční konstanta ($1360 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$),

Z – součinitel znečištění atmosféry,

ε – součinitel, který závisí na výšce slunce nad obzorem a na nadmořské výšce dané oblasti.[1]

Součinitel ε lze vyjádřit obecným vztahem:

$$\varepsilon = \frac{9,38076[\sin h + (0,003 + \sin^2 h)^{0,5}]}{2,0015(1 - H \cdot 10^{-4})} + 0,91018 \quad (1.3)$$

kde h je výška slunce nad obzorem,

H – nadmořská výška dané oblasti (m),

Intenzita pro obecně položenou plochu je dána vztahem:

$$I_p = I_{pn} \cos \gamma \quad (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (1.4)$$

kde γ je úhel dopadu paprsků na osluněnou plochu a určí se ze vztahu:

$$\cos \gamma = \sin h \cos \alpha + \cos h \sin \alpha \cos(a - a_s) \quad (1.5)$$

kde α je úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny,

a_s – azimutový úhel normály osluněné plochy měřený stejně jako azimut slunce, ve smyslu hodinových ručiček jako kladná hodnota, v opačném směru jako záporná.[1]

1.4.2 Difúzní sluneční záření

Difúzní sluneční záření je takové, které dopadá na plochu jako následek změny směru záření vlivem rozptylu v atmosféře. Difúzní záření vzniká odrazem od molekul vzduchu, částecek vody, prachu a mraků[3]. Vlnová délka zůstává zachována – je stejná jako u přímého záření. K difúznímu záření dopadajícímu na danou plochu se přičítá i odražené přímé záření od okolních ploch. Intenzitu difúzního záření lze spočítat pomocí vztahu:

$$I_D = 0,5(1 + \cos \alpha)I_{Dh} + 0,5r(1 - \cos \alpha)(I_{ph} + I_{Dh}) \quad (\text{W}\cdot\text{m}^{-2}) \quad (1.6)$$

kde α je úhel sklonu osluněné plochy od vodorovné roviny,

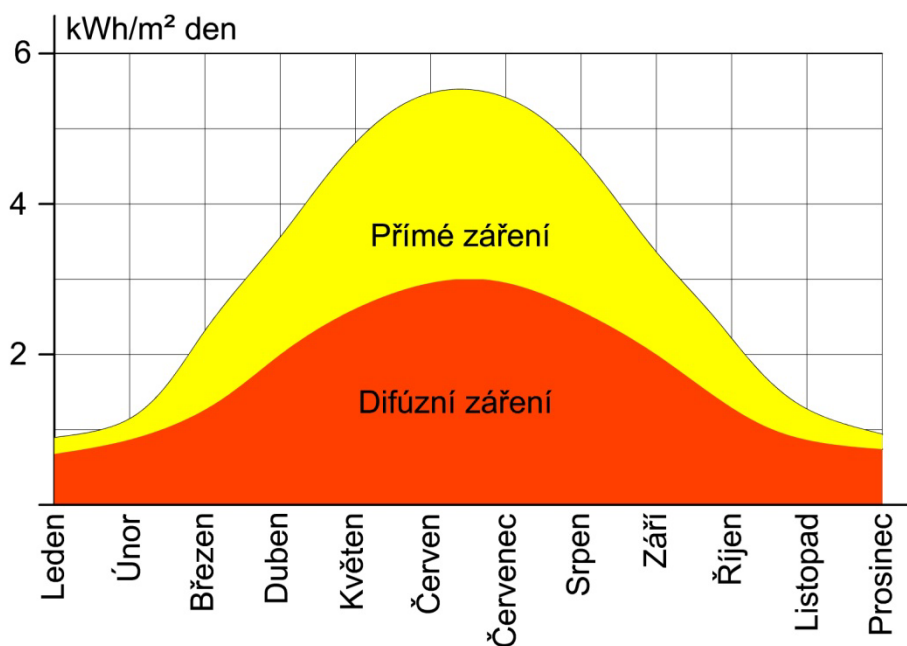
r – reflexní schopnost okolních ploch pro sluneční paprsky, tzv. albedo ($r \in \{0,15; 0,25\}$),

I_{ph} – intenzita přímého slunečního záření na vodorovnou plochu,

I_{Dh} – intenzita difúzního záření na vodorovnou plochu, jsou dány vztahy.[1]

$$I_{ph} = I_0 \sin h \quad (1.7)$$

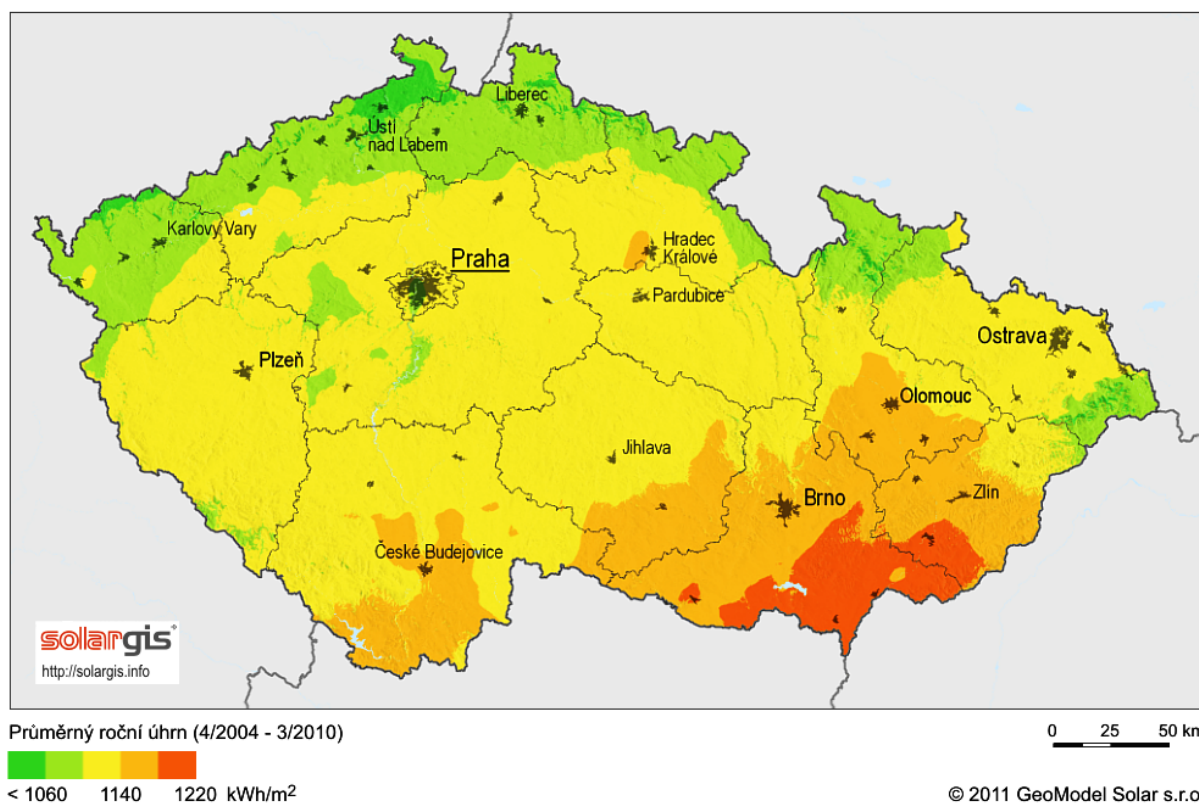
$$I_{Dh} = 0,33(I_0 - I_{ph}) \sin h \quad (1.8)$$



Obr. 1.3 Poměr přímého a difúzního záření během celého roku [8]

1.4.3 Globální sluneční záření

Je to celkové sluneční záření dopadající na horizontální plochu, tj. součet přímého a difúzního záření. Na Obr. 1.4 je znázornění globálního záření v ČR.[3]



Obr. 1.4 Globální záření na území ČR [9]

2 Solární systémy

Solární systémy můžeme rozdělit na aktivní a pasivní. V této práci se zaměřuji na aktivní systémy, tedy systém zahrnující technické zařízení od kolektorů přes čerpadlo až po regulační zařízení. Mezi aktivní systémy patří i fotovoltaické panely, které transformují energii fotonu na energii elektrickou. Jako pasivní solární systémy můžeme označit např. Trombeho stěnu, kde se využívá přirozené konvekce, nebo skleník.[2]

2.1 Využití solární energie

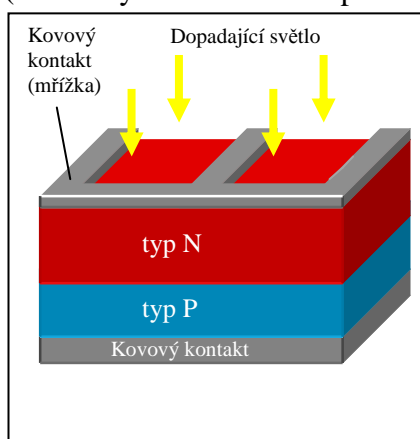
Solární energie lze využít následovně:

- transformace slunečního záření na teplo,
- transformace slunečního záření na elektrickou energii,
- transformace na energii mechanickou či chemickou,
- využití fotochemických účinků slunečního záření.[2]

2.1.1 Fotovoltaika

Pod pojmem fotovoltaika si můžeme představit proces, při kterém získáváme elektrickou energii přímo ze slunečního záření. Jako hlavní výhodu můžeme považovat výrobu elektřiny v jinak odlehlých oblastech, avšak nevýhodou je poměrně malá účinnost solárních článků (cca 12 %), velké náklady na výrobu a jejich cena.[3, 10]

Základem každého solárního článku je polovodič typu P (Si s příměsí B) a typu N (Si s příměsí As, P). V PN přechodu vzniká vyprázdňená oblast, která odděluje tyto dvě oblasti (elektrony tak nemohou přecházet z místa nadbytku do místa jejich nedostatku). Jakmile



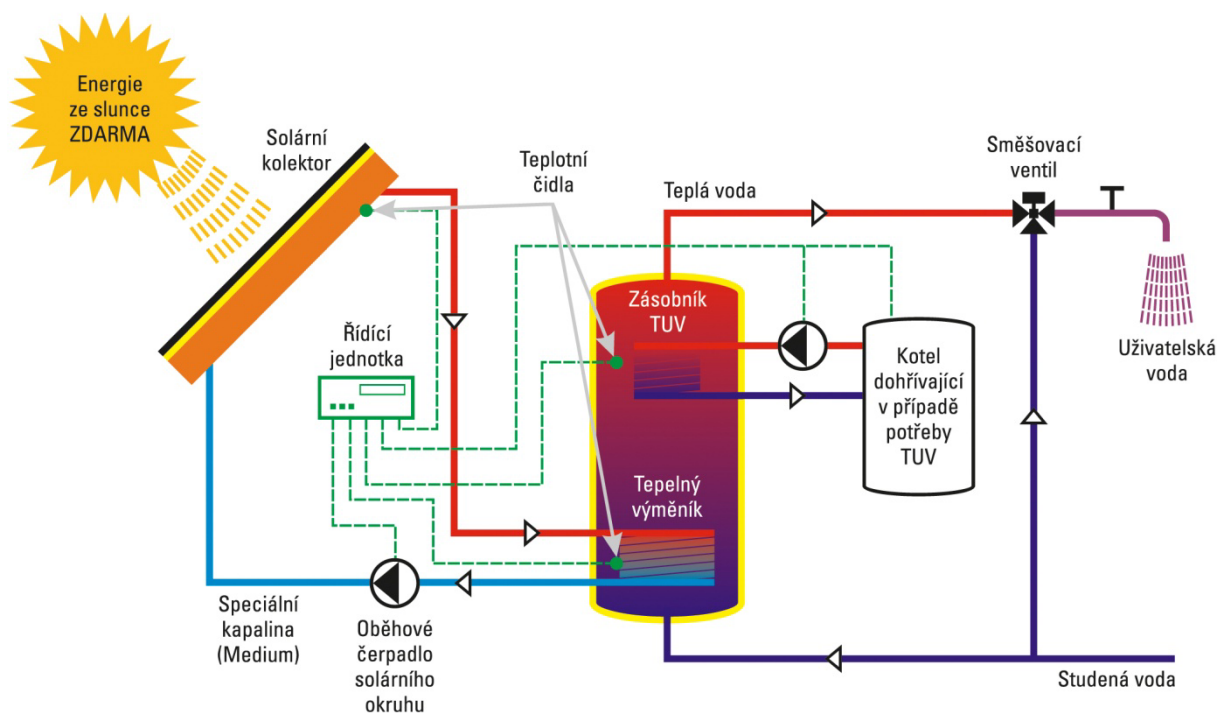
dopadne foton na toto rozhraní, tak předá svoji energii a umožní elektronu z polovodiče typu P přejít do N (excitace) a tam se nahromadit. Poté lze na výstupních svorkách naměřit fotoelektrické napětí (fotovoltaický jev) o přibližné hodnotě 0,6 V a uzavřením obvodu získáme fotoelektrický proud. Sériovým/paralelním spojením těchto článků pak získáme fotovoltaický panel, jehož výkon na 1 m² může být až 150 W (v našich podmínkách).[3, 10]

Obr. 2.1 Solární článek [3]

2.1.2 Solární ohřev TUV

Ve středoevropských podmínkách lze navrhnout jednoduché monovalentní systémy, které jsou schopny zajistit ohřev užitkové vody v období od dubna do září bez přispění jiného zdroje tepla. Jsou vhodné pro objekty s velkou spotřebou vody. Takový systém je schopný ohřát 40 až 50 l vody denně na jednu osobu (teplota vody má minimálně 40 až 45 °C), přičemž plocha kolektorů je 1 až 2 m². V případě celoročního ohřevu je nutné uvažovat o doplnění solárního systému přídatným zdrojem tepla tj. elektrický ohřívákem nebo kotlem, takový systém se pak nazývá bivalentní.

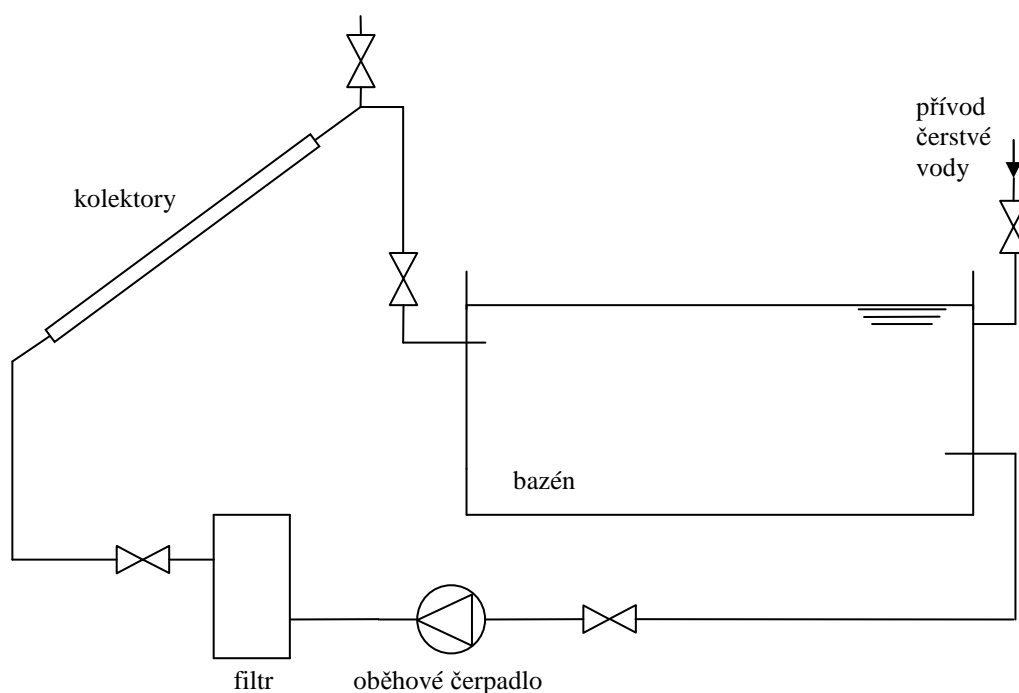
Bivalentní systém s elektrickým ohřívákem je vhodný pro menší objekty. V letním období se ohřívá voda pouze sluneční energií zachycenou kolektory, při zatažených dnech je však nutno ohřát vodu elektricky. Elektrické ohřívání vody probíhá při snížené sazbě za elektrickou energii v noci. Z ekonomických důvodů se pro větší objekty navrhuje bivalentní systém s kotlem. Stejně jako v předchozím případě se v letních měsících voda ohřívá pouze solárním systémem, případně dohřeje pomocí elektrické topné vložky v zásobníku teplé vody. V zimním období se voda dle požadavku dohřívá v kotli.[1]



Obr. 2.2 Schéma solárního systému pro ohřev TUV [11]

2.1.3 Ohřev vody v bazénech

Jelikož venkovní bazény jsou využívány hlavně v letním období, kdy je dostatek slunečního záření je výhodné využít k ohřevu právě solární zařízení. Voda z bazénu se využívá jako médium proudící kolektory a bazén sám o sobě funguje jako zásobník tepla. Voda se vyhřívá pouze na teplotu zhruba 25 °C, což jsou mnohem menší požadavky na změnu teploty vody než u vody v domácnosti – tím se zvyšuje účinnost solárních kolektorů. Pokud je bazén v noci zakrytý (největší ztráty tepla jsou odparem z hladiny), pak plocha absorbérů je rovna přibližně polovině plochy bazénu. Nelze-li zajistit vhodnou polohu absorbérů a bazén se nachází ve stínu, pak plocha absorbérů může převýšit plochu bazénu. Pokud chceme vyhřívát bazén celoročně, pak kolektory musí proudit nemrznoucí médium a zároveň je třeba dodatečný zdroj tepla. Zde je pak výhodné využít solární systém zároveň i pro ohřev TUV.[2, 3]



Obr. 2.3 Schéma zařízení pro ohřev vody s otevřeným kolektorovým okruhem [1]

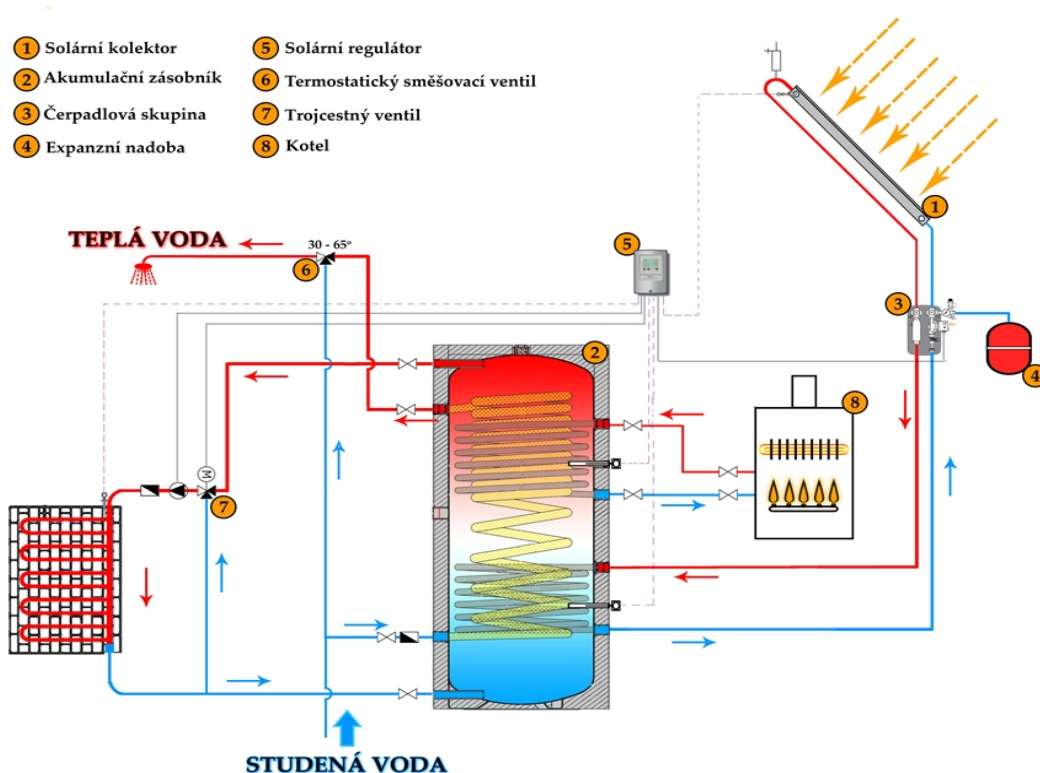
2.1.4 Solární vytápění

Vytápění bytu aktivním solárním systémem je značně nevýhodné, plocha kolektorů na střeše budovy se pro takový systém pohybuje v rozmezí 15 až 25 m² pro vytápění bytu o ploše 20 až 30 m², přitom by byl stále potřeba klasický zdroj tepla [1]. Plocha absorbérů dosahuje takové velikosti, jelikož poptávka po vytápění je právě v chladných měsících, kdy je intenzita solárního záření nízká. Pokud bychom chtěli, aby solární systém poskytl většinu

tepla pro dům v zimních měsících, pak by díky velikosti solárního systému zůstala jeho větší část celoročně nevyužita. To by pak znamenalo, že doba životnosti dimenzovaného systému by byla menší než doba návratnosti počáteční investice.

Možným pasivním systémem je např. Trombeho stěna. Součástí Trombeho stěny je těžký, dobře tepelně vodivý materiál (beton, plné cihly) natřený načerno. Zeď má funkci kolektoru i zásobníku tepla, které prostupuje do bytu s časovým spožděním 5 až 10 hodin, to je dáno velkou tepelnou kapacitou materiálu.[2]

Aktivní systém vhodný pro vytápění bytu v zimních měsících je nutno opatřit velkou plochou absorpčních ploch kolektorů, stejně tak velkým zásobníkem tepla pro jeho akumulaci z letních měsíců. Tento zásobník tepla musí odpovídat 1/3 až 2/3 objemu vytápěných místností. Základním předpokladem je dobrá tepelná izolace objektu, hodnota měrné tepelné ztráty by neměla převyšovat hodnotu $0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ vztaženou na 1 m^3 vytápěného objektu. Během letních měsíců se voda v zásobníku ohřeje až na teplotu $70 \text{ }^\circ\text{C}$ (konec září) a poté se tato teplota během topné sezóny snižuje až na $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (konec dubna). Díky nákladnému zásobníku tepla se tento způsob vytápění používá pouze na zvláštní případy objektů.[1]



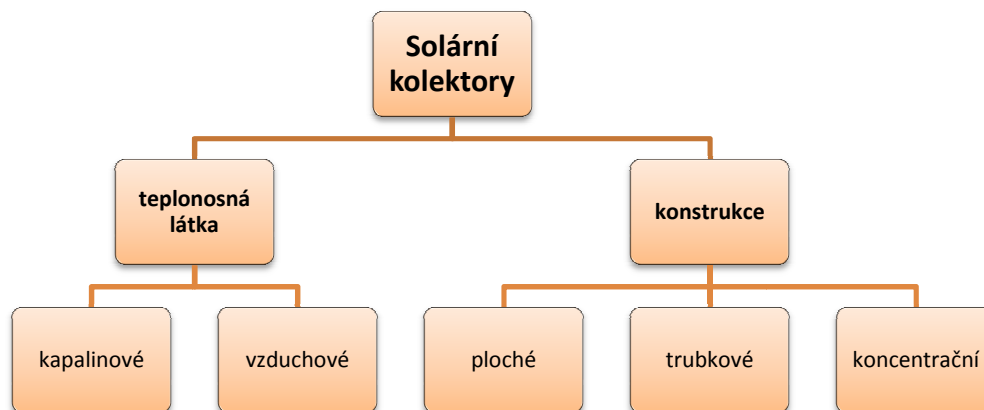
Obr. 2.4 Schéma solárního systému pro ohřev TUV a vytápění [12]

Další možností je aktivní solární systém s energetickou střechou. Střecha je pokryta plechem, který má funkci absorpční plochy. Trubky s teplonosnou kapalinou

jsou uloženy v drážkách plechu a řazeny paralelně do registru. Energetická střecha má výrazně menší účinnost než kolektory, to je způsobeno absencí krycího skla. Investiční náklady jsou nízké v porovnání s kolektory, proto lze vybudovat mnohem větší absorpční plochu. I při velmi dobré izolaci objektu však tento systém pro nejchladnější zimní měsíce nestačí, proto je doplňován např. tepelným čerpadlem.[1]

2.2 Solární kolektory

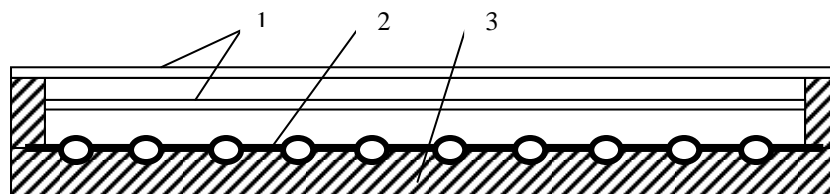
Kolektory zachycují energii ze světelného záření a převádí je na teplo, které zahřívá teplotně médium. Je důležité zvolit vhodný kolektor pro daný objekt, nejvyšší účinnost kolektoru nemusí znamenat nejlepší výsledný efekt (návrstnost investice). Nejrozšířenějším typem u nás jsou kapalinové kolektory. To je dáno využitím solární techniky převážně jen na ohřev TUV a pouze doplňkově jako způsob vytápění.[1, 2]



Obr. 2.5 Základní rozdělení kolektorů [13]

2.2.1 Kapalinové kolektory

Kapalinový kolektor se skládá z těchto hlavních částí – zasklení, absorpční plocha, zadní tepelná izolace a rám kolektoru. Zasklení kolektorů bývá řešeno tabulovým bezpečnostním sklem [3]. Absorbér je opatřen neselektivní vrstvou, tj. normální černý nátěr, nebo selektivní vrstvou, která potlačuje dlouhovlnné záření a intenzivně absorbuje krátkovlnné záření. Ploché kolektory absorbují přímé i difúzní záření, jsou instalovány do stálé polohy, protože jsou málo citlivé na směr dopadu paprsků. Absorpční vrstva je tvořena svařenými plechy (ocelové, měděné nebo hliníkové) s kanálky pro teplotně médium. Nátěr použitý na absorbér je nejčastěji černá matná barva, vhodnými nátěry jsou vypalovací nebo polovypalující syntetické nebo silikonové laky. Tyto neselektivní nátěry jsou schopny absorbovat sluneční záření v celém spektru.[4]



1 - transparentní vrstva, 2 - absorpční vrstva, 3 - tepelná izolace

Obr. 2.6 Řez plochým kolektorem [4]

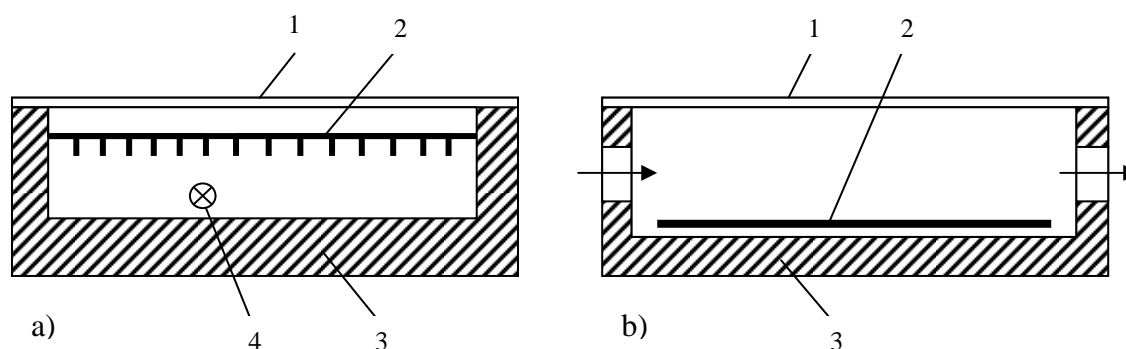
Selektivní nátěry mohou podstatně zvýšit účinnost kolektorů, jsou však velmi drahé, z toho důvodu se aplikují pouze na kolektory pro teploty nad 100 °C. Selektivní vrstva je tvořena tenkou vrstvou černého kovu (např. Ni, Cr) na lesklém kovovém podkladu (např. vyhlazený hliník), další možností je vytvoření tenké vrstvy oxidu na povrchu kovu (Al), který má malou absorpční (a) a zároveň emisní schopnost (e). Tento selektivní poměr (a/e) by se měl pohybovat v rozmezí 5 až 10. Kolektory pro celoroční provoz by měli být opatřeny dvojitým krycím sklem (zmenšení tepelných ztrát), vnější sklo by mělo mít tloušťku minimálně 4 mm, vnitřní pak 2 až 3 mm. Stejně tak je důležitá tepelná izolace zadní strany desky jako ochrana proti nadměrnému ochlazování. Jako vhodný materiál pro tepelnou izolaci je například pěněný polyuretan, skleněná vlákna či vlna z minerálních vláken, tloušťka by pak měla být v rozmezí 3 až 4 cm. Nejmodernější způsob tepelné izolace je s využitím vakua. Pověštinou se jedná o trubkovou konstrukci. Tyto kolektory vykazují vysokou účinnost po celý rok. [1,4]

2.2.2 Vzduchové kolektory

Teplonosným médiem je jak již název napovídá vzduch, ten má však zcela odlišné fyzikální vlastnosti v porovnání s kapalinou. Vzduch se podstatně rychleji zahřeje a to i při slabším záření, avšak má malou tepelnou kapacitu, proto se musí volit větší průřezy potrubí. U vzduchových kolektorů se nemusí instalovat žádná ochrana proti zamrznutí, či přehřátí teplonosného média. Mají mnohem menší výskyt koroze v zařízení, proto jim lze stanovit delší životnost. Díky fyzikálním vlastnostem není nutno ohřívat vzduch na vysoké teploty, takové solární zařízení poté může pracovat celý rok. Nevýhodou je však akumulace tepla, která probíhá nepřímo přes jiné médium (voda, kámen, beton). Lze však vést teplý vzduch přímo do vytápěných místností.[5]

Z hlediska konstrukce je vzduchový kolektor složen ze stejných částí, tj. transparentní vrstvy, absorberu a tepelné izolace. Dále se může dělit na vzduchové kolektory se vzduchovou mezerou mezi transparentní a absorpční vrstvou nebo bez vzduchové mezery

viz Obr. 2.7. Mezera je zaplněna klidným vzduchem. Absorpční deska je tvarovaná, jednak žebry (viz Obr. 2.7a) nebo zvlněním desky, tak docílíme lepší přestup tepla do místa, kde proudí vzduch. Pomocí zvlněného plechu se rovněž dosáhne větší absorpční plochy. U kolektorů bez vzduchové mezery (Obr. 2.7b) proudí teplotné médium hned za transparentní vrstvou. Kolektory se vzduchovou mezerou mají větší účinnost než kolektory bez vzduchové mezery. Materiálem transparentní vrstvy je většinou sklo, další možností je průhledná fólie. Vzduchové kolektory mají podstatně větší rozměry než kolektory kapalinového typu.[1, 4, 5]



1 - transparentní vrstva, 2 - absorpční vrstva, 3 - tepelná izolace, 4 – proud vzduchu

Obr. 2.7 Vzduchový kolektor a) se vzduchovou mezerou a podélně žebrovaným absorbérém; b) bez vzduchové mezery [1]

2.2.3 Tepelné charakteristiky kolektorů

Tepelné charakteristiky jsou užitečné k volbě správného kolektoru pro daný objekt, či způsob provozu. Účinnost kolektorů se určuje přímým měřením při různých podmínkách. Účinnost je pak dána vztahem:

$$\eta_A = \frac{c \cdot M \cdot (t_{m2} - t_{m1})}{S_A \cdot I} \quad (2.1)$$

kde c je měrná tepelná kapacita teplotného média (pro vodu – $c = 4187 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, pro vzduch – $c = 1010 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

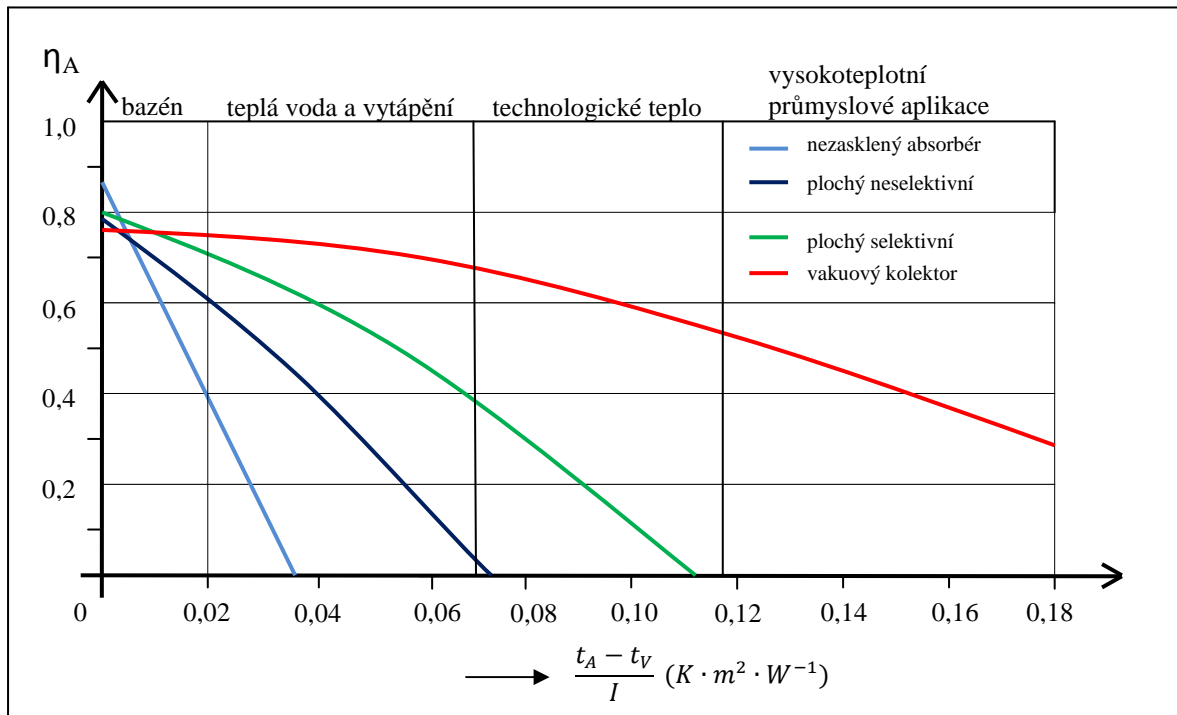
M – hmotnostní průtok $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$,

t_{m1} – vstupní teplota teplotného média,

t_{m2} – výstupní teplota teplotného média,

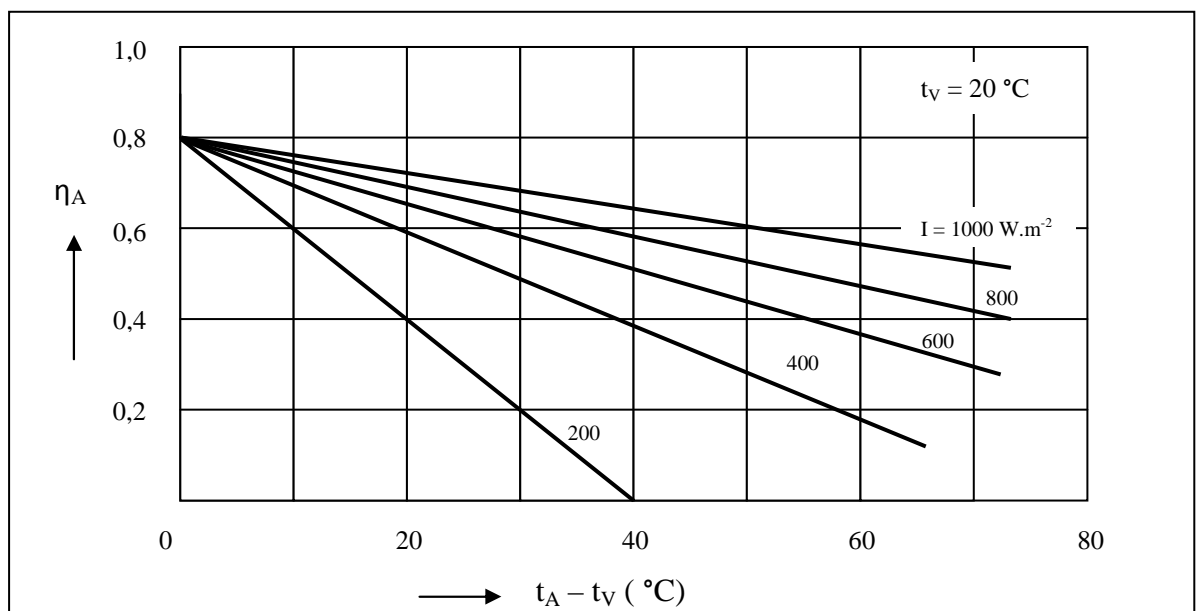
S_A – plocha absorpční desky,

I – intenzita slunečního záření.[1]



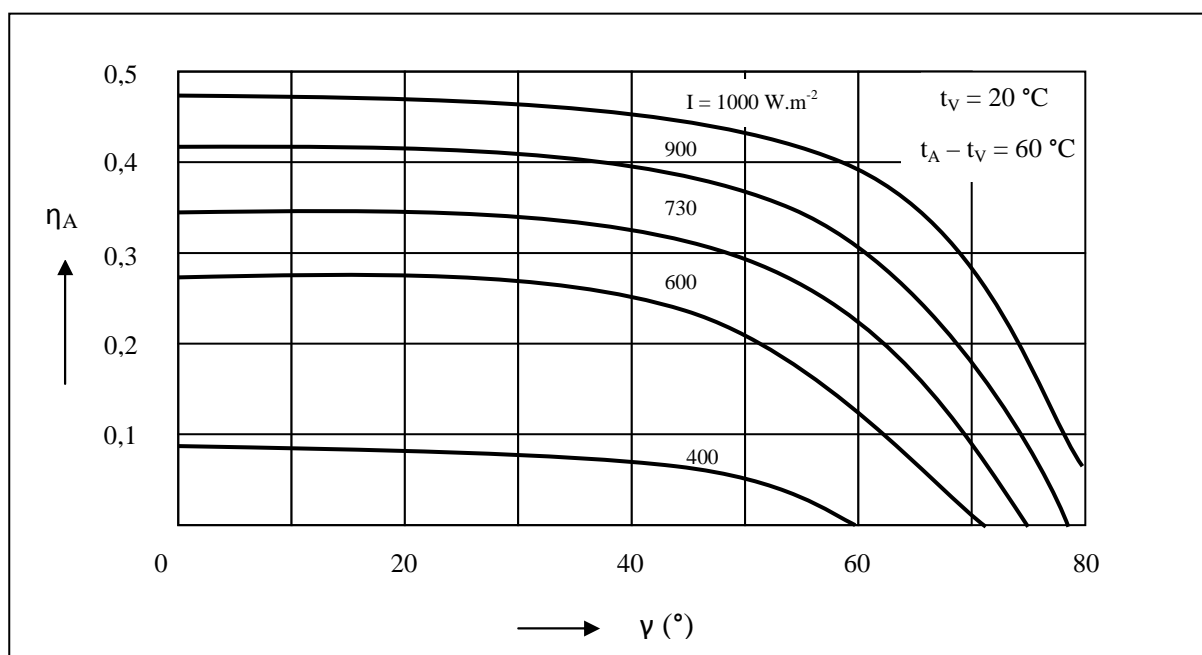
Obr. 2.8 Účinnostní křivky pro různé typy kolektorů [1, 14]

Pro porovnání různých typů kolektorů je vhodná charakteristika zobrazena na Obr. 2.8. Například pro ohřev bazénu (zde je malý teplotní rozdíl) bohatě postačí nezasklený kolektor, nejdůležitější je, aby byl povrch co nejvíce pohltivý a zasklení propustné. V případě že kolektor má pracovat s velkým rozdílem teploty je nutno zajistit co nejmenší tepelné ztráty, pak jsou vhodné vakuové kolektory.



Obr. 2.9 Závislost účinnosti na rozdílu teplot při různé intenzitě pro kolektor se dvěma krycími skly [1]

Po zvolení vhodného typu lze využít charakteristiku závislosti účinnosti na rozdílu teplot při různých intenzitách záření, díky níž lze podrobněji určit vlastnosti kolektoru (viz Obr. 2.9). To platí pouze pro kolmý dopad záření na plochu absorpční desky. Při zvětšení úhlu γ dochází k zvýšení optických ztrát a snížení celkové účinnosti (viz Obr. 2.10). Z toho vyplývá, že největší účinnost bude od 9 do 15 h za předpokladu orientace kolektorů na jižní stranu střechy.[1]



Obr. 2.10 Optické charakteristiky pro kolektor s dvěma krycími skly [1]

2.2.4 Kolektorové pole

Spojením více kolektorů získáme větší plochu pro danou potřebu tepelné energie. Zapojení jednotlivých kolektorů může být do série, nebo paralelně. Tento celek se potom nazývá kolektorové pole. V sériovém uspořádání protéká teplotnosné médium všemi kolektory a teplota postupně stoupá, zároveň však klesá i celková účinnost. Toto uspořádání je využíváno zřídka, vhodné např. pro ohřev vody v bazénu. Při paralelním zapojení pracují všechny kolektory se stejnou účinností a teplotou. Vznikají zde tzv. tlakové ztráty způsobené změnou směru proudu, změnou průtočného průřezu či dělením nebo spojováním proudů. Lze docílit snížení těchto ztrát sériově paralelním zapojením kolektorů (např. zapojení 3 kolektorů sériově a tuto vzniklou skupinu poté paralelně s ostatními).[1]

2.3 Zásobník tepla a výměníky

Zásobník tepla je stejně důležitá komponenta v solárním systému jako kolektor, má velký vliv na celkovou účinnost. Jak už název napovídá v zásobníku se „skladuje“ teplo, proto

je důležité zvolit vhodný objem pro daný systém. Pro vytápění či ohřev vody v zimě je potřeba zásobník o velkém objemu, srovnatelný s vytápěnými místnostmi. Pro letní provoz postačí podstatně menší zásobník, ten by měl být schopný zásobovat teplo na dva až tři dny při nepříznivém počasí. Součástí zásobníků jsou tepelné výměníky, které slouží k přivedení tepla do zásobníku z kolektorového pole a zároveň k odvádění tepla do spotřebičového okruhu. Látka používaná k akumulaci tepla do 100 °C je většinou voda, ta má zároveň největší měrnou tepelnou kapacitu c , je nejlevnější a nejdostupnější. Pro určení množství akumulovaného tepla pak platí vztah:

$$Q = c \cdot \rho \cdot O \cdot (t_2 - t_1) \quad (\text{J}) \quad (2.2)$$

kde Q je akumulované teplo v zásobníku (J),

c – měrná tepelná kapacita akumulací látky ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

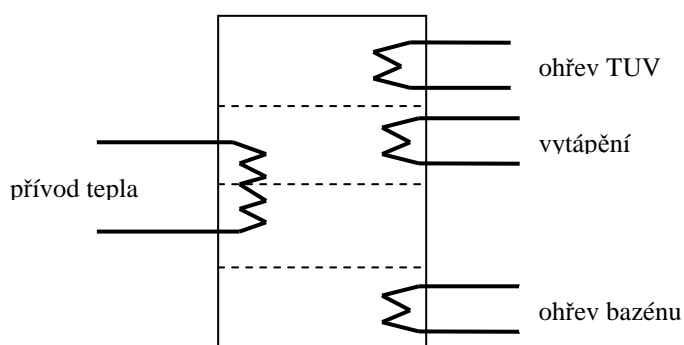
O – objem zásobníku (m^3),

ρ – hustota akumulací látky ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

t_1 – teplota na počátku akumulace,

t_2 – teplota na konci akumulace.[1]

Pokud je teplonosnou látkou vzduch, pak se zpravidla používají jako akumulací látky kamenivo (štěrk, oblázky). U těchto systémů není potřeba tepelného výměníku ani velkých nároků na těsnosti. Nevýhodou je však menší měrná tepelná kapacita oproti vodě a objem takového zásobníku.[2, 5]



Obr. 2.11 Umístění výměníků tepla v zásobníku (vrstvení teplot) [1]

Výměníky přivádějí a odvádějí teplo, kde výměník může být umístěn přímo v zásobníku, nebo mimo jako samostatný prvek. Konstruují se s malým vnitřním objemem, to je z důvodu zmenšení tepelné setrvačnosti a tlakové ztráty. Výměníky by se v zásobníku měli umístit tak, aby se dosáhlo přirozeného proudění vody. Proud teplonosné kapaliny by měl být opačný, než směr přirozeného proudění vody v zásobníku, tím získáme protiproud, který je nejlepší pro teplosměnné využití plochy. Čím vyšší je jakost výměníku (stupeň

využití), tím dokonaleji je využita teplosměnná plocha, ten lze určit ze vztahu:

$$\varepsilon = \frac{t_{1a} - t_{1b}}{t_{1a} - t_{2a}} \quad (2.3)$$

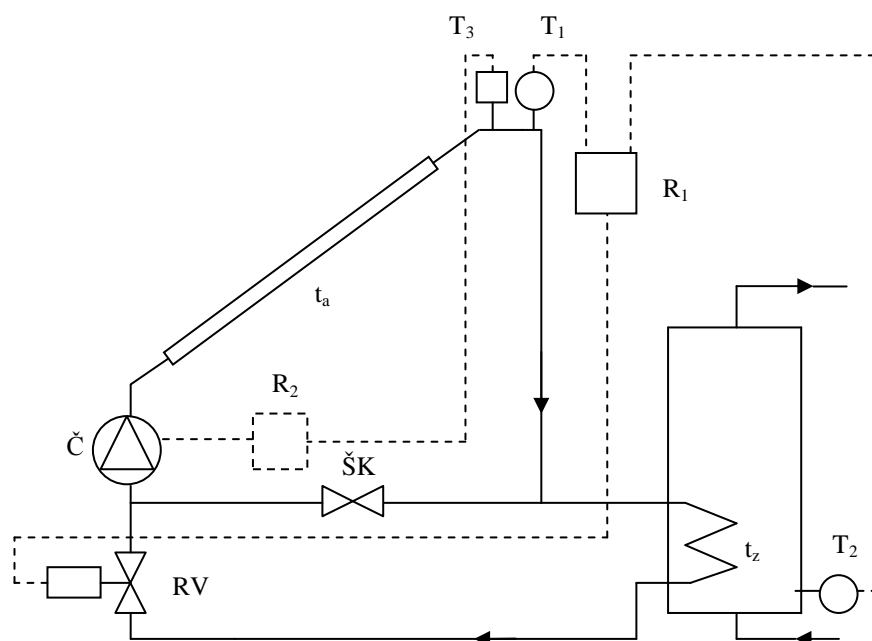
kde t_{1a} je počáteční teplota ohřívající (teplejší) tekutiny,

t_{1b} - konečná teplota ohřívající tekutiny,

t_{2a} - počáteční teplota ohřívané (chladnější) tekutiny.[4]

2.4 Řízení a regulace

Vlivem proměnlivosti počasí je nutné regulovat oběh teplonosného média v kolektorovém okruhu s ohledem na sekundární oběh spotřebičů. V extrémních případech může tato látka v kolektorech dosahovat nepřipustně nízkých nebo vysokých teplot. Úkolem regulace je zajistit v době svitu předání tepla z kolektorů do zásobníku tepla, zamezit odevzdání tepla opačným směrem, kdy nesvítí Slunce a zajistit co největší účinnost kolektorů. Toho se dosahuje zapnutím čerpadla v okamžiku, kdy teplota na výstupu kolektorů převyší teplotu ve spodu zásobníku tepla.[1, 2, 3]



Obr. 2.12 Regulace pomocí bypassu a přerušování chodu čerpadla, kde R_1 , R_2 – regulátor; ŠK – škrtecí klapka; RV – regulační ventil; T_1 , T_2 – odporové teploměry; T_3 – termostat; Č – čerpadlo. [1]

Regulátor je opatřen několika teplotními čidly s určitou (nastavitelnou) hysterezí, tím se zamezí častému zapínání a vypínání. Do této oblasti řízení patří i ochrany před

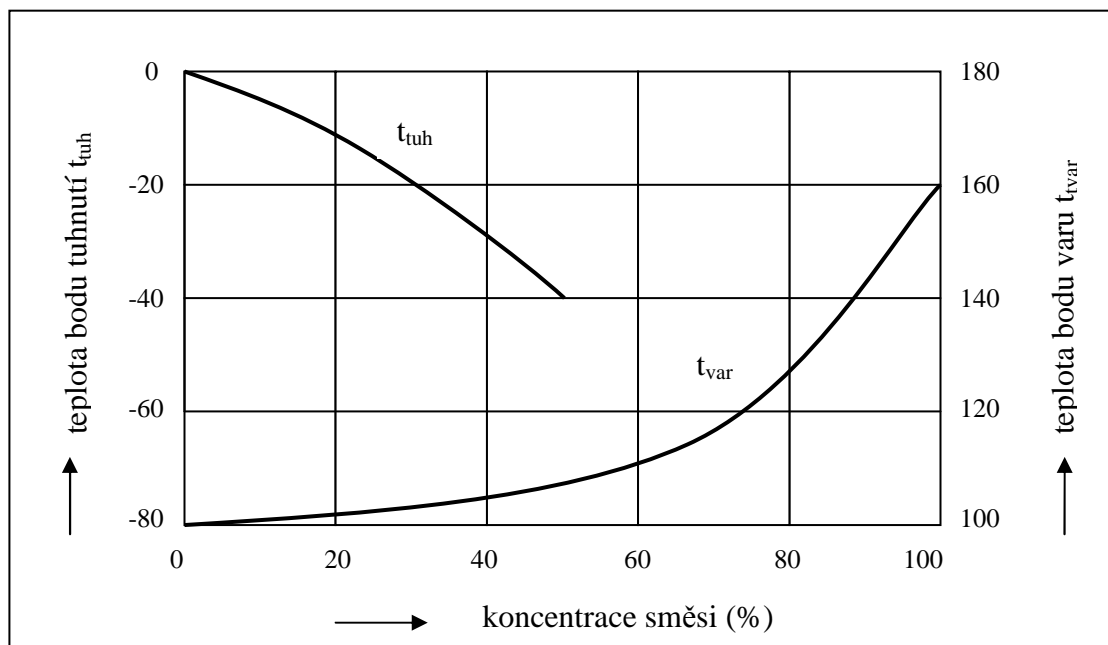
přehřátím (např. řešeno pomocí zapínání čerpadla v noci), měření tepla přivedeného solárním zařízením, či dohřívání dalšími zdroji tepla v případě, že Slunce nesvítí. Dalším způsobem regulace je změnou průtoku teplotnosné kapaliny výměníkem, díky zařazení zkratového potrubí (bypass) mezi vstupní a vratnou část kolektorového okruhu. Při nízké teplotě média v kolektorech je regulační ventil uzavřen, kapalina tak protéká zkratovým potrubím. Při zvyšování teploty se regulační ventil plynule otevírá a kapalina proudí přes tepelné výměníky, kde předává svoje teplo zásobníku. Další možností řízení průtoku je použití trojcestného ventilu (tím nám vypadne zkratové potrubí). Způsob regulace je naznačen na Obr. 2.12.[1, 2]

2.5 Čerpadla

Cirkulaci teplotnosné kapaliny v primárním (kolektorovém) okruhu zajišťuje čerpadlo. Oběh kapaliny v tomto okruhu může být přirozený, pouze však v případě, že kolektor by se nacházel v nižší poloze než zásobník a výměník tepla. Ve většině případech tomu tak není, proto se k oběhu kapaliny používá čerpadlo, tj. nucená cirkulace. Nejčastěji se používají běžná čerpadla pro vytápění např. s elektronickým řízením otáček (přizpůsobení toku kapaliny slunečnímu svitu). Další možností je využít čerpadla, které je napájeno DC proudem, získaným z fotovoltaického panelu, takový systém pak nepotřebuje regulaci podle teploty, průtok kapaliny je pak úměrný sluneční intenzitě.[1, 2]

2.6 Teplotnosné médium

Podle druhu kolektoru se liší také jejich teplotnosné médium, může jím být kapalina nebo vzduch. V nízkoteplotních slunečních zařízeních se používá nejčastěji čistá voda pro její velkou měrnou tepelnou kapacitu a její nízkou viskozitu. Další výhodami použití vody je nezávadnost, neagresivnost k ostatním materiálům a chemická stálost. Nevýhodou však je poměrně malý teplotní rozsah pro kapalinu (0 °C až 100 °C). Je proto důležité kontrolovat teplotu vody, aby nedošlo k přehřátí kolektorů. V zimním období se voda z primárního okruhu vypustí (začátek listopadu) a napustí až po skončení mrazů (začátek dubna). Voda by měla být chemicky čistá, technická voda obsahuje množství prvků, které způsobují kotelní kámen. Kotelní kámen zhoršuje prostup tepla vrstvami a zmenšuje průtočný průřez. Uvolněné částičky kamene pak mohou ucpávat čerpadlo a znečišťují potrubí, aby se tomuto zamezilo, je nutné, aby tvrdost vody nepřesahovala 6 ° německého stupně tvrdosti (obsah 10 mg oxidu vápenatého v 1 l vody) a zároveň jsou do vody přidány inhibitory.[1]



Obr. 2.13 Závislost bodu tuhnutí a varu na koncentraci směsi nemrznoucí kapaliny Antifrogen-N a vody [1]

Pokud navrhujeme solární systém pro celoroční vytápění nebo ohřev TUV, je důležité použít nemrznoucí vodní směsi, syntetické kapaliny s nízkým bodem tuhnutí nebo teplotnosné oleje. Častou nemrznoucí kapalinou u nás bývá Fridex a Friterm, které se namíchají v daném poměru s vodou (poměr pak ovlivňuje teplotu tuhnutí i varu). Pro nemrznoucí směs Antifrogen-F je závislost teploty na koncentraci směsi naznačeno na Obr. 2.13. V našem podnebním pásu nám tedy stačí při nízkých teplotách glykolové směsi, jejichž nevýhoda je jedovatost. Z důvodu zabránění kontaminaci se vyvinuli hygienicky nezávadné kapaliny (Solaren, Solar, Solarten). Smícháním nemrznoucí směsi a vody se snižuje tepelná kapacita kapaliny (např. při koncentraci 20% se tepelná kapacita sníží o 6 %, při 36 % se sníží o 12 %), proto je nutné k této skutečnosti přihlížet při návrhu solárního systému.[1]

2.7 Způsoby provozu solárního systému

Je více možností jak provozovat solární systém z hlediska průtoku teplotnosné látky. Proto se zavádí pojmy high-flow (vysoký průtok), low flow (nízký průtok), drain-back (opakované vyprázdňování kolektorů) či matched-flow (přizpůsobivý průtok).[3]

2.7.1 High – Flow

Průtok teplotnosného média v tomto systému dosahuje cca 40-70 l za hodinu na m^2 kolektorové plochy, tím se dosáhne neoptimalnějších solárních zisků a zvýšení teploty o 8 ° až 12 °C při maximálním ozáření plochy kolektoru. Průtok lze řídit čerpadlovou

skupinou a regulací. Dosažení požadované teploty v zásobníku je pomalé, ale vlivem malého zvýšení teploty je kolektor v počátku nabíjení provozován s velkou účinností. Jelikož se teplota zvyšuje pomalu, je nutné, aby teplotonosné médium oběhlo systémem vícekrát. Při přerušovaném sluneční záření nemusí dojít k požadovanému ohřevu. Tímto způsobem je provozována většina menších solárních zařízení (rodinné domy).[3, 6, 15]

2.7.2 Low – Flow

V tomto způsobu provozu průtok teplotonosné látky dosahuje cca 8 až 15 l za hodinu na m² kolektorové plochy. Hlavními výhodami malého průtoku je vysoké zvýšení teploty kolektoru (až o 50 °C), pokud se tato teplota přenesení do horní části zásobníku, lze rychle odebírat ohřátou vodu na požadované úrovni. K plnému využití této výhody je nutný zásobník s nabíjením ve vrstvách (stratifikacích). Není nutné používat trubky s velkým průřezem – to vede k menším tepelným ztrátám v potrubí a menším materiálovým/cenovým nákladům. Rozdíl oproti koncepci high-flow je v řazení kolektorového pole, kde jsou většinou kolektory řazeny paralelně (větší průtok), tak v případě low-flow je tomu sériově. Nevýhodou je nižší účinnost na úkor vyšší průměrné pracovní teploty (zvýšení účinnosti lze dosáhnout zajištěním co nejnižší vstupní teploty do kolektoru). Tento způsob je téměř bez výjimky aplikován na větší solární systémy.[3, 6, 15]

2.7.3 Matched – Flow

Kombinace výhod systému low-flow a high-flow nám přineslo matched-flow. Spojení výhod obou systémů je však složité (odlišné komponenty, konstrukční části) a tak vyžaduje náročný systém regulace. Průtok je cca 10 až 40 l za hodinu na m² kolektorové plochy. Je zatím málo výrobců nabízející tento způsob provozu.[15]

2.7.4 Drain – Back

Pokud sluneční záření není dostatečně intenzivní k zajištění požadovaného tepla (teplota kolektoru je nižší než teplota ve spodní části zásobníku), pak regulátor odstaví čerpadlo a voda z kolektorů steče do rezervy zásobníku. Po zvýšení teploty v kolektoru regulátor reaguje spuštěním oběhového čerpadla, které startuje v plných otáčkách a tlakem vody je vzduch z kolektorů vypuzen do prostoru rezervy zásobníku. K provozu tohoto systému stačí čistá voda (lze zamezit zamrznutí/přehřátí teplotonosné látky vypnutím čerpadla).[3, 15]

3 Dostupná zařízení pro solární ohřev na trhu

V dnešní době je v tomto technickém odvětví velké množství firem, proto je tato kapitola věnována průzkumu trhu v české republice. V této bakalářské práci jsem se zaměřil pouze na několik větších společností a jejich vybraným výrobkům. Uváděné ceny jsou vč. DPH.

3.1 Regulus, spol. s. r. o.

Česká firma založena roku 1992 v Praze. Základním zájmem jsou alternativní zdroje energie, jejich vývoj, výroba a montáž. Nabízený sortiment je od tepelných čerpadel, přes větrání s rekuperací tepla až po solární systémy. Společnost Regulus nabízí široký výběr komponent, prodávány jednotlivě. Ploché kolektory se nacházejí v cenovém rozpětí 9 500,- až 17 900,- Kč, cena je dána především různou plochou apertury. Trubicové kolektory mají chráněný absorbér pomocí vakua, cenové rozpětí je 14 990,- až 23 990,- Kč, cena se liší různou plochou absorbéru a počtem trubic. Co se týče akumulčních nádrží a zásobníků tepla, je zde obrovský výběr, dle různých kritérií. Akumulační nádrže lze do objemu 2000 l jsou skladem, na zakázku si lze objednat akumulční nádrž až o 100 000 l. Zásobníky lze objednat ve variantě bez výměníků tepla, s jedním nebo dvěma výměníky tepla. Ceny se pohybují v závislosti na objemu zásobníku, kde nejlevnější lze sehnat za zhruba 10 000,- Kč a zásobník vyhovující pro náš projekt za zhruba 25 000,- Kč. Mezi další sortiment patří napouštěcí armatury a solární čerpadlové skupiny s regulátory v cenové relaci 10 – 18 tis. Kč.[16]

3.2 Družstevní závody Dražice – strojírna, spol. s. r. o.

Jedná se o českou firmu existující na trhu už od roku 1956. Základní činností je výroba a následný prodej ohřívačů vody různých provedení. V sortimentu DZ Dražice lze nalézt solární komplety ve dvou variantách (DZD P a DZD S). Tyto varianty se liší použitím různých plochých kolektorů (které však mají podobné vlastnosti), regulační techniky a čerpadlové jednotky. Dále je na výběr ze dvou zásobníků tepla DZD OKC 200 NTRR/SOL a DZD OKC 300 NTRR/SOL, tedy objemem zásobníku 200, respektive 300l. Od objemu zásobníku se odvíjí i počet kolektorů (200 l – 2 kolektory, 300 l – 3 kolektory). Do kompletu patří mimo jiné ještě teplonosná kapalina Thermsol/Thesol, expanzní nádoba a spojovací materiál. Cena varianty DZD P včetně ohřívače vody (300 l) je 96 162,- Kč, DZD S pak 114 244,- Kč.[17]

3.3 Viadrus, a. s.

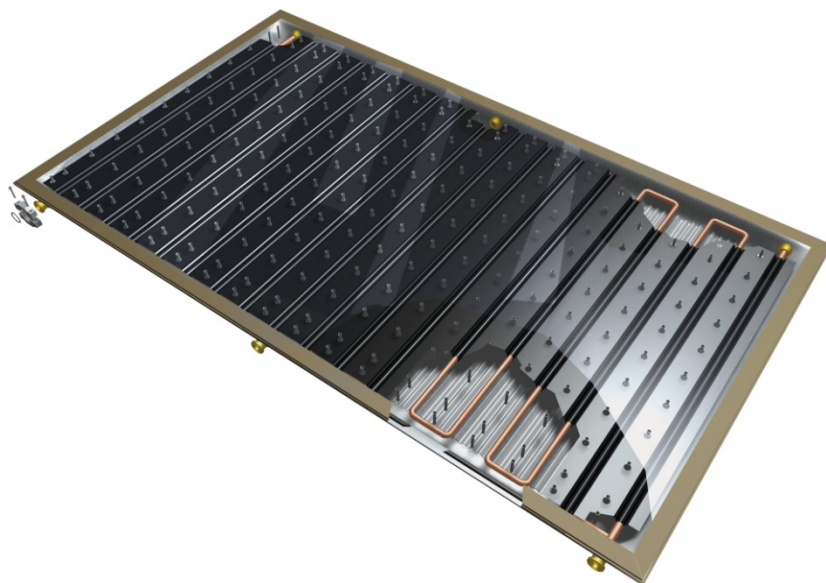
Viadrus je tradičním českým výrobcem tepelné techniky. Hlavním zaměřením jsou plynové kotle, litinové kotle na tuhá paliva a litinové radiátory, novým oborem jsou právě obnovitelné zdroje tepla a jejich využití. Firma Viadrus prodává solární zařízení v celé sestavě v různých variantách. Sestavy se nazývají Space Energy x y (kde x značí objem zásobníku teplé vody a y typ solárního kolektoru). Je možnost dokoupit si příslušenství k solárnímu systému zvlášť. Sestavy jsou rozděleny do tříd podle použití a umístění kolektorů. Například cena solární sestavy pro přitápění a ohřev vody pro šikmou střechu Space Energy 350 V COMBI je 129 984,- Kč.[18]

3.4 VacuSol, spol. s. r. o.

VacuSol je český výrobce solárních kolektorů, konstruuje solární kolektory tak, aby měly co největší účinnost v našich klimatických podmínkách. Firma se zabývá především vakuovými kolektory na principu tepelné trubice s označením VS 10 T nebo na principu koaxiální trubice VS 10 P, cena obou kolektorů 22 264,- Kč. Společnost VacuSol nabízí solární sestavy, např. cena za sestavu pro ohřev TUV se zásobníkem 400 l je 138 545,- Kč. Je možné nechat si udělat individuální návrh pro různé objemy zásobníku.[19]

3.5 THERMO/SOLAR Žiar, spol. s. r. o.

Jedná se o slovenskou firmu vyrábějící vysokovýkonné selektivní kolektory a jejich příslušenství. Jako jediný na světě dokázal vyrobit ploché vakuové kolektory. Vakuový plochý kolektor se má technické označení TS 400.[20]



Obr. 3.1 Plochý vakuový kolektor TS 400 od firmy Thermo/Solar [20]

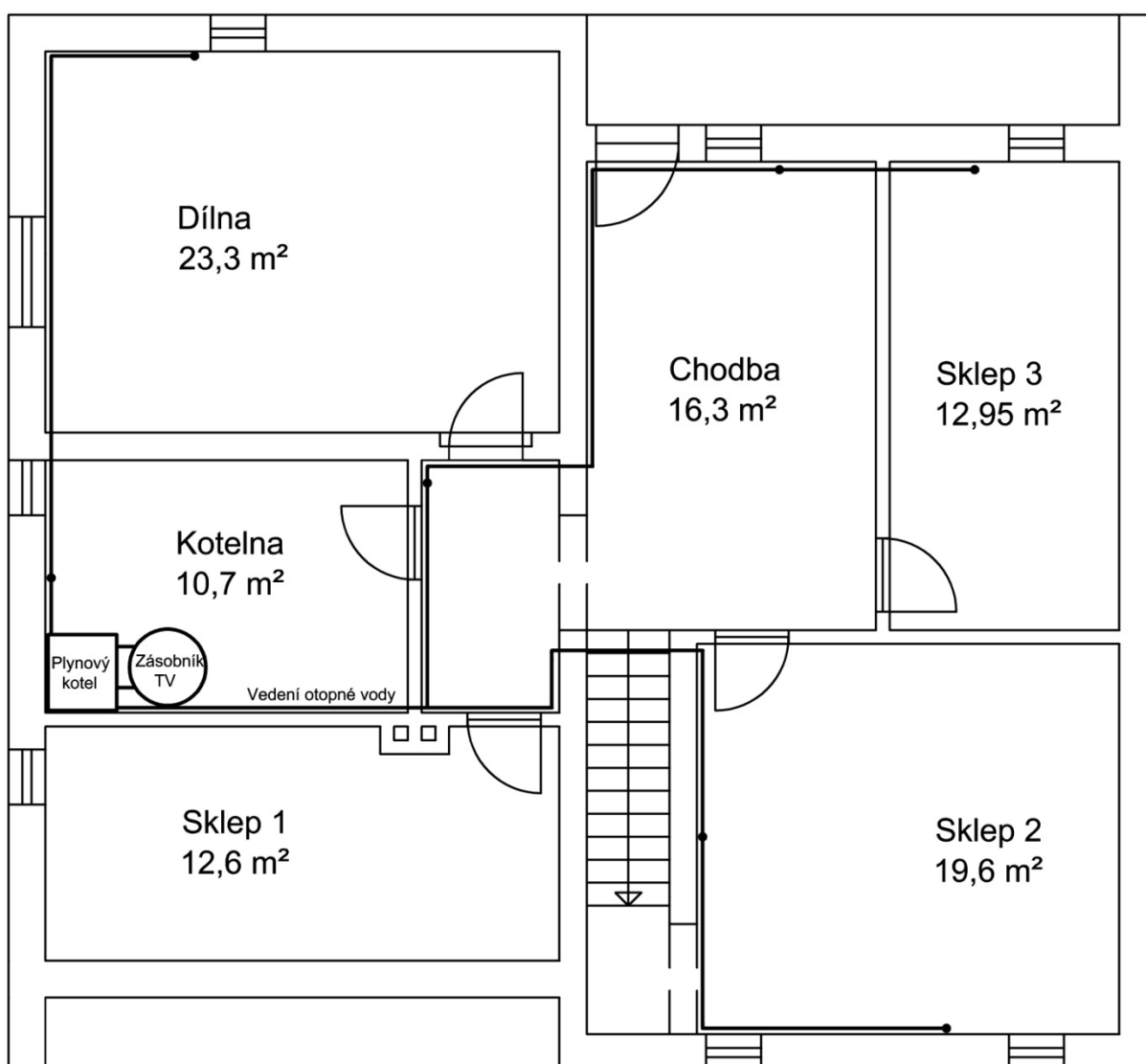
3.6 Vaillant Group Czech, spol. s. r. o.

Vaillant Group Czech je dceřiná společnost německé firmy Vaillant (založena 1874). Od roku 2008 vyrábí ploché solární kolektory. Firma nabízí sestavy pro podporu vyhřívání teplé vody v kombinaci s dalším zdrojem tepla (např. kondenzační stacionární kotel). Sestava Solar Set 2N T/P je vhodná pro ohřev teplé vody a zároveň pro vytápění. Společnost dále nabízí solární systémy pouze pro ohřev vody auroSTEP plus.[21]

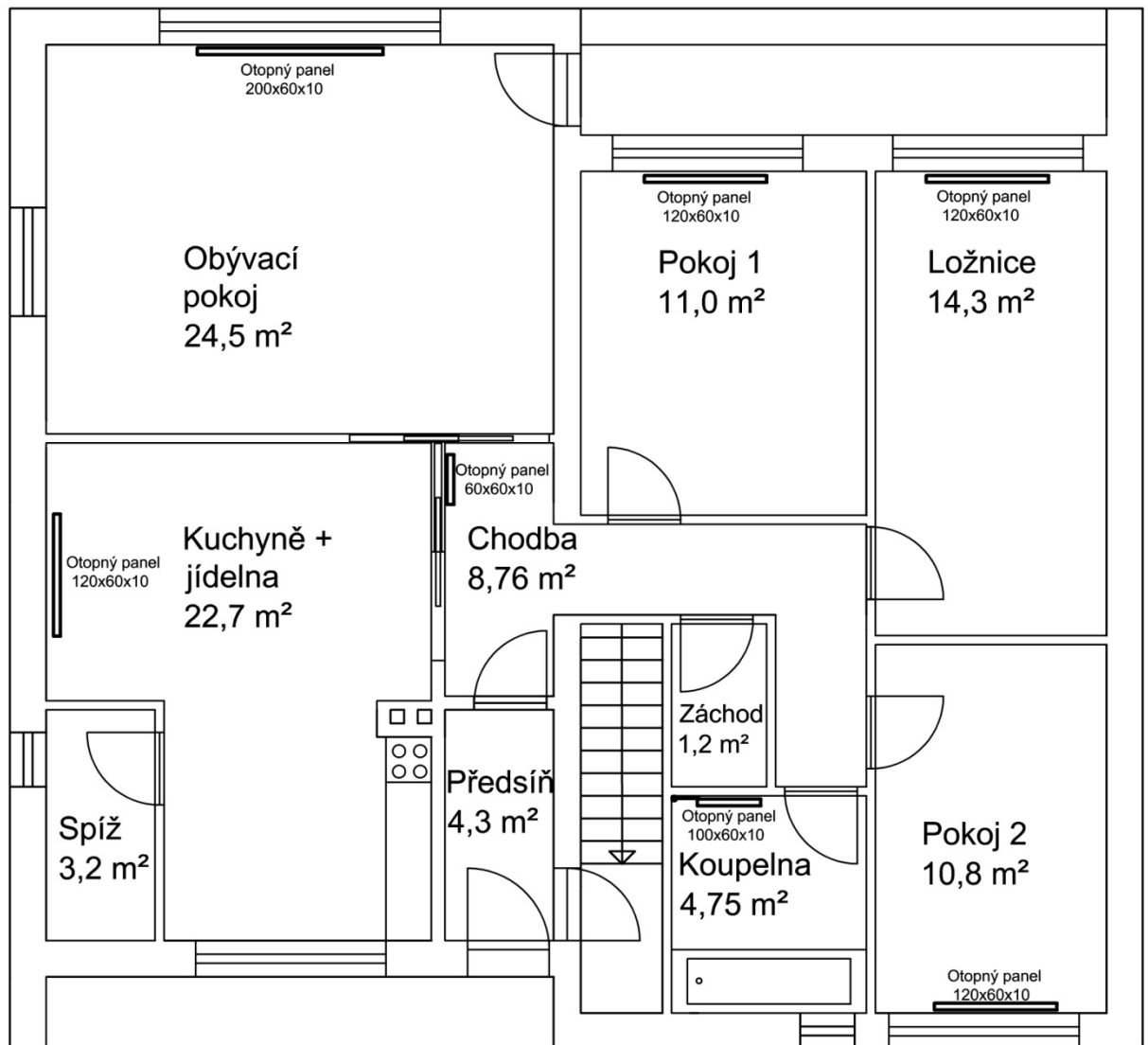
4 Návrh solárního systému pro rodinný dům

4.1 Popis a půdorys objektu

Objektem tohoto projektu je samostatně stojící rodinný dům, který se nachází v severních čechách v obci Dobroměřice. Obec lze nalézt na souřadnicích 50°22'14" severní šířky a 13°47'15" východní délky. Obvodové stěny budovy jsou z dutých cihel o tloušťce 40 cm. Podlaha je tvořena keramickými stropními panely, zateplené polystyrenem tl. 5 cm. Stropy jsou ze stejných panelů, zateplené skelnou vatou tl. 10cm. Vytápěcí plocha je o výměře 97 m² a vytápěcí objem je 263 m³. Střecha objektu má sklon 40 ° na kterou budou nainstalovány solární kolektory. Zásobník teplé vody bude umístěn v suterénu v kotelně.



Obr. 3.1 Půdorys suterénu rodinného domu v Dobroměřicích



Obr. 3.2 Půdorys bytu rodinného domu v Dobroměřicích

4.1.1 Výpočet tepelných ztrát

K výpočtu tepelných ztrát jsem využil „On-line kalkulačky úspor a dotací Zelená úsporám“ z webové stránky tzb-info.cz, k určení součinitelů prostupu tepla jednotlivých stěn, podlah a stropů bylo využito programu „Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci“ rovněž ze stejného portálu.

Tepelné ztráty byli počítané při navrhované venkovní teplotě v zimním období -13 °C (dáno lokalitou). Délkou otopného období je uvažováno 219 dní s průměrnou hodnotou venkovní teploty 3,7 °C.

Navrhovaná teplota interiéru v otopném období je 20 °C. Vytápěcí plocha je o výměře 97 m² a vytápěcí objem má velikost 263 m³. Trvalý tepelný zisk od osob, bytu činí 370 W a solární tepelný zisk dle vyhlášky č. 291/2001 Sb přibližný výsledek 710 kWh/rok.[22]

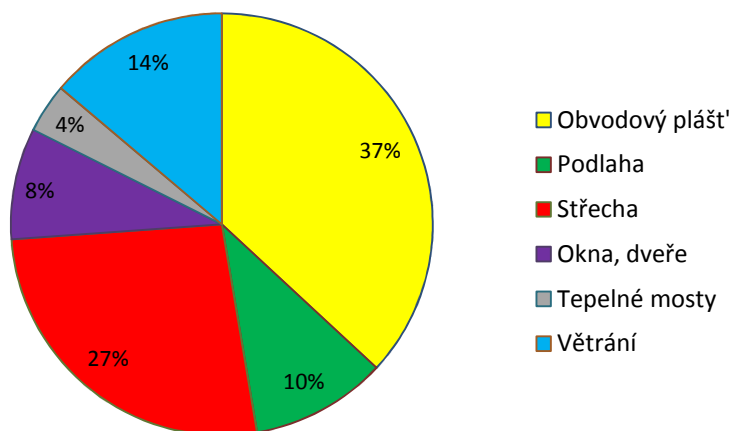
Výsledná tepelná ztráta z tohoto programu byla srovnána s výpočty provedené pro tento objekt profesionály, lišila se pouze v řádu jednotek.

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení d [mm] ? nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-] ?		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1	0,98		46	1,00	1,00	45,1	45,1
Stěna 2	0,98		57,5	1,00	1,00	56,4	56,4
Podlaha na terénu				0,40	0,40	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep je celý pod terénem)				0,45	0,45	0	0
Podlaha nad sklepem (sklep částečně nad terénem)	0,42		105	0,65	0,65	28,7	28,7
Střecha	0,25		187,7	1,00	1,00	46,9	46,9
Strop pod půdou	0,31		105	0,80	0,95	26	30,9
Okna - typ 1	1,00		16,45	1,00	1,00	16,5	16,5
Okna - typ 2				1,00	1,00	0	0
Vstupní dveře	3,5		2	1,00	1,00	7	7
Jiná konstrukce - typ 1		?		1,00	1,00	0	0
Jiná konstrukce - typ 2		?		1,00	1,00	0	0

Obr. 3.3 Program pro výpočet tepelných ztrát v navrhovaném objektu [22]

Typ konstrukce (větrání)	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	3347
Podlaha	946
Střecha	2408
Okna, dveře	774
Tepelné mosty	343
Větrání	1254
Celkem	9072

Tab. 3.1 Výsledné tepelné ztráty objektu [22]



Graf. 3.1 Grafické znázornění poměru tepelných ztrát v navrhované budově [22]

4.1.2 Solární potenciál v okolí objektu

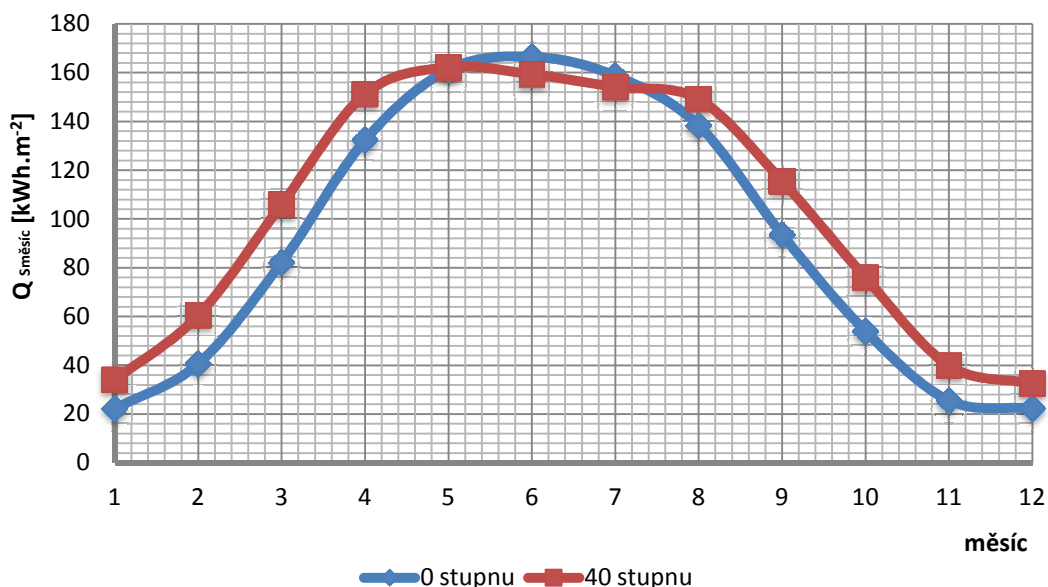
K určení solárního potenciálu byl využit program „PVGis“ z portálu [23].

Měsíc	$Q_{Sden} [Wh.m^{-2}]$	$Q_{Sden} \text{ sklon } 40^\circ [Wh.m^{-2}]$	$Q_{Směsíc} 40^\circ [kWh.m^{-2}]$
Leden	715	1100	34,10
Únor	1450	2160	60,48
Březen	2650	3420	106,02
Duben	4410	5040	151,20
Květen	5200	5230	162,13
Červen	5550	5310	159,30
Červenec	5120	4970	154,07
Srpen	4460	4810	149,11
Září	3120	3850	115,50
Říjen	1740	2450	75,95
Listopad	851	1330	39,90
Prosinec	719	1050	32,55

Tab. 3.2 Množství energie dopadající na zemský povrch, střechu objektu a měsíční úhrn[23]

Roční úhrn energie lze stanovit ze vztahu:

$$Q_{Srok} = \sum Q_{Směsíc} = 1240,31 kWh \cdot m^{-2} \quad (3.1)$$



Graf. 3.2 Grafické znázornění množství energie dopadající na zemský povrch a střechu budovy v celém roce [23]

4.2 Volba kolektorů

Pro návrh byly zvoleny dva typy kolektorů:

Kolektor **KPC1 H+** od firmy Regulus o rozměrech 1030x2030x92 mm, hmotnosti 42 kg má plochu absorpčního 1,92 m² a zasklení zhotovené z kaleného prizmatického skla o tloušťce 4 mm. Absorbér je tvořen hliníkem o tloušťce 0,5 mm s lyrovou laserově svařovanou konstrukcí. Trubky uvnitř absorpčního jsou z mědi o průměru 8 mm. Teplonosnou kapalinou je propylenglykol o objemu 2,04 l. Zadní strana kolektoru je izolována minerálními vlnou o tloušťce 40 mm. Rám je zhotoven z hliníkové slitiny. Udávaná okamžitá účinnost absorpčního je 80%.

Vakuový kolektor **KTU 15** od firmy Regulus o rozměrech 1930x1350x141 mm, hmotnosti 60 kg má plochu absorpčního 1,22 m². Zasklení 15 trubek je zhotovené z borosilikátového skla o tloušťce 1,8 mm, jehož propustnost je 92%. Absorbér je trubicového typu s vakuovou tepelnou izolací. Trubky uvnitř absorpčního jsou z mědi o průměru 8 mm. Teplonosnou kapalinou je monopropylenglykol o objemu 2,4 l. Izolace sběrných trubek minerálními vatou o tloušťce 20 mm. Rám je zhotoven z hliníkové slitiny. Udávaná okamžitá účinnost absorpčního je 95%. [16]

4.2.1 Účinnost kolektorů

Pro určení velikosti plochy na střeše obsazenou solárními kolektory je nutné znát jejich účinnost v jednotlivých měsících. Lze ji určit ze vztahu:

$$\eta_A = \frac{q_A}{q_S} = \eta_0 - a_1 \frac{(t_A - t_V)}{I_{Stř}} - a_2 \frac{(t_A - t_V)^2}{I_{Stř}}, \quad (3.2)$$

kde η_0 je optická účinnost kolektoru při nulových ztrátách,

a_1 – lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru (W.m⁻².K⁻¹),

a_2 – kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru (W.m⁻².K⁻¹),

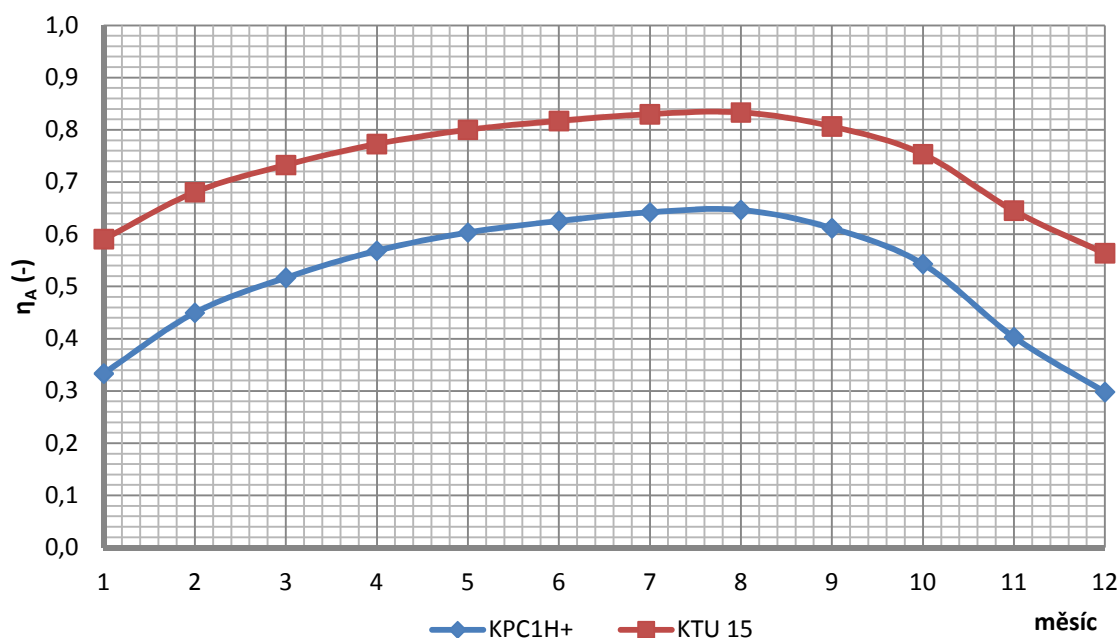
t_A - střední teplota absorpční plochy,

t_V - teplota okolního vzduchu (získána pomocí softwaru „PVGis“),

$I_{Stř}$ – intenzita slunečního ozáření (W.m⁻²). [14]

Měsíc	η_A pro KPC1H+	η_A pro KTU 15
Leden	0,33	0,59
Únor	0,45	0,68
Březen	0,52	0,73
Duben	0,57	0,77
Květen	0,60	0,80
Červen	0,63	0,82
Červenec	0,64	0,83
Srpen	0,65	0,83
Září	0,61	0,81
Říjen	0,54	0,75
Listopad	0,40	0,65
Prosinec	0,30	0,56

Tab. 3.3 Účinnost dvou typů kolektorů v jednotlivých měsících



Graf 3.3 Grafické porovnání kolektorů KPC1H+ a KTU 15 v jednotlivých měsících

4.2.2 Energie zachycená absorbérem

Jelikož už známe účinnost kolektorů v jednotlivých měsících a solární potenciál v okolí objektu, můžeme určit, kolik energie dokážeme využít z jednoduchého vztahu:

$$Q_A = \eta_A \cdot Q_S, \quad (3.3)$$

kde η_A je účinnost kolektoru,

Q_S – množství dopadající energie na plochu kolektorů.[1]

Měsíc	$Q_{\text{Aden}} \text{ (KPC1H+)}$ [kWh.m ⁻²]	$Q_{\text{Aden}} \text{ (KTU 15)}$ [kWh.m ⁻²]	$Q_{\text{Aměsíc}} \text{ (KPC1H+)}$ [kWh.m ⁻²]	$Q_{\text{Aměsíc}} \text{ (KTU 15)}$ [kWh.m ⁻²]
Leden	0,37	0,65	11,37	20,14
Únor	0,97	1,47	30,10	45,57
Březen	1,77	2,51	54,79	77,66
Duben	2,86	3,89	88,81	120,73
Květen	3,16	4,18	97,83	129,69
Červen	3,32	4,34	102,96	134,49
Červenec	3,19	4,12	98,91	127,84
Srpen	3,11	4,01	96,41	124,25
Září	2,35	3,10	73,00	96,23
Říjen	1,33	1,85	41,25	57,23
Listopad	0,54	0,86	16,62	26,60
Prosinec	0,31	0,59	9,70	18,35
Celkem:	23,28	31,57	721,75	978,78

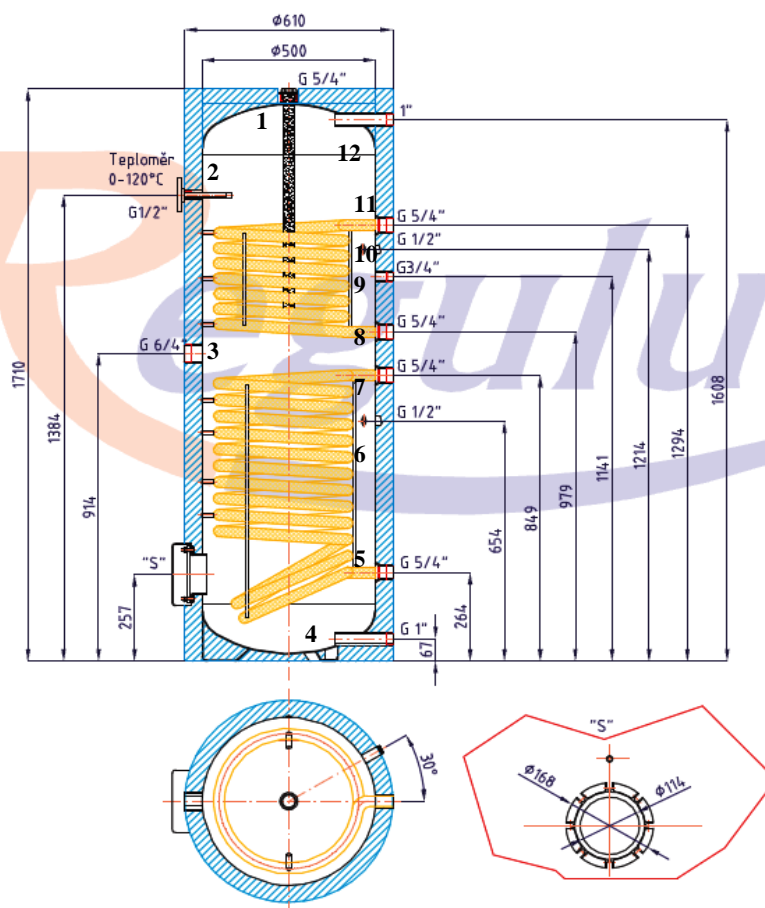
Tab. 3.4 Množství zachycené energie kolektory v jednotlivých měsících

4.3 Volba zásobníkového ohřivače

Zvoleným zásobníkem pro rodinný dům je R2BC 300 od firmy Regulus, jeho konstrukce umožňuje připojení elektrického topného tělesa v úrovni nad solárním výměníkem. Výška dosahuje 1,71 m a průměr 0,5 m bez izolace. Vnitřní povrch je dvojitě smaltovaný, plocha výměníků tepla je navržena pro optimální přenos energie z kolektorů. Náš typ o objemu 300 l má dva topné hady (tepelné výměníky) s možností přidání elektrického topného tělesa do příruby bočního kontrolního otvoru. Plocha S_1 horního topného hada je 0,9 m² a spodního S_2 1,5 m². Ve vrchní části zásobníku se nachází magnesiiová anoda jako ochrana proti usazování vodního kamene. V ceně zásobníku je polyuretanová izolace o tloušťce 50 mm.[16]

Celkový objem kapalin v zásobníku včetně výměníků	300 l
objem kapaliny v zásobníku	284 l
Objem kapaliny v horním výměníku	5,6 l
Objem kapaliny v dolním výměníku	9,5 l
Plocha horního výměníku	0,9 m ²
Plocha dolního výměníku	1,5 m ²
Maximální provozní teplota v zásobníku	95 °C
Maximální provozní teplota ve výměníku	110 °C
Maximální provozní tlak v zásobníku	10 bar
Maximální provozní tlak ve výměníku	10 bar
Příprava TV z 10 °C na 45 °C při teplotě ot. vody 60 °C - horní výměník	760 l/h (31,3kW)
Příprava TV z 10 °C na 45 °C při teplotě ot. vody 60 °C - dolní výměník	1280 l/h (65,8 kW)
Hmotnost prázdného zásobníku	124 kg

Tab. 3.5 Parametry zásobníku R2BC 300 [16]



Obr. 3.4 Řez zásobníkem vody R2BC 300 [16]

V horní části zásobníku se nachází magnesiová anoda (1), v nižší úrovni se nachází teploměr (2). Ve středu výšky zásobníku je možnost připojení elektrického topného tělesa (3). V nejspodnější části je přívod studené vody (4). Spodní výměník tepla patří solárnímu okruhu, kde spodní vývod (5) je výstup do solárního systému a horní (7) slouží k přivedení ohřáté teplotné kapaliny do tepelného výměníku, mezi těmito dvěma vývody se nachází termostat (6). Horní výměník v našem případě slouží k ohřívání vody v zásobníku pomocí plynového kotle, kde horní vývod (11) je přívod a spodní (8) je zpátečka do plynového kotle, mezi nimi je opět termostat (9). V úrovni horního výměníku se nachází cirkulace (10), v nejvyšší pak výstup teplé vody (12).[16]

4.3.1 Návrh počtu solárních kolektorů

Abychom mohli určit počet kolektorů, musíme znát, jaká je spotřeba energie na ohřátí zásobníku na určitou teplotu, tu lze určit ze vztahu:

$$Q_{spotř} = c_w \rho_w O (t_2 - t_1) = 4200 \cdot 995,6 \cdot 0,3 \cdot (50 - 10) = 13,94 \text{ kWh}, \quad (3.4)$$

kde $Q_{spotř}$ je potřebná energie za den (kWh),

c_w – měrná tepelná kapacita vody ($4200 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),

ρ_w – hustota vody při střední teplotě ($995,6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$),

O – objem zásobníku vody (300 l),

t_1 – počáteční teplota vody ($10 \text{ }^\circ\text{C}$),

t_2 – výsledná teplota vody ($50 \text{ }^\circ\text{C}$). [1]

V tomto projektu počítáme s celoročním provozem solárního zařízení. Ovšem pokud bychom navrhovali pokrytí celé spotřeby např. pro prosinec, bylo by nutné instalovat na střechu značně velké plochy kolektorů, což je investičně velice nákladné. Stejně tak by byl ohromný přebytek v letním období (neuvažujeme o velké akumulaci nádobě). Proto si zvolíme z období duben až září měsíc s nejnejpříznivějšími podmínkami (v našem případě září). Uvažujeme tlakovou ztrátu v potrubí (10%), proto jí připočteme k celkové spotřebě. Nyní můžeme dosadit hodnoty do vztahu:

$$S_A = \frac{(1+p)Q_{\text{spotř}}}{Q_A} = \frac{(1+0,1) \cdot 13,94}{2,35} = 6,51 \text{ m}^2 \quad (3.5)$$

KPC1H+ má plochu absorberu $1,92 \text{ m}^2 \Rightarrow 3$ kolektory na střechu.

KTU 15 má plochu absorberu $1,22 \text{ m}^2 \Rightarrow 4$ kolektorů na střechu.

4.3.2 Tepelná bilance

Tepelnou bilancí se rozumí rozdíl mezi získanou energií solárním systémem a energií potřebnou na výrobu teplé vody nebo vytápění. Jednotlivé bilance jsou znázorněny přehledně v tabulkách, kde kladná hodnota rozdílu $S_A Q_A - Q_{\text{spotř}}$ znamená přebytek energie, záporná pak nedostatek – a tedy nutný přídatný zdroj tepla k pokrytí potřebné energie.

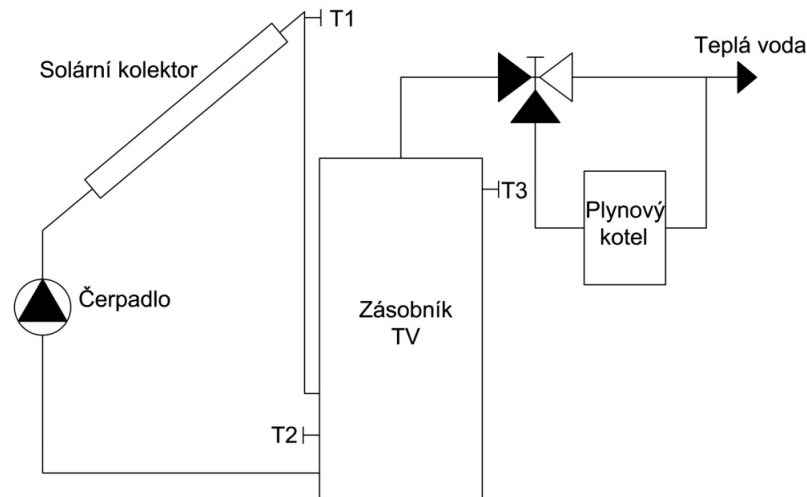
Měsíc	Pro průměrný den v měsíci				
	$S_A Q_A$ (kWh) KPC1H+	$S_A Q_A$ (kWh) KTU 15	$Q_{\text{spotř}}$ (kWh)	$S_A Q_A - Q_{\text{spotř}}$ (kWh) KPC1H+	$S_A Q_A - Q_{\text{spotř}}$ (kWh) KTU 15
Leden	2,11	3,17	13,94	-11,83	-10,77
Únor	5,59	7,17	13,94	-8,35	-6,77
Březen	10,18	12,23	13,94	-3,76	-1,71
Duben	16,50	19,01	13,94	2,56	5,07
Květen	18,18	20,42	13,94	4,24	6,48
Červen	19,13	21,17	13,94	5,19	7,23
Červenec	18,38	20,12	13,94	4,44	6,18
Srpen	17,91	19,56	13,94	3,97	5,62
Září	13,56	15,15	13,94	-0,38	1,21
Říjen	7,66	9,01	13,94	-6,28	-4,93
Listopad	3,09	4,19	13,94	-10,85	-9,75
Prosinec	1,80	2,89	13,94	-12,14	-11,05

Měsíc	Pro celý měsíc				
	S_{AQ_A} (kWh) KPC1H+	S_{AQ_A} (kWh) KTU 15	$Q_{spotř}$ (kWh)	$S_{AQ_A} - Q_{spotř}$ (kWh) KPC1H+	$S_{AQ_A} - Q_{spotř}$ (kWh) KTU 15
Leden	65,49	98,29	432,12	-366,64	-333,83
Únor	173,39	222,37	390,31	-216,91	-167,94
Březen	315,56	378,99	432,12	-116,56	-53,13
Duben	511,56	589,17	418,19	93,38	170,99
Květen	563,48	632,91	432,12	131,35	200,78
Červen	593,06	656,31	418,19	174,87	238,13
Červenec	569,72	623,84	432,12	137,60	191,72
Srpen	555,35	606,33	432,12	123,22	174,20
Září	420,50	469,62	418,19	2,32	51,43
Říjen	237,60	279,27	432,12	-194,52	-152,86
Listopad	95,72	129,82	418,19	-322,46	-288,37
Prosinec	55,86	89,53	432,12	-376,26	-342,60

Tab. 3.5 a 3.6 Tepelná bilance pro průměrné dny v měsíci, respektive pro celé měsíce

4.4 Volba čerpadlové skupiny s regulátorem

Čerpadlo je nedílná součást každého solárního systému. Pro náš objekt jsem zvolil čerpadlovou skupinu S1 SRS3 s čerpadlem Wilo ST a se zabudovaným regulátorem SRS3 od firmy Regulus. Provedení je jednotrubkové s možností regulace dvou kolektorových polí. Součástí čerpadlové skupiny jsou tři čidla pro měření teploty (umístěné na výstupu kolektoru, ve spodní části a horní části zásobníku teplé vody). Dále čerpadlová skupina obsahuje tlakoměr, ventily, průtokoměr s regulací průtoku a výstup pro připojení expanzní nádoby. Oběhové čerpadlo je třírychlostní s možnou manuální regulací. Průtok teplotnosné kapaliny se reguluje pomocí třicestného kulového ventilu, zde se zároveň provádí napouštění a vypouštění kolektorového okruhu. Regulátor je napájen 230 VAC a má spotřebu 1,5 – 2,3 W. Displej má grafické provedení 128 x 128 bodů a ovládání je provedeno pomocí 4 tlačítek. Regulátor je vybaven hysterézí, aby se zabránilo častému spínání a třemi teplotními čidly (viz Obr. 3.5).[16]



Obr. 3.5 Schéma regulace solárního systému [16]

4.5 Expanzní nádoba

K vyrovnání změn objemu teplotnosné kapaliny způsobené změnami teploty se používají expanzní nádoby, které udržují přetlak v solárním okruhu v daném rozmezí. Expanzní nádoba má pracovní rozsah v rozmezí $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Měla by být schopna uschovat celý objem kapaliny v kolektorovém okruhu v případě stagnace. V systémech s nuceným oběhem jsou tlakové expanzní nádoby vybaveny membránou odolnou proti propylen-glykolovým kapalinám. V případě varu teplotnosného média se pára nesmí dostat do styku s membránou expanzní nádoby. Pro variantu s kolektory KPC1 H+ jsem zvolil expanzní nádobu R8 018 firmy Regulus o objemu 18 l a hmotnosti 4,7 kg. Volba byla provedena dle doporučené tabulky od výrobce. Maximální provozní tlak expanzní nádoby je 6 bar. Varianta s kolektory KTU 15 vyžaduje větší expanzní nádobu R8 025, která má objem 25 l a její maximální provozní tlak činí 6 bar.[16]

5 Zhodnocení navrhovaného systému

Abychom mohli určit, zda budeme schopni ušetřit, či za jak dlouho se nám vložená investice vrátí, je nutno udělat ekonomickou a energetickou bilanci. V projektu se uvažuje o dvou typech kolektorů (plochý s menší účinností – Varianta A, ovšem výrazně levnější než modernější vakuový – Varianta B, který dosahuje relativně vysokých hodnot účinnosti i v zimním období). Právě tyto zhodnocení by nám měly napovědět jaká varianta by byla vhodnější.

5.1 Ekonomické zhodnocení

5.1.1 Investiční náklady

Pro ekonomické zhodnocení bylo potřeba nejprve určit investiční náklady jednotlivých variant. Z tabulek lze usoudit, že největší investiční náklady jsou právě na solární kolektory, první varianta je v tomto hledisku dokonce o více než polovinu levnější než druhá. Další významnou investicí je zásobník teplé vody a čerpadlové skupiny s integrovaným regulátorem.

Položka (Varianta A)	množství	cena za 1 ks	celková cena bez DPH
Kolektor KPC1 H+	3	9860	29 580 Kč
Zásobník R2BC 400	1	22700	22 700 Kč
Čerpadlová skupina s regulátorem S1 SRS3	1	10990	10 990 Kč
Expanzní nádoba R8 018	1	1090	1 090 Kč
Sada pro uchycení a propojení 2 kolektorů KPC1 H+	1	3140	3 140 Kč
Rozšiřující sada pro KPC1 H+	1	1930	1 930 Kč
Trubka Cu 18	18 m	141	2 538 Kč
Izolace potrubí Kaiflex	16 m	85	1 530 Kč
Izolace potrubí Aeroflex	4 m	118	472 Kč
Nemrznoucí kapalina Solarten Super, 25 l	1	1850	1 850 Kč
Odvzdušňovací ventil solární	1	629	629 Kč
Separátor vzduchu	1	514	514 Kč
Celkem za materiál vč. DPH			93 125 Kč

Tab. 5.1 Investiční náklady pro variantu A s plochými kolektory KPC1 H+

Položka (Varianta B)	množství	cena za 1 ks	celková cena bez DPH
Kolektor KTU 15	4	19990	79 960 Kč
Zásobník R2BC 300	1	22700	22 700 Kč
Čerpadlová skupina s regulátorem S1 SRS3	1	10990	10 990 Kč
Expanzní nádoba R8 025	1	1220	1 220 Kč
Sada pro uchycení a propojení 4 kolektorů KTU 15	1	5380	5 380 Kč
Trubka Cu 18	18 m	122	2 196 Kč
Izolace potrubí Kaiflex	16 m	85	1 530 Kč
Izolace potrubí Aeroflex	4 m	118	472 Kč
Nemrznoucí kapalina Solarten Super, 25 l	1	1850	1 850 Kč
Odvzdušňovací ventil solární	1	629	629 Kč
Separátor vzduchu	1	514	514 Kč
Celkem za materiál vč. DPH			154 204 Kč

Tab. 5.2 Investiční náklady pro variantu B s vakuovými kolektory KTU 15

Abychom mohli získat dotaci Zelená úsporám 2014 je nutné splnit podmínky v Tab.5.3, kterým obě dvě varianty vyhověly. Je tedy možné požádat si o státní dotaci 50 000,- Kč.

Sledovaný parametr	podmínka	KPC1 H+	KTU 15
celkový využitelný zisk solární soustavy [kWh.rok ⁻¹]	1500	4157	4776
měrný využitelný zisk solární soustavy [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	280	721,70	852,85
instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztáženém k celkové ploše apertury [l.m ⁻²]	50	52,08	53,57

Tab. 5.3 Podmínky pro získání dotace Zelená úsporám

Investiční náklady bez uplatnění státní dotace	93 125 Kč
Investiční náklady s dotací Zelená úsporám (50 000,- Kč)	43 125 Kč

Tab. 5.4 Investiční náklady pro variantu A s plochými kolektory KPC1 H+

Investiční náklady bez uplatnění státní dotace	154 204 Kč
Investiční náklady s dotací Zelená úsporám (50 000,- Kč)	104 204 Kč

Tab. 5.5 Investiční náklady pro variantu B s vakuovými kolektory KTU 15

5.1.2 Návrh investice

Pro učení návratnosti je nutné určit životnost navrženého solárního zařízení a jeho komponent a jeho roční provozní náklady. Firma Regulus uvádí, že životnost jejich solárních komponent dosahuje až 25 let. Průměrná roční spotřeba elektřiny čerpadlovou jednotkou a regulátorem je v hodnotě částky 700,- Kč. Servisní náklady se odhadují na 1000 Kč za rok.

K výpočtu prosté doby návratnosti se neuvažuje předpokládaný růst cen za energie. V současné době se k ohřevu vody v zásobníku využívá energie od společnosti ČEZ (cena 3,6,- Kč za 1 kWh). Doba návratnosti je dána vztahem:

$$\tau_P = \frac{IN}{RU}, \quad (5.1)$$

Kde τ_P je prostá doba návratnosti,

IN – investiční náklady na solární soustavu (připočteny i provozní náklady),

RU – roční úspora instalací solární soustavy (Varianta A – 12420,- Kč, Varianta B - 13356,- Kč).[24]

	varianta A	varianta B
Prostá doba návratnosti bez dotace	10,9 let	14,7 let
Prostá doba návratnosti s dotací	6,9 let	11 let

Tab. 5.6 Návratnost investice

5.2 Energetické zhodnocení

Potřeba energie pro ohřev teplé užitkové vody je 8,1 MWh/rok a pro vytápění 21,1 MWh/rok. Varianta A má solární využitelný zisk 3,45 MWh/rok a Varianta B 3,71 MWh/rok. Solární systém ohřívá vodu v zásobníku a zároveň slouží k přitápění (okruh otopné vody prochází zásobníkem TUV). Z toho vyplývá, že náš navržený solární systém nám sníží výdaje za energie v rozmezí 12000 – 14000 Kč za rok v závislosti na ceně za energie. Pokud bychom požadovali snížit podstatnou část potřebné energie pro vytápění, bylo by nutné instalovat mnohonásobně větší plochu.

Solární systém	Potřebná energie na vytápění a ohřev TUV	Využitelný solární zisk	Výsledná potřeba energie na vytápění a ohřev TUV
Varianta A	29,2 MWh	3,45 MWh	25,75 MWh
Varianta B	29,2 MWh	3,71 MWh	25,49 MWh

Tab. 5.7 Energetická úspora solárním systémem

Druh paliva (výhřevnost/tarif)	Cena paliva v Kč	Spalovací zařízení	Cena tepla Kč/kWh	Spotřeba paliva za rok	Náklady na vytápění za rok
Hnědé uhlí (18 MJ/kg)	3,55 /kg	klasický kotel na uhlí (55 %)	1,3	10616 kg	37687 Kč
Černé uhlí (23,1 MJ/kg)	5,1 /kg	klasický kotel na uhlí (55 %)	1,5	8272 kg	39821 Kč
Dřevo (14,6 MJ/kg)	3 /kg	Kotel na zplyňování dřeva (75 %)	1	9598 kg	28795 Kč
Štěpka (12,5 MJ/kg)	2,5 /kg	Kotel na štěpku (80 %)	0,9	10510 kg	26275 Kč
Zemní plyn (37,82 MJ/m ³)	1,24 /kg	Kotel běžný (89%)	1,7	36419 kWh	48850 Kč
Elektrina - tarif D25d	1,88 /kWh	Akumulační nádrž (93 %)	2,1	31392 kWh	61378 Kč
Elektrina - přímotop D45d	2,29 /kWh	Přímotopné panely (98 %)	2,5	29790 kWh	73485 Kč
Tepelné čerpadlo	2,29 /kWh	COP 3	0,9	9731 kWh	26531 Kč

Tab. 5.8 Srovnání nákladů na vytápění a ohřev TUV různými zdroji tepla [25]

Závěr

V této bakalářské práci byla představena možnost vytápění a ohřev TUV v budovách solárními systémy. V teoretické části je vysvětlena podstata slunečního záření, vliv tohoto záření na klimatické podmínky na Zemi a jeho složky. V dalším textu byly popsány možnosti využití této energie a následně popis důležitých komponent především pro funkci celého solárního systému pro vytápění.

Hlavním cílem bakalářské práce byl návrh solárního systému pro vytápění a ohřev TUV. Jaký solární zisk bude mít instalované solární zařízení velmi závisí na zeměpisné poloze (solárním potenciálu v okolí objektu). Dalším důležitým kritériem pro určení solárního zisku je účinnost solárních kolektorů. V tomto projektu jsem porovnával dva typy kolektorů od stejné firmy. Jedná se o plochý (varianta A), respektive vakuový trubicový kolektor (varianta B). Dle teoretických předpokladů měl vakuový kolektor podstatně vyšší účinnost v jednotlivých měsících než plochý. Dále byl zvolen počet instalovaných kolektorů s ohledem na tepelnou bilanci (snahou bylo, aby nebyly velké přebytky solární energie v letním období, což by vyústovalo k přehřátí kolektorového okruhu = poškození). Dosavadní vytápění v budově je realizováno pomocí plynového kotle a TUV je ohřívána mimo ve vlastním zásobníku. Proto byl zvolen větší zásobník tepla s dvěma výměníky (spodní pro solární okruh a horní slouží pro plynový kotel a otopný okruh).

Návratnost investice instalovaného zařízení silně ovlivňuje, zda bude přidělena státní dotace, přičemž návratnost varianty A bez dotace je téměř 11 let a varianty B 14,7 let (životnost udávaná výrobcem je 25 let). S dotací Zelená úsporám se tato doba podstatně zkrátí o 4 roky u varianty A a o 4,7 let u varianty B.

Tento navržený systém je schopný ušetřit až 14 000,- Kč za rok. Pro tento objekt by se větší solární systém nevyplatil, neboť by měl velké solární přebytky, které by nebylo možno využít (pokud majitel neuvažuje o akumulční nádrži o velkém objemu). Z těchto a dalších důvodů je vhodnější zvolit variantu A – tedy solární systém s levnějšími plochými kolektory, které pokryjí ohřev TUV v letním období a sníží výdaje za zemní plyn v otopném období. Tento systém však není schopný samostatně dodávat potřebnou tepelnou energii pro navrhovanou budovu.

Seznam literatury a informačních zdrojů

Knihy:

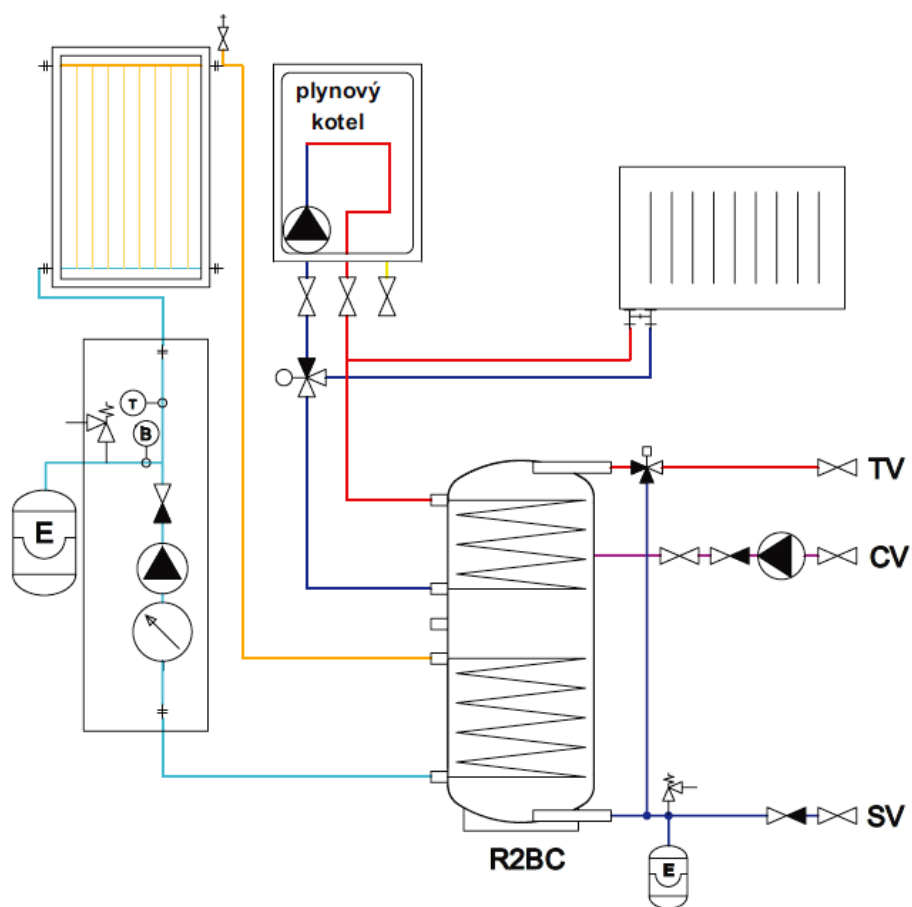
- [1] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. Vydání 1., Praha : T. Malina, 1994. 208 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [2] MURTINGER, Karel. *Solární energie pro váš dům*. Vydání 1., ERA group, Brno, 2005. 98 s. ISBN 80-7366-029-6
- [3] BROŽ, Karel. *Alternativní zdroje energie*. Skripta, Vydavatelství ČVUT, Praha, 2003. 213 s. ISBN 80-01-02802
- [4] CIHELKA, Jaromír. *Sluneční vytápěcí systémy*. Vydání 1., Praha : T. Malina, 1984. 208 s. ISBN 04-236-84.
- [5] FILLEUX, Charles. *Solární teplovzdušné vytápění*. Vydání 1., Nakladatelství HEL, Ostrava, 2006. 176 s. ISBN 80-86167-28-3
- [6] LADENER, Heinz. *Solární zařízení*. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 267 s. ISBN 80-247-0362-9.

Online:

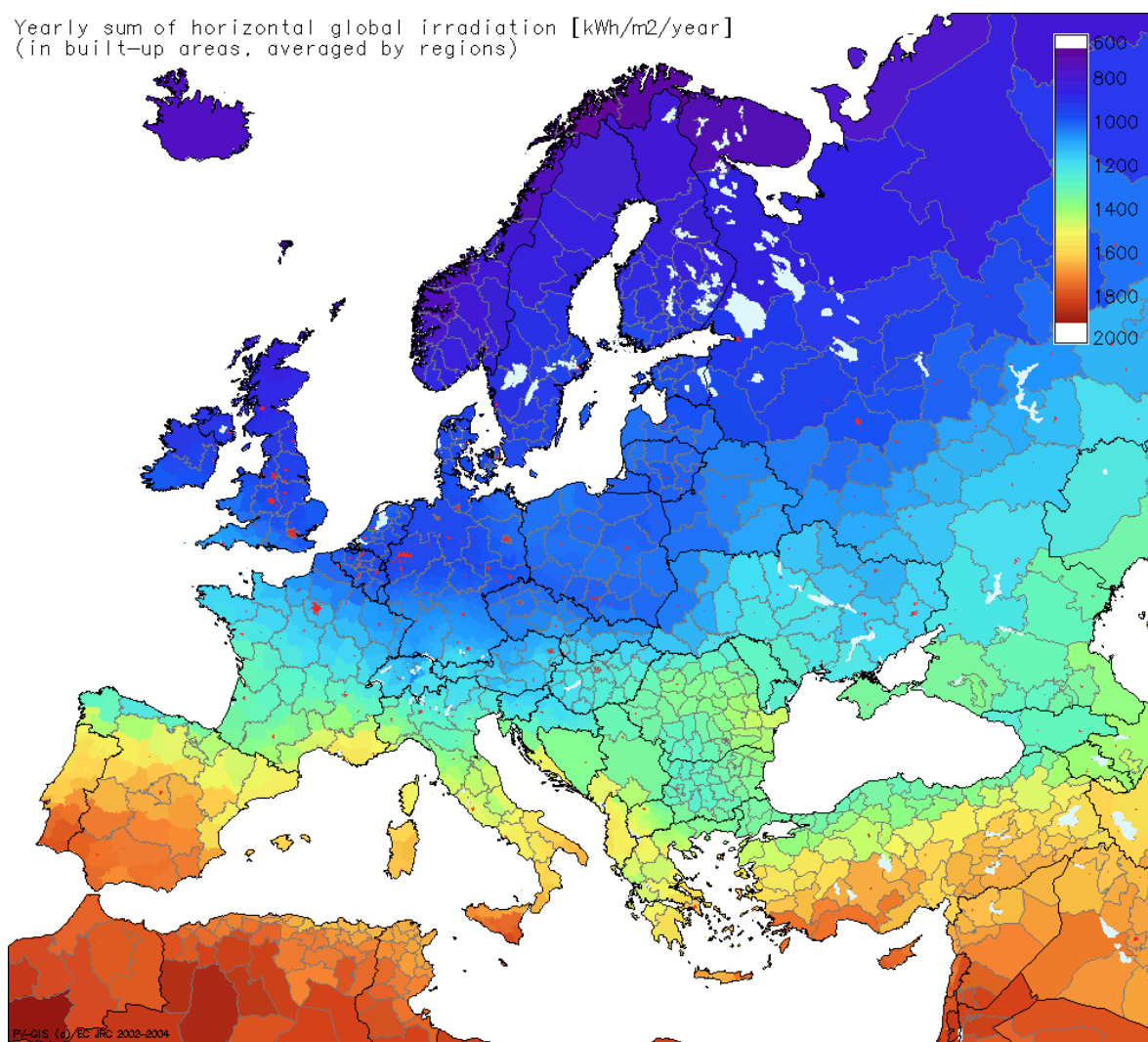
- [7] Solární panely [online]. [cit: 01-6-2014], dostupné z WWW:<<http://www.micronix.cz/solarix/zakladni-informace/solarni-panely>>
- [8] Energie slunečního záření [online]. [cit: 10-3-2014], dostupné z WWW:<<http://www.isofenenergy.cz/fotovoltaika.aspx>>
- [9] Sluneční energie [online]. [cit: 12-3-2014], dostupné z WWW:<cs.wikipedia.org/wiki/Sluneční_energie>
- [10] Fotovoltaika [online]. [cit: 23-5-2014], dostupné z WWW:<cez.cz/edee/>
- [11] Solární systémy [online]. [cit: 16-4-2014], dostupné z WWW:<factorsolar.cz>
- [12] Solární ohřev vody [online]. [cit: 16-4-2014], dostupné z WWW:<solarni-system.eu/ohrev-vody>
- [13] Typy solárních kolektorů [online]. [cit: 08-4-2014], dostupné z WWW:<oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>
- [14] Účinnost solárního kolektoru [online]. [cit: 10-4-2014], dostupné z WWW:<oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/ucinnost-solarniho-kolektoru>
- [15] Typy solárních kolektorů [online]. [cit: 15-4-2014], dostupné z WWW:<oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/typy-solarnich-kolektoru>

- [16] Regulus [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<regulus.cz>
- [17] DZD [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<dzd.cz>
- [18] Viadrus [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<viadrus.cz>
- [19] VacuSol [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<vacusol.cz>
- [20] THERMOSOLAR [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<thermosolar.sk>
- [21] Vaillant [online]. [cit: 30-5-2014], dostupné z
WWW:<vaillant.cz>
- [22] Výpočet tepelných ztrát [online]. [cit: 10-5-2014], dostupné z
WWW:<stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-
zelena-usporam>
- [23] PVGIS [online]. [cit: 12-5-2014], dostupné z
WWW:<re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [24] Ekonomika solárních soustav I. [online]. [cit: 31-5-2014], dostupné z
WWW:<oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7072-ekonomika-solarnich-tepelnych-
soustav-i>
- [25] Porovnání nákladů na vytápění [online]. [cit: 31-5-2014], dostupné z
WWW:<vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/139-porovnani-nakladu-na-vytapani-
podle-druhu-paliva?energie_gj=99.2>

Přílohy



Příloha č. 1: Schéma navrhnutého solárního systému pro vytápění a ohřev TUV [16]



Příloha č. 2: Globální záření na území Evropy [23]