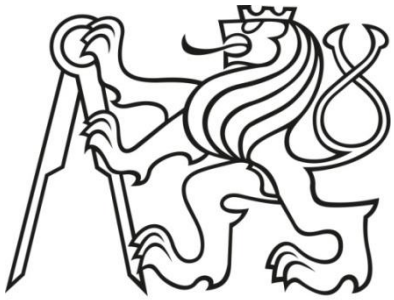
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



VYTÁPĚNÍ HOTELU S PODPOROU SOLÁRNÍCH SYSTÉMŮ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Prohlubující část – Využití solárních systému pro vytápění

Bc. RENÁTA BRABCOVÁ

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

Konzultant: **doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.**

2016/2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Bc. Brabcová Jméno: Renáta Osobní číslo: 395755

Zadávající katedra: K125

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vytápění hotelu s podporou solárních systémů

Název diplomové práce anglicky: Heating system in the hotel with support of solar system

Pokyny pro vypracování:
Projekt vytápění hotelu.
- projektová dokumentace se základními výpočty, výkresy a technickou zprávou.

Studie na téma Využití solární energie pro vytápění

Seznam doporučené literatury:
Kabele, Karel, : Technická zařízení budov Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7
ČSN EN 12831 Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. ČNI 2005
ČSN EN 12828 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. ČNI 2014.
Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.
Remmers, Karl-Heinz: Velká solární zařízení. ERA. Brno 2007.ISBN 978-80-7366-110-6

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph. D.

Datum zadání diplomové práce: 6.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 8.1.2017
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

6.10.2016
Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Bc. Brabcová Renáta

Název diplomové práce: Vytápění hotelu s podporou solárních systémů

Základní část: Projekt vytápění podíl: 100 %

Formulace úkolů:

Projekt: Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh trasy soustavy vytápění, návrh dimenzí rozvodů, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorysy, svislý řez, detail technické místnosti, funkční schéma.

Studie: Využití solární energie pro vytápění

Podpis vedoucího DP: ..... Datum: 6.10.2016

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

3. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra):

Formulace úkolů:

Podpis konzultanta: ..... Datum: .....

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1.stranou zadání již ve 2.týdnu semestru)

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá především využitím solární energie pro vytápění budov a je rozdělena do dvou částí. V první části práce se zabývám vlivem záření na Zemi, vhodnými klimatickými podmínkami pro využití solární energie, historií využívání sluneční energie a typy solárních zařízení. Druhá část je zaměřena na využití solární energie pro podporu vytápění. V závěru práce se věnuji popisu jednotlivých částí systému a jejich funkcím.

Abstract

This thesis mainly deals with the use of solar energy for heating of buildings. It is divided into two parts. The first part deals with the influence of radiation on Earth, suitable climatic conditions for the use of solar energy, solar energy history and types of solar installations. The second part focuses on the use of solar energy for heating support. At the end the thesis describes the individual system parts and their functions.

Klíčová slova

Slunce, sluneční záření, solární energie, solární kolektor, využití energie, vytápění

Key words

Sun, solar radiation, solar energy, solar collector, use of energy, heating

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svoji diplomovou práci vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a podkladů.

V Praze, 8. 1. 2017

…….

podpis

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Michalu Kabrhelovi,Ph.D. za trpělivost, veškerou pomoc, cenné rady, odborné vedení a připomínky při zpracování této diplomové práce.

Obsah

Úvod 8
1. Energie slunečního záření a jeho možnosti využití 9
1.1. Dopad sluneční energie na Zemi 9
1.2. Vhodné klimatické podmínky pro využití sluneční energie 10
1.3. Historie využívání 13
1.4. Typy solárních zařízení 14
1.4.1. Solární soustavy pro bazény 14
1.4.2. Příprava teplé vody 14
1.4.3. Vzduchové solární systémy 15
1.4.4. Solární klimatizace 16
2. Solární vytápění 17
2.1. Kapalinové solární kolektory 18
2.1.1. Ploché kolektory 18
2.1.2. Trubkové kolektory 19
2.1.3. Účinnost a výkon kolektoru 20
2.2. Instalace solárních kolektorů 22
2.2.1. Dostupná plocha 22
2.2.2. Možné instalace 22
2.3. Kolektorový okruh 23
2.3.1. Potrubní vedení a tepelná izolace 23
2.3.2. Armatury, čerpadla 23
2.3.3. Teplonosné látky 24
2.3.4. Odvzdušňování 24
2.4. Tepelné výměníky 25
2.5. Zabezpečovací zařízení 26
2.5.1. Pojistný ventil 26
2.5.2. Expanzní nádoba 27
2.6. Regulace 27
2.7. Způsoby zapojení zásobníků podle velikosti soustavy 29
2.7.1. Malé solární kombinované soustavy 29
2.7.2. Velké solární kombinované soustavy 30
3. Příklad domu se solárním vytápěním 31

3.1. Rodinný dům Mnichovice 31
Závěr 33
Seznam použitých zdrojů 34
Seznam použitých obrázků 35

.

Úvod

V dnešní době se využívá především fosilních zdrojů energie, které se nevyhnutelně blíží se svému vyčerpání. Již se objevuje snaha tyto zdroje nahradit obnovitelnými. Mezi alternativní zdroje patří např. Slunce, vítr, vodní toky. Právě proto bylo téma diplomové práce vybráno z důvodu zvýšení povědomí o obnovitelných zdrojích, které se stanou budoucností.

V první kapitole se uvádí dopad slunečního záření na Zemi, které je vhodné k využití solárními kolektory. Solární soustavy mají mnoho kladného využití. Dají se použít pro ohřev vody v bazénech, přípravy teplé vody nejen pro domácnosti, ale i pro větší objekty. Dále pak solární vzduchové systémy se mohou použít k předehřevu větracího vzduchu a nakonec je zmíněná i solární klimatizace.

Druhá kapitola se zaměřuje na využití solární energie pro podporu vytápění. Zde jsou vyjmenovány typy kolektorů, které jsou využívány v solárních termických soustavách. Zmíněné jsou možnosti jejich umístění na objektu. V druhé části této kapitoly je popsán kolektorový okruh (výběr správného potrubí, izolace a čerpadel) a vysvětlení teplonosné látky z pohledu použití a složení směsi. Další důležitými podkapitolami jsou tepelné výměníky a zabezpečovací zařízení, které zahrnují pojistný ventil a expanzní nádoby. V poslední části je uvedena regulace a možné způsoby zapojení zásobníků podle velikosti solární kombinované soustavy. V poslední kapitole je uveden příklad domu, který využívá solární systém k ohřevu vody a vytápění.

1. Energie slunečního záření a jeho možnosti využití

Slunce je nejdůležitějším dodavatelem energie pro Zemi už po miliony let, bez kterého by nebyl život na naší planetě možný. Fosilní energetické suroviny (např. uhlí, ropa a zemní plyn), které v dnešní době těžíme v ohromném měřítku, nejsou ničím jiným, než zásobníkem sluneční energie z dřívějších časů Země. Díky technickému pokroku a stále se zvyšujícím požadavkům po energii, jsou tyto zásoby, které byly ukládány miliony let, během desetiletí vyčerpány. Z toho vyplývá potřeba nahradit fosilní zdroje alternativami energie a to v co nejbližší době. [1]

Síla slunečního záření při teplotě 5500°C činí asi 63 000 kW/m^2. Z tohoto množství energie získá Země pouze malou, ale přesto významnou část. Pohybuje se okolo 219 000 000 miliard kWh/rok a odpovídá 2000násobku světových energetických potřeb. Na vnějším povrchu zemské atmosféry dosahuje průměrná hustota zářivého toku sluneční energie 1367 W/m^2. Tato hodnota se nazývá solární konstanta. [5]

1.1. Dopad sluneční energie na Zemi

Energie ze Slunce k nám cestuje převážně ve formě elektromagnetického vlnění. Rozlišujeme různé druhy záření s různými vlnovými délkami. Ultrafialové záření (0,2 - 0,4 μm) je neviditelné, zdraví škodlivé. Většina je ho absorbována v ozonové vrstvě. Obsahuje okolo 9% celkové energie slunečního záření. Viditelné záření (0,40 - 0,75 μm) je viditelné pouhým okem. Obsahuje okolo 41% celkové energie slunečního záření. Infračervené záření (0,75 μm - 1 mm) obsahuje 50% celkové energie slunečního záření. [2,6]

Sluneční záření dopadá na vnější povrch atmosféry v nerozptýlené formě. Po průchodu atmosférou se rozptyluje na částicích prachu, krystalcích ledu či kapičkách vody. Část zářivého toku se přemění na rozptýlenou formu, tzv. difúzní sluneční záření (G_d), které nemá směrový charakter - je všesměrový - ze všech směrů se šíří se stejnou intenzitou. Přímé sluneční záření (G_b) se označuje jako záření, které se nerozptýlilo a které má výrazně směrový charakter. [2]

Rozeznáváme dvě základní veličiny vystihující energetický obsah slunečního záření: jednak výkonová hustota zářivého toku slunečního záření, které je označováno jako sluneční ozáření G veW/m^2 a dál hustota dopadající energie za časový úsek, která je označována jako dávka slunečního ozáření H v kWh/m^2. [2]

Zářivý tok ze Slunce se z 30 % odrazí od atmosféry, zemského povrchu či vody zpět do vesmíru. Větší část sluneční energie (přibližně 67%) je planetou pohlceno. Z této pohlcené části je zhruba 50% vstřebáno zemským povrchem a vodou, 30% slouží k vypařování vody a 20% je vstřebáno zemskou atmosférou. V atmosféře slouží k nerovnoměrnému ohřevu, který má za následek vznik oblastí s rozdílným tlakem a ty vedou k vzdušnému proudění, způsobují vítr.[6]

1.2. Vhodné klimatické podmínky pro využití sluneční energie

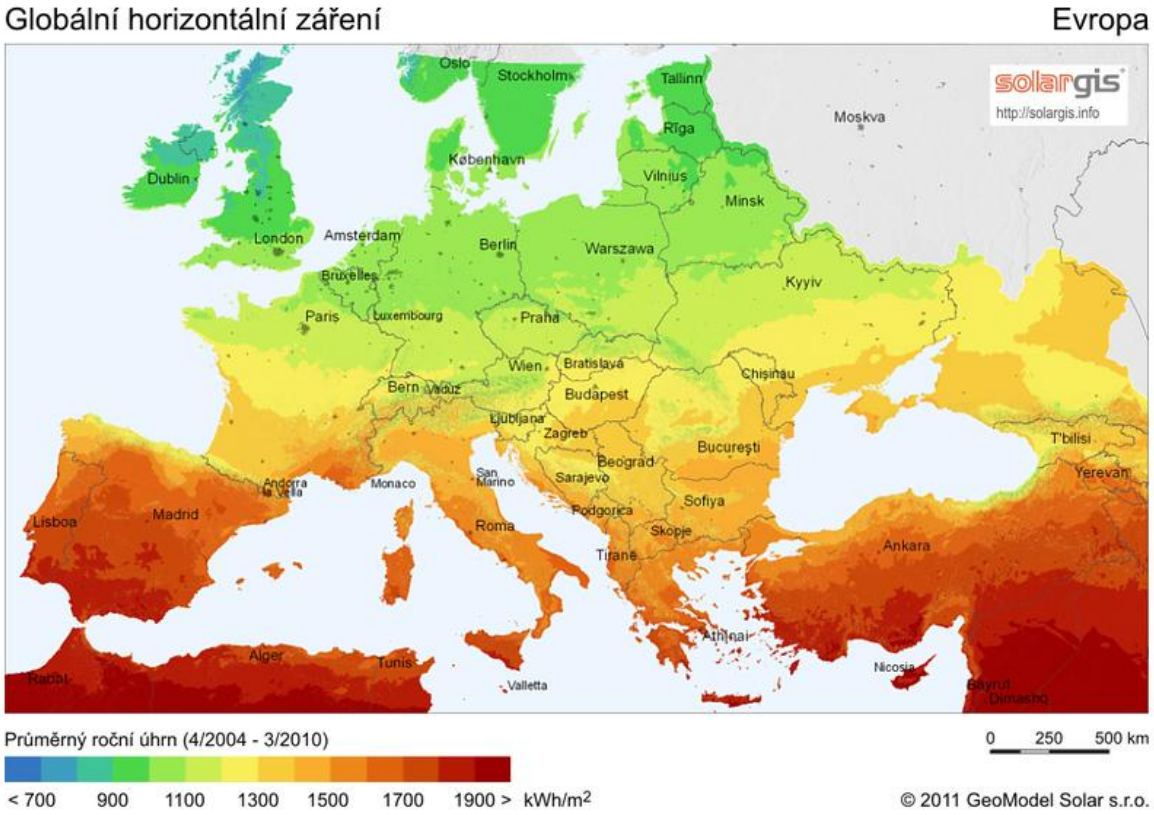
Intenzita záření a doba slunečního svitu jsou vázány na zeměpisnou polohu, roční období, oblačnosti a na orientaci a sklonu plochy. V ČR se v průměru roční úhrny sluneční energie se pohybují mezi 1000 až 1200 kWh/(m2*rok), čím více se pak zeměpisnou polohou přibližujeme k rovníku tím se roční úhrny zvětšují více než na 1900 kWh/(m^2*rok). Průměrná doba slunečního svitu pro ČR se pohybuje mezi hodnotami 1400 až 1900 hodin. Optimální sklon pro nejvyšší úhrn dopadlé energie za rok pro kolektorové plochy je 35°. Jestliže chceme zvážit celoroční využití je optimální skol 40 - 50°. Pro sezónní provoz se sklon přizpůsobuje danému období. [2,5]

	G= Gb+Gd	Poměr Gd/G
Jasná obloha	700 - 1 000 W/m^2	10 - 20%
Lehce zataženo	200 - 700 W/m^2	20 - 80%
Silně zataženo	100 - 200 W/m^2	80 - 100%

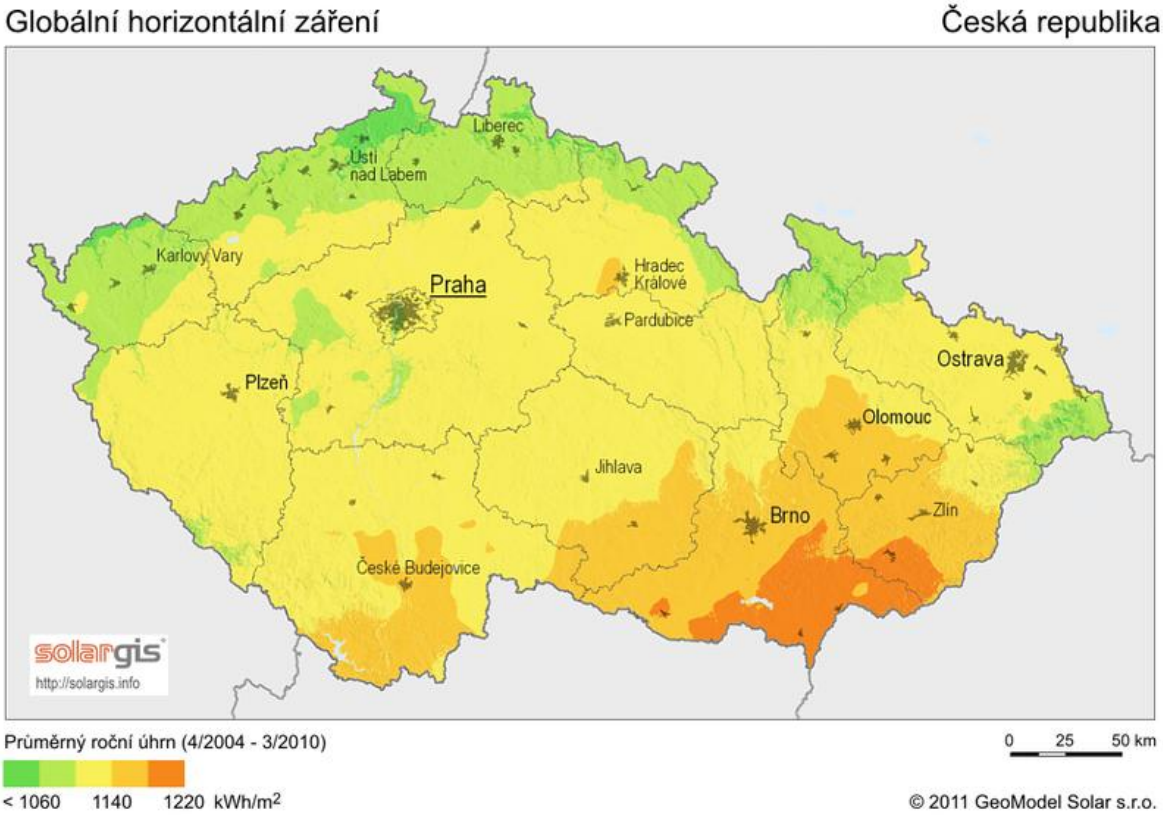
Tabulka 1: Hodnoty celkového slunečního ozáření podle oblačnosti, Zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech

Období	Denní úhrn
Léto	8kWh/(m2*den)
Zima	3 kWh/(m2*den)
Jaro. podzim	5 kWh/(m2*den)

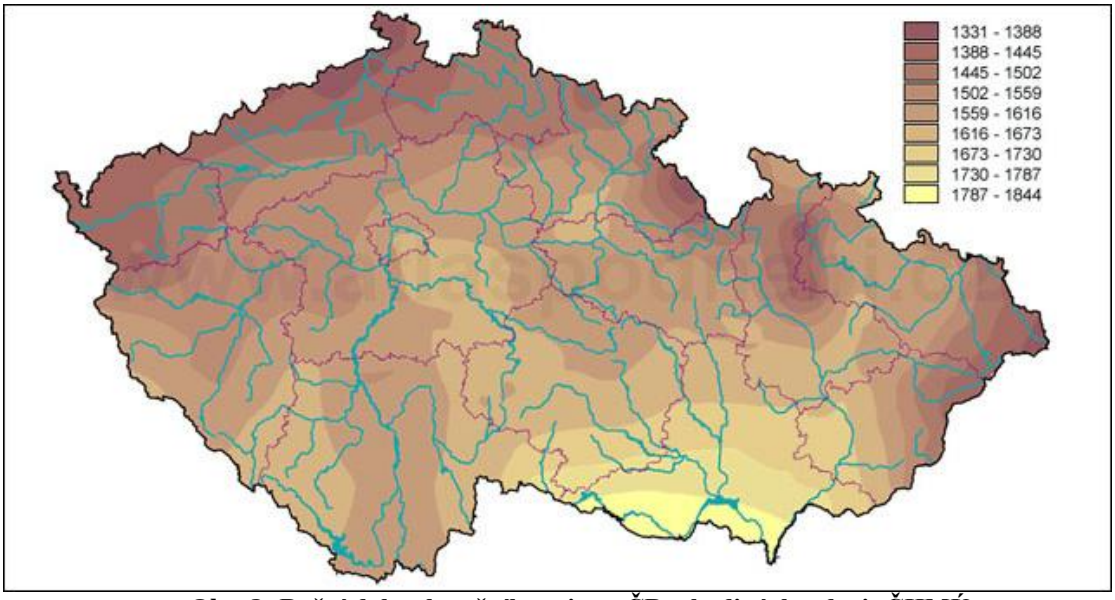
Tabulka 2: Denní úhrn slunečního záření (jasný den), zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech



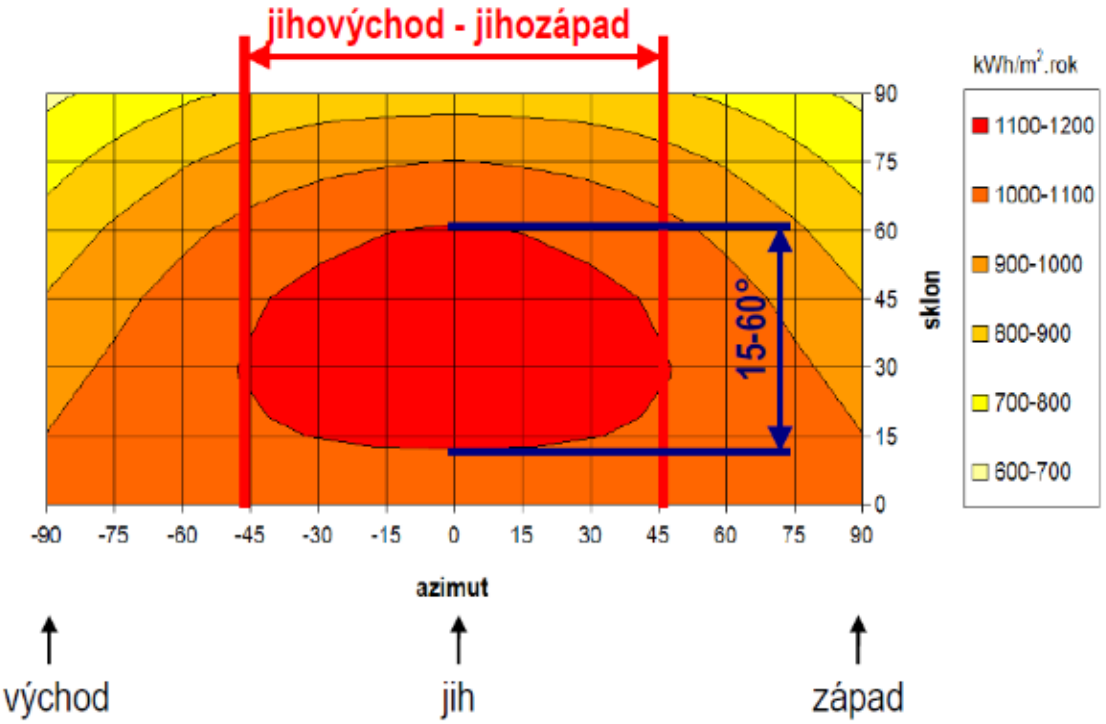
Obr. 1: Roční úhrn sluneční energie pro Evropu [kWh/m^2*rok], zdroj: GeoModel Solar s.r.o.



Obr. 2: Roční úhrny sluneční energie pro ČR [kWh/m^2*rok], zdroj: GeoModel Solar s.r.o



Obr. 3: Roční doba slunečního svitu v ČR v hodinách, zdroj: ČHMÚ



Obr. 4: Roční úhrny energie slunečního záření v závislosti na orientaci a sklonu plochy, zdroj: Matuška T., Solární zařízení v příkladech

1.3. Historie využívání

Využívání sluneční energie má společné a bohaté historické zvyky v České a Slovenské republice. První zdokumentované vyráběné solární kolektory se v dřívějším Československu objevily kolem roku 1977, v období nástupu studie využití nefosilních zdrojů energie po ropné krizi v roce 1973. Státní dotace v 80. letech pak nastartovala rozmach solární tepelné techniky v rámci plánu racionalizace spotřeby a využití paliv a energie a v jeho rámci fungoval program pro využití sluneční energie a tepelných čerpadel. [2]

V první řadě šlo o využití sluneční energie v národním hospodářství pro přípravu teplé vody v zemědělství a potravinářském průmyslu, pro sportovní zařízení, bazény, ale i pro rodinné domy a byty. Po etapě rozvoje výroby a instalací nicméně přichází po roce 1985 pokles zájmu způsobený hlavně špatnou ekonomikou a nízkou životností vyráběných kolektorů. Na konci 80. let přichází útlum a po roce 1985 kvůli privatizaci výrobních podniků i podniků využívajících solární kolektory dochází ke snížení činných solárních soustav na 40 %. *„Z dlouhé řady solárních kolektorů vyráběných v tehdejším*

Československu v různých konstrukčních provedeních je možné jmenovat alespoň některé, jako např. kolektory SP (Okresní podnik služeb Kroměříž), kolektory SALK (Závod SNP Žiar na Hronom), ocelové kolektory ES (Elektrosvit, Nové Zámky), textilní plastové absorbéry TSA (JZD Družba, Kroměříž), vakuové trubkové kolektory VAK (Slovenské závody technického skla, Bratislava, od 1986), koncentrační kolektory Winstonova typu (ČVUT- Inklemo, 1981) nebo koncentrační kolektory s Fresnelovou čočkou SG (STS Kroměříž - ČSAV)" [2]

Po roce 1992 začíná společně s rozvojem instalací v rodinných domech i vstup nových výrobních společností s novými typy kolektorů. Důvodem růstu pozornosti o využití sluneční energie je v první řadě růst cen paliv. Narůstá nejenom počet tuzemských dodavatelů, ale i dovozců. Na konci 90. let byly spuštěny první podporující programy. Státní program, operační programy a spolu s nimi začal zřetelný rozmach instalací a trhu obzvláště po roce 2002. Šlo o nenárokové dotace, však zkušenost ukázala, že jakákoli výše dotace byla postačujícím podnětem. [2]

1.4. Typy solárních zařízení

1.4.1. Solární soustavy pro bazény

Značně rozšířeným a cenově přijatelným využitím tepelné solární energie je ohřívání vody v bazénech pomocí jednoduchých absorbérů. Absorbéry mohou být situované na plochých střechách okolních budov. Jsou vyrobeny z EPDM - kaučuku nebo jiného odolného plastu vůči UV záření, tak i proti vlivům chemicky upravované vody v bazénech. [4]

Solární soustavy pro přípravu teplé vody a ohřev vody v bazénu

Tento typ solární soustavy je uplatněn jak pro přípravu teplé vody pro domácnost tak i pro ohřev vody v bazénu. Zpočátku je nabíjen solární zásobník. Jakmile docílí požadované teploty, nebo když následující ohřev není možný, započne solární soustava předávat teplo do bazénu. Není - li bazén používán i v zimě, je možné využít celou kolektorovou plochu tohoto zařízení pro přípravu teplé vody v domácnosti. [4]

1.4.2. Příprava teplé vody

Teplá voda je nezbytná jak v létě i v zimě pro celou domácnost. V létě začíná velká nabídka solární energie a tak se nabízí jí využít pro přípravu teplé vody. Využití sluneční energie k přípravě teplé vody v budovách je lepší vzhledem k celoroční

zhruba konstantní potřebě tepla na její ohřev. Solární ohřev vody lze v budovách lehce začlenit do stávající soustavy přípravy teplé vody jako předehřev. Pak obvyklý ohřívač vody bude sloužit jako pohotovostní dohřev. Solární soustavy pro přípravu teplé vody mají proto ucházející využitelnost. Jsou rozšířené a pověstné pro veřejnost jako smysluplné opatření. V ČR jsou solární soustavy spolu s ohřevem bazénové vody tradiční aplikací. [2,4]

Při projektu solární soustavy pro přípravu teplé vody je nutné vycházet z opravdové potřeby tepla na přípravu teplé vody. Ta je určená potřebou tepla na vlastní ohřev odebíraného množství vody a na krytí tepelných úbytků soustavy přípravy teplé vody. (tzn. tepelných ztrát zásobníku a potrubních rozvodů). Pro efektivnost instalace solární soustavy pro přípravu teplé vody je nutné před vlastním návrhem solární soustavy provést možná úsporná opatření ke snížení spotřeby teplé vody a tepla na její přípravu. *Snížení spotřeby tepla vede ke snížení nároků na investiční náklady solární soustavy (kolektor, zásobník), omezení provozních problému způsobených předimenzováním v případě nasazení úsporných opatření v budoucnosti a snižuje riziko neekonomicky předimenzované plochy kolektorů a souvisejících nízkých měrných zisků solární soustavy.“* [2]

1.4.3. Vzduchové solární systémy

Solární systémy mohou a mají být více než funkční složkou k získávání energie. Tento systém je obzvlášť stále více rozšířen ve střední Evropě, ale nadále se považuje za nehospodárný. Tento výtvarný prvek vstupuje na přední místa o to více, o kolik více solárních soustav bude začleněno do pláště budov nebo jej přesně nahradí. Na tomto principu jsou budovy ojediněle opláštěny solárními střechami nebo solárními fasádami. Solární vzduchové fasády nabízejí architektům dokonalé působiště, protože vzduch nemůže být přiveden k varu ani zmrznout. Fasádní konstrukce mohou být velice flexibilní a jejich realizace je relativně bezriziková. [4]

Skladba a funkce

Hlavní částí solárního kolektoru je absorbér. Ve vzduchovém kolektoru jsou umístěna černě natřená hliníková žebra nebo jsou opatřena vrstvou selektivního černého chrómu. Skrz žebry proudí vzduch. Už při nízkých venkovních teplotách a při malém záření v zimě lze takto docílit ohřevu o 25 - 30 K. Takto ohřátý vzduch může vést přímo do ohřívaných prostor jako teplý nebo cirkulující vzduch, který umožňuje

příjemné a energii šetřící větrání a ohřev stavby. Na zadní straně je kolektor kryt minerální vlnou před tepelnými ztrátami. Na přední straně je zabezpečen před tepelnými ztráta chráněn jednou vrstvou tabulí bezpečnostního skla, které neobsahuje železo. Komponenty jsou navzájem drženy stavbou kolektorové vany. Z jednoho m^2 kolektorové plochy lze získat vynikajícího výkonu 700 W. Průchod vzduchu v množství 60 m^3 /h na m^2 kolektorové plochy se standardně stoupá teplota maximálně o 35 K. [4]

Oblasti použití

Solární vzduchové kolektory se dříve nejlépe uplatnily ve velkoobjemových budovách (např. tělocvičnách, živnostenských halách, krytých plaveckých halách), kde se nacházejí větrací nebo vzduchotechnická zařízení. [4]

Předpoklady systému

Ve správně izolovaných budovách značně stoupá spotřeba tepla na větrání vůči potřebě tepla na vytápění. Větrací soustavy vystřídají obvyklé větrání normálními otvíravými okny. Tam, kde pro úpravu teploty v prostoru slouží vzduch, může být tento vzduch ohříván přímo. Solární soustavy se k tomu se svými nízkými pracovními teplotami a vysokou působivostí přímo nabízejí. [4]

Kancelářské budovy mají rostoucí požadavek energie pro chlazení, která mnohdy nemůže být pokryta samotnou inteligentní architekturou. Pokrokovou variantu vůči usilovně chladícím agregátům a chladivy na základě fluorovaných uhlovodíků nabízejí sorpčně podporované chladicí soustavy provozované prostřednictvím solární energie. [4]

1.4.4. Solární klimatizace

Jako pracovní materiál je u moderních systémů pro klimatizaci budov a vyvíjení chladu užíván vzduch nebo voda. Voda potřebuje oproti vzduchovým soustavám o faktor 30 nižší potřebu energie pro transport chladu. Vzduchové soustavy jsou nasazovány tehdy, je - li nutné použít pro příjemné ovzduší v prostoru regulaci vzdušné vlhkosti a zátížení škodlivými látkami. Často jsou použity i kombinace vzdušných a vodních soustav. [4]

Stále ovládá trh s klimatizačními zařízeními elektrické kompresorové chladící stroje. Dopad používaných chladiv na životní prostředí elektricky poháněných kompresorových stanic je kritizován. Průměrná hodnota letní spotřeby pro pohon

kompresorových soustav v klimatizovaných budovách v Německu se pohybuje kolem 50 kWh / (m^2.r). Základní požadavek na energii pro klimatizaci je se svými asi 150 kWh / m^2 v porovnání s požadavky na energii pro vytápění nových staveb značně vyšší. [4]

Z nároků na chlad vycházejí pro solární techniku rozmanité možnosti nasazení. Ideální je sezonní souběh potřeby chlazení a nabídky záření, k tomu může být solární teplo užito v přechodných obdobích a v zimě navíc k podpoře vytápění. Tržní potenciál pro solární chlazení je vynikající. Nezbytnost chlazení se nerozmáhá jenom v Německu, naopak právě v jižnějších zemích, kde se zvyšují nároky na klimatizovaný, tepelně a vlhkostně upravený vzduch. Přibývá tím mnoho administrativních budov s větším množstvím technického vybavení. [4]

Mezi ekologické výhody tepelně poháněných chladících zařízení oproti elektricky provozovaných kompresorovým chladícím strojům patří náhrada elektrické pohonné energie pro kompresory, vyloučení ekologicky sporných chladiv a podstatné snížení CO_2 díky solárně-tepelnému pohonu. [4]

Technika pro solární klimatizaci

U solární energie se používá jako pohonná energie pro chlazení enregie tepelná. Pro solární klimatizaci a pro chlazení mohou být navržené technologie jako uzavřené soustavy s absorpčními nebo adsorpčními chladícími stroji a otevřené soustavy. [4]

V Německu bylo dosud realizováno asi 20 projektů. Kombinováním solární techniky, chladící techniky a spotřeby budovy bude technologie a zejména pak regulace takového systému výrazně komplexnější. Při navrhování kompresorových chladicích soustav bylo v první řadě pokrytí potřeby chladu. Solární klimatizace si žádá pro dimenzování zřetelně více vědomostí o poměrné spotřebě chladu a o souhře jednotlivých součástí. V zásadě platí, že pro zavádění solárně podporovaných klimatizačních soustav je nutné sbírat zkušenosti a zlepšovat podmínky. [4]

2. Solární vytápění

Jako smysluplnější využití sluneční energie celá léta platilo použití pouze pro přípravu teplé vody. Nové nařízení a předpisy nutí ke stavbě stále úspornějších budov. Např. novostavby potřebují na rok a m^2 přibližně 100 kWh, nízkoenergetické domy přibližně 50-100 kWh, pasivní budovy jsou dokonce na hranici spotřeby přibližně 15kWh na m^2 a rok.

Takže zde vzniká prostor pro využití solární energie k vytápění převážně v přechodových období, jako je jaro a podzim. [4]

Soustavy pro přípravu teplé vody a vytápění s vysokým solárním pokrytím

Vysoké solární pokrytí znamená, že je 50 - 100% potřeby energie na vytápění a přípravu teplé vody pokryto solární energií. Jestliže chceme takové soustavy navrhovat, měli bychom dodržovat jisté zásady. Dům má být navržen v energetickém pasivu. Kolektory by měly být orientovány na jih, jihovýchod, jihozápad se sklonem 35-70°. Zásobníky by neměly mít menší objem než 120-150 l/m^2 kolektorového pole a měli by být upraveny k charakteristice soustavy. Samozřejmě by se nemělo zapomenout na tepelnou izolaci zásobníku, která má být uzpůsobena potřebě energie a zároveň úměrně tomu, že má být zásobník na vytápění vybit během 2 týdnů. [4]

Soustavy pro podporu vytápění

Tyto soustavy jsou navrhovány na pokrytí solární energii 10 - 20% potřeby na vytápění. Na počátku vzniku solárních soustav pro podporu vytápění s malým solárním pokrytím bylo větší pokrytí řešeno zvětšením plochy kolektorů a přidáním vyrovnávacího zásobníku pro zvětšení stávajícího objemu zásobníku.Pro zjednodušení konstrukce a regulace soustavy vznikly kombinované zásobníky. Vedle systému "zásobník v zásobníku" byly vyvinuty vyrovnávací zásobníky se zařízením pro stratifikaci. [4]

Solární soustava, která je využitá i pro podporu vytápění může ušetřit podstatně více CO_2, než malá soustava použitá pouze pro přípravu teplé vody. Při stavbě soustavy pro podporu vytápění současně se systémem pro přípravu teplé vody vznikají malé rozdíly ve vícenákladech oproti stavbě každého systému zvlášť. [4]

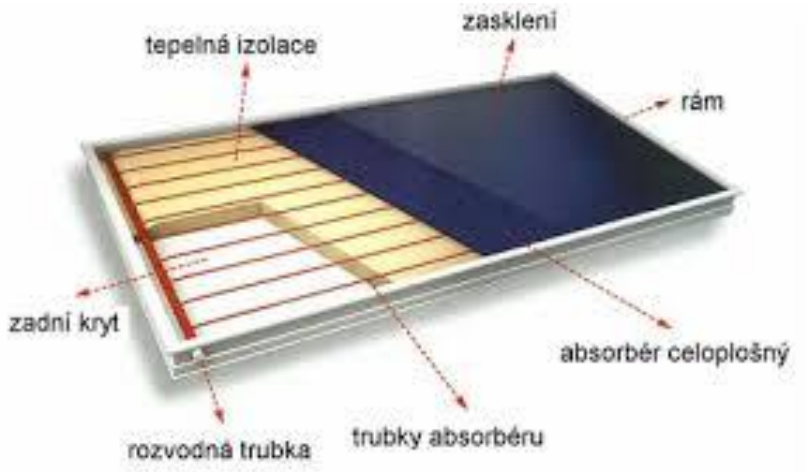
2.1. Kapalinové solární kolektory

Kapalinové solární kolektory jsou u nás nejrozšířenějším typem a to především pro ohřev teplé vody a jako doplněk pro vytápění. Jsou to zařízení sloužící převážně k pohlcení slunečního záření a jeho přeměně v tepelnou energii. Ta je odevzdána teplonosné látce, která je odváděná z kolektoru. [3]

2.1.1. Ploché kolektory

Ploché kolektory jsou charakteristické plochým zasklením a zhruba plochým absorbérem. Většinou kovový absorbér, který je vodivý, může být celoplošný nebo dělený (lamely). Absorbční plocha navařena nebo nalisována na registru z trubek,

kterým je odváděno využitelné teplo. Skříň kolektoru může být buď výlisek nebo složen z profilů a podle požadavku vyplněn tepelnou izolací. Lisovaný těsný rám chrání vnitřní části kolektoru před degradací vlivem vlhkosti. Rám složený z profilů je zpravidla opatřen větracími otvory pro odvod vlhkosti a zabránění rosení na skle kolektoru. Mezi hlavní výhody patří - jednoduchá masivní konstrukce, technická vyzrálost, velmi dobrý poměr ceny k výkonu. [3,4]



Obr. 5: Schéma plochého kolektoru, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy pro bytové domy

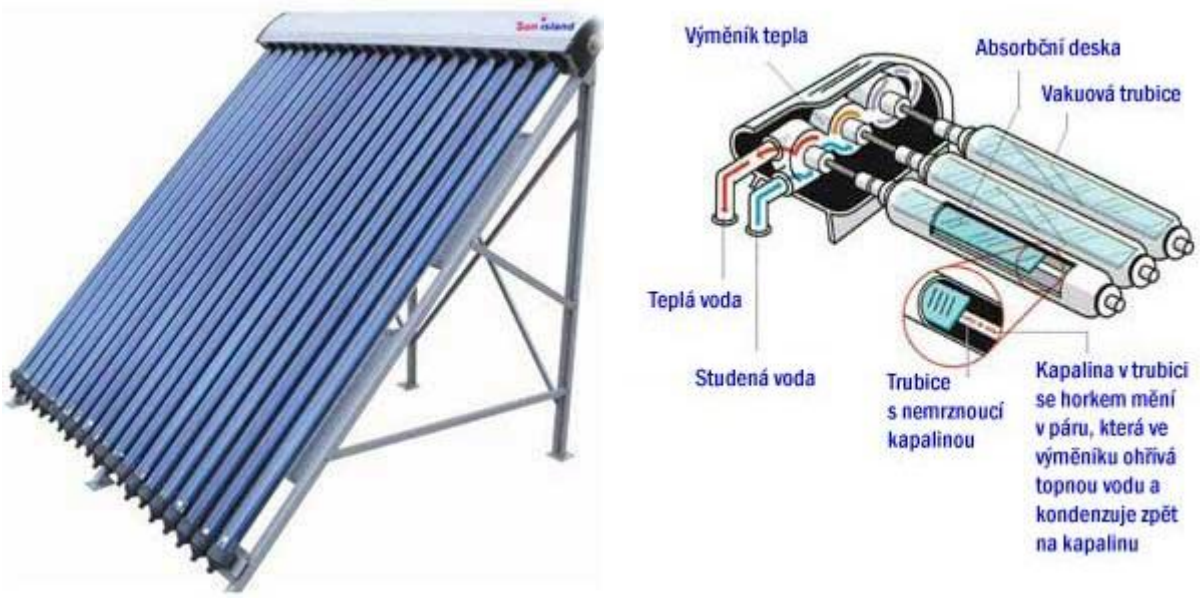
2.1.2. Trubkové kolektory

Trubkové kolektory jsou charakteristické svým válcovým zasklením, ve kterém je prostor mezi absorbérem a zasklením vakuován na neobvykle nízký tlak pod 10^{-3} Pa. Kombinací vakuové izolace a nízkoemisivního povrchu absorbéru nabývají nízkých tepelných ztrát a to i při vysokých rozdílech teplot mezi absorbérem a okolím. Dovolují tak zužitkovat sluneční záření i při vysokých provozních teplotách. Mezi hlavní výhody patří - vysoká účinnost za každého ročního období, díky nemrznoucí kapalině odpadá starost se zamrzáním kolektoru. Mezi hlavní nevýhody patří vysoká pořizovací cena. [3,8]

Mezi dvě základní konstrukční provedení trubkových vakuových kolektorů patří kolektory s jednostěnnou trubkou a s dvojstěnnou trubkou (Sydney). Kolektory s jednostěnnou trubkou užívají vakuované skleněné trubky, ve kterých se nachází plochá lamela se selektivním povrchem. Dobrý přestup tepla z absorbéru do teplonosné látky zajišťuje ultrazvukové nebo laserové navaření trubky na absorbér. Kolektory s

dvojstěnnou trubkou se skládají ze na dvou soustředných trubek, kdy vnitřní slouží k zachycování slunečního záření a přeměně na teplo a vnější jako ochrana před okolním prostředím. [3]

Dalším způsobem, jak můžeme trubkové kolektory rozlišit, je podle konstrukčního uspořádání odvodu tepla. Přímo protékané kolektory předávají teplo z absorbéru přímo do teplonosné kapaliny. Kolektory s tepelnou trubicí - pracovní látka, umístěná v tepelné trubici, předává v cyklu vypařování a kondenzace teplo z výparníku do kondenzátoru, který je ve spojení s teplonosnou kapalinou. [3]



Obr. 6: Trubkový vakuový kolektor a jeho schéma, zdroj: www.topeni-topenari.cz

2.1.3. Účinnost a výkon kolektoru

Výkon a účinnost kolektorů závisí na optických a tepelných charakteristikách. Pro kvalitní solární kolektory se obvykle aplikují spektrálně selektivní absorpční povrch (pohltivost více než 92% a emisivitu menší než 15%), kovový absorbér s vysokou vodivostí a přenosem tepla, použití solárního nízkoželezitého skla (s propustností záření více než 90%) a užití tepelné izolace ve skříni kolektoru s dlouhou životností (např. minerální vlna, vakuum). [3]

"Účinnost solárního kolektoru je závislá na venkovních klimatických podmínkách (sluneční ozáření G, venkovní teplota te) a provozních podmínkách (střední teplota teplonosné kapaliny tm). Vyhodnocuje se experimentální zkouškou v souladu s ČSN EN 1297" [7]

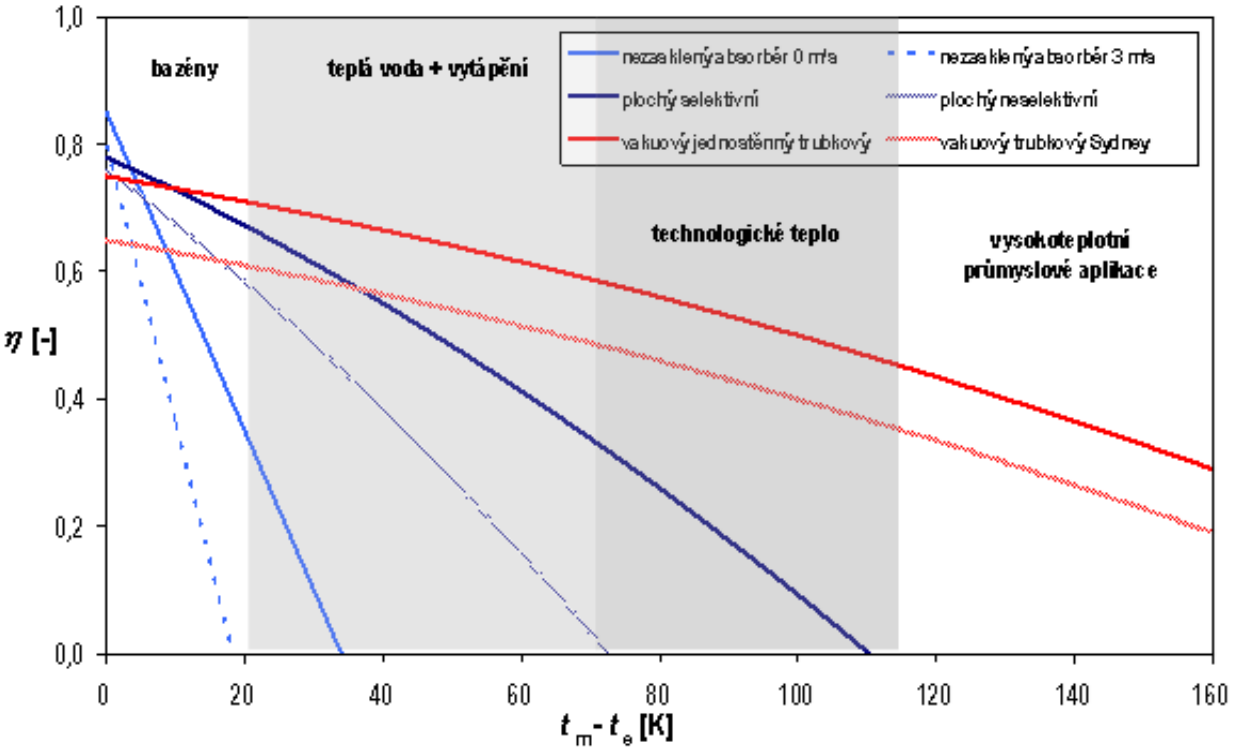
$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G}$$

η0 je účinnost solárního kolektoru při nulovém teplotním spádu mezi střední teplotou teplonosné kapaliny tm a okolím te (nulové tepelné ztráty), zjednodušeně označována jako "optická účinnost";

a_1 lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru, ve W/(m2 K);

a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru (vyjadřuje teplotní závislost), ve W/(m2 K2) [7]

V grafu na obr. 7 jsou zobrazeny typické křivky účinnosti pro základní typy solárních kolektorů. Z jednoduchého porovnání křivek je patrné, že pro přípravu teplé vody a vytápění jsou trubkové vakuové kolektory a atmosférické ploché kolektory srovnatelné z pohledu účinnosti vztažené k ploše zasklení. Kdybychom srovnávali křivky z hlediska použitého teplotního spádu vyjdou nejúčinněji trubicové vakuové kolektory, následují ploché kolektory se selektivním povrchem a nejhůře pak ploché kolektory bez selektivního povrchu. [3]



Obr. 7: Typické křivky účinnosti různých konstrukcí solárních kolektorů, zdroj: http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru

2.2. Instalace solárních kolektorů

2.2.1. Dostupná plocha

Již při prvotním návrhu je nutné předem stanovit, jak velkou plochu budovy budeme mít k dispozici pro instalaci kolektorů, resp. jakou potenciální plochu kolektorů při plánované orientaci, sklonu a možném stínění okolními objekty je reálné instalovat vzhledem k potřebě tepla. [3]

2.2.2. Možné instalace

Instalace na ploché střechy

V praxi se používají dva základní systémy připevnění nosných konstrukcí - zátěžové a kotvené. U zátěžových systému je nosná konstrukce kolektorů uchycena do zátěžových prvků (např. betonových bloků nebo panelů, které jsou volně loženy na střechu). Tento způsob vyloučí zásah do vlastní konstrukce střechy. Zátěž se většinou pohybuje okolo 100 - 200 kg/m^2 kolektoru. Kotvená nosná konstrukce je nastálo spojená s konstrukcí střechy. Po odsouhlasení statikem je přijatelné kotvit nosný systém kolektorů do vlastní nosné konstrukce střechy. V opačném případě je nutné vybudovat nosníkovou konstrukci z masivních profilů, které překonají střechu a přenesou zatížení do konstrukce střechy nad nosnými stěnami domu. Důležité je, aby kotvení neznehodnotilo vlastnosti střešního pláště a po provedení je potřeba obnovit hydroizolační vrstvu, případně tepelnou izolaci. [3]

Instalace na šikmé střechy

Pro připevnění kolektorů na vhodně orientované a skloněné střechy se konstrukce skládá z háků, které jsou přichyceny na konstrukci krovu a profilů přizpůsobené k uchycení kolektorů. Možné dva typy připevnění je uchycení na krokev nebo na montážní fošnu. Podle různých druhů střešní krytiny existují různé připevňovací háky. [3]

Instalace na fasádu

Tento způsob se nabízí při nedostatku místa na střeše. Instalace solárních kolektorů jako fasádních prvků lze eventuelně zakomponovat do architektonického řešení vzhledu stavby nebo použít jako funkční prvky (např. jako markýzy nebo výplně zábradlí u balkónů). [3]

2.3. Kolektorový okruh

2.3.1. Potrubní vedení a tepelná izolace

Pro rozvody kolektorového okruhu mohou být využité měděné trubky, ocelové trubky nebo trubky z ušlechtilé oceli. Materiály spojovacích součástí potrubí musí být odolné vůči vysokým teplotám, tlaku a glykolu. Velkou pozornost musíme věnovat délkové roztažnosti potrubí (měli bychom počítat s velkými teplotními rozdíly,- -25°C v zimě až po 170 °C při chodu naprázdno). Na každých 10 - 15 m vedení rozvodů by měl být umístěn dilatační prvek. [3,4]

Důležité je správné navržení tloušťky izolace, při poddimenzování může dojít až o 15% úbytek ročních výnosů. Pro udržení malého množství tepelných ztrát je potřeba potrubí izolovat ve 100% výpočtové tloušťce (podle nařízení o tepelných soustavách). Ve venkovním prostředí bychom ji měli chránit před UV zářením, účinkům povětrnosti, škodám způsobených ptactvem (např. opláštění hliníkovým plechem) a měla být odolná vysokým teplotám až 170°C. Pro vnitřní prostředí musí izolace odolávat teplotám nejméně 130°C. Tyto požadavky splňují kaučukové izolace značek Armaflex HT nebo Aeroflex SSH. Další možností jsou izolace z minerální vlny kašírovaná síťovou fólií. Při izolování nesmíme zapomenout na tvarovky, ventily, zásobníkové vstupy a výstupy. [4,3,5]

2.3.2. Armatury, čerpadla

Armatury pro solární systémy jsou stejné jako v topenářské technice (teploměry,tlakoměry, uzavírací ventily, zpětné klapky a ventily stoupacího potrubí), pouze musejí vydržet teploty větší než 130°C. Regulační ventily větví, které mají ukazatel průtoku, musejí odolávat nejenom vysokým teplotám, ale i teplonosným kapalinám. Jejich ukazatele by se uzpůsobit teplonosné látce nebo být opatřeny možností přepočítání hodnot.Pro zavírání potrubí mají být použity výhradně kulové kohouty, aby nedocházelo k netěsnostem. [4]

V solárních systémech se využívají nejčastěji makroběžná odstředivá oběhová čerpadla s přepínáním otáček, která nejen odolávají vysokým teplotám, ale jsou přijatelné i pro využití s nemrznoucí směsí. Na trhnu se nacházejí oběhová čerpadla s přizpůsobenou charakteristikou, která dosahují vysoké účinnosti i za nízkého průtoku a vysoké tlakové ztrátě.[3]

Obr. 8:Solární čerpadlová skupina, zdroj: www.solarni-sety.cz

2.3.3. Teplonosné látky

Pro celoroční využití solárních soustav se v kolektorovém okruhu se s požadavkem ochrany soustavy v zimní období před poškozením mrazem používá nemrznoucí směsi. Teplonosná látka v solárních systémech, která je v současnosti nejpoužívanější, je směs netoxického (mono)propylenglykolu a vody s inhibitory koroze. Směs se obvykle aplikuje v objemovém ředění 40 - 50% propylenglykolu podle požadované teploty tuhnutí. Výrobce směs zpravidla namíchá na teplotu tuhnutí okolo -30°C. [3]

Teplonosná látka může postupně degradovat a to převážně v letním období, kdy hrozí přehřívání vlivem stavů bez odběru tepla z kolektorů. U propylenglykolu nastává rozklad v důsledku oxidačních reakcí, vytváří se kyseliny a při opakovaném přehřívání dochází k poklesu pH. Tuto hodnotu se doporučuje sledovat spolu s bodem tuhnutí a koncentrací inhibitorů pro včasnou výměnu a ochranu solárního okruhu před zvýšenou korozí. [3]

2.3.4. Odvzdušňování

Po dokončení montáže a napuštění systému teplonosnou látkou je potřeba ze soustavy odstranit vzniklé plyny v kapalině (převážně vzduch). Přítomnost vzduchu má za následek kromě zvukových projevů (bublání, šum) i zvýšenou náchylnosti soustavy ke korozi, snížení chlazení motoru čerpadla a omezení přenosové vlastnosti

kapaliny. Velké množství plynů může mít za následek kolaps oběhu, což bývá v provozu soustav běžnou chybou. [3,4]

Pro odstranění nerozpuštěných plynů se využívají automatické odvzdušňovací ventily s ručním uzavíráním. Po odvzdušnění se automatické ventily uzavřou, jinak by docházelo k úbytku nemrznoucí kapaliny v obdobích stagnace. Pro odstranění rozpuštěných plynů v kapalině se využívají automatické kontinuální odlučovače, které se umisťují tam, kde je největší objem teplonosné kapaliny a vyšší riziko netěsností vlivem více spojů. Odplyňovací zařízení jsou kvůli své funkci (rozpustnost plynů klesá s vyšší teplotou a klesajícím tlakem) instalována do míst s nejvyšší teplotou (na výstupu z kolektorů) a nejnižším tlakem (na straně sání oběhového čerpadla). [3]

Obr. 9: Odvzdušňovací ventil, zdroj: www.fepol.cz

2.4. Tepelné výměníky

Pro přesun tepla mezi kolektorovým okruhem a solárním zásobníkem je možné využít vnitřních trubkových výměníků z hladkých nebo žebrovaných trubek u solárních soustav do 20 m^2. Výměníky jsou masivní, nepotřebují údržbu a vyznačují se nízkými tlakovými ztrátami. Mají nízký výkon kvůli malé přestupní ploše a omezeným prouděním v zásobníku. [3]

Nad 20 m2 je vhodné použít deskový výměník tepla s odpovídajícím výkonem a postačujícím vychlazením teplonosné kapaliny, která přispívá k účinnému provozu solární

soustavy. Avšak návrh i instalace jsou složitější a je nutné použití dvou oběhových čerpadel (primární, sekundární strana výměníku). Deskové výměníky se skládají z tenkých nerezových desek, které mají předlisované kanály pro zesílení turbulence kapaliny, jsou mezi sebou propojeny a vytvářejí spolu síť sudých a lichých kanálů. *V sudých kanálech protéká jedna kapalina (např. nemrznoucí směs), která předává teplo a ochlazuje se. V lichých protéká druhá kapalina (např. pitná voda), která odebírá teplo a ohřívá se.* Spoje desek mohou být pevné bez těsnění (pájené, svařované výměníky) nebo rozebíratelné s těsněním (desky jsou sešroubovány mezi dvěma kryty). [3]

2.5. Zabezpečovací zařízení

2.5.1. Pojistný ventil

Pojistný ventil zabezpečuje primární okruh solární soustavy, aby nedošlo k přetlaku. Otevírací přetlak pojistného ventilu se dimenzuje zpravidla nad 500 kPa, určuje maximální tlak v soustavě s ohledem na tlakovou výdrž (odolnost) nejslabšího prvku solární soustavy. Ventil stanovuje tlakový stupeň expanzní nádoby a nepřímo i velikost. Dimenze pojistného ventilu se volí podle maximálního výkonu pole solárních kolektorů, který má odvést. Pojistný výkon se předepisuje pro nulové ztráty kolektorů a sluneční ozáření 1000 W/m^2. V potrubí mezi solárními kolektory a pojistným ventilem se nesmí vyskytovat žádné uzavírací prvky. Jestliže se kolektorové pole skládá z více uzavíratelných nebo odpojitelných sekcí, musí být každá sekce opatřena samostatným pojistným ventilem. [3]

Pojistný ventil by měl odolat extrémním podmínkám dosažitelným v soustavě, které mou dosáhnout 120 °C resp. 225 °C v případě instalace pojistného ventilu přímo na kolektorovém poli. Pojistné potrubí by mělo být z mědi a instalováno tak, aby v něm nedocházelo k akumulaci nečistot nebo k zarůstání vodním kamenem. Funkce pojistného ventilu musí být opakovaně kontrolována. Odvodní potrubí by mělo být sestaveno tak, aby unikající teplonosná kapalina nebo pára neohrožovala uživatele, zařízení nebo materiály. Odtok pojistného ventilu by měl být zaveden do uzavřené nádoby z ušlechtilé oceli postačujícího objemu, aby pojala objem kolektorového okruhu. Zachycená teplonosná kapalina se může znovu využít v soustavě po odstranění příčiny otevření pojistného ventilu. Současně s pojistným ventilem by měl být instalován tlakoměr a teploměr. [3]

2.5.2. Expanzní nádoba

Expanzní zařízení zprostředkovává změny objemu teplonosné látky vlivem objemové roztažnosti bez nevyžádaného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát kapaliny při otevření pojistného ventilu a to ani v případě zastavení odběru při maximálních teplotách a při tvoření páry v kolektorech. Pro určení objemu expanzní nádoby musíme vzít v úvahu zvětšení objemu teplonosné látky ze studeného stavu do ohřátí na maximální provozní teplotu, vytlačení celého objemu teplonosné kapaliny z kolektorů a přívodních potrubí při možném vzniku páry a provozní rozsah tlaku od minimálního plnícího tlaku po maximální provozní tlak. Při běžně používaných soustavách s provozním tlakem 200-600 kPa, lze z praxe odhadnout přibližnou velikost expanzní nádoby 2-3 l/m^2 kolektorového pole. [3]

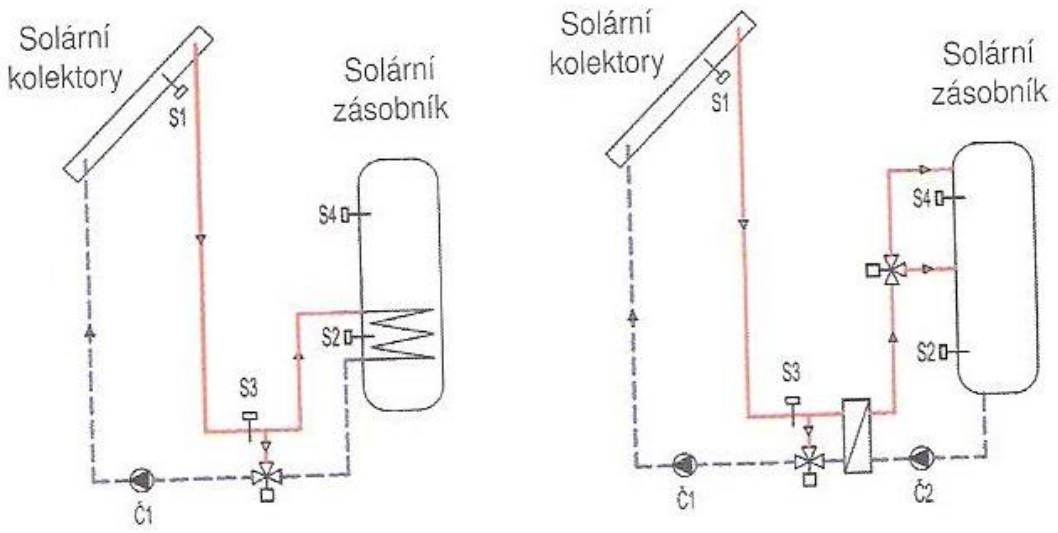
Její umístění je nejvýhodnější na chladné straně kolektorové soustavy kvůli nižšímu tepelnému namáhání. U soustav s velkými plochami kolektorů, které mají zvýšenou dobu stagnace, se doporučuje zapojit do expanzního potrubí buď chladič (neizolovaná příp. žebrovaná trubka dostatečné délky) nebo předřazenou oddělovací nádobu, která slouží k ochraně expanzní nádoby před velmi vysokými teplotami a před pronikáním páry. Objem oddělovací nádoby se dimenzuje na 50 - 100% objemu kolektorového pole. [3]

Obr. 10: Různé velikosti expanzní nádoby, zdroj:www.thermotrade.cz

2.6. Regulace

Elektronická regulace je významná součást solární soustavy, která ovládá její bezobslužný automatický provoz. Pro velkoplošné solární soustavy se uplatňují buď cenově dostupné sériově vyráběné regulátory, nebo na míru programovatelné regulátory, které jsou opatřené úplným systémem měření, sběru a vyhodnocení údajů s možností ovládání a monitoringu přes webové rozhraní. [3]

Základním úkolem regulátoru je zapnout oběhové čerpadlo kolektorového okruhu Č1, jestliže je mezi kolektorovým polem (čidlo S1) a zásobníkem (čidlo S2) použitelný spínací rozdíl teplot (6-10 K). U soustav, které mají velké plochy kolektorů, musíme počítat s dlouhými rozvody, které jsou vedené částečně venku a částečně vevnitř. V případě zapnutí oběhového čerpadla kolektorového okruhu na podnět zvýšení teploty v solárním kolektoru vlivem účinku slunečního záření může mít kapalina v potrubí výrazně nižší teplotu než je využitelná pro přenos tepla výměníkem do solárního zásobníku. Regulátor oběhové čerpadlo zásobníkového okruhu nezapne dříve než bude teplota na vstupu do primární strany výměníku (čidlo S3) vyšší o využitelný rozdíl (2-5 K) nad teplotou zásobníku (čidlo S2). Pokud použijeme vnitřní výměník tepla je nutné nainstalovat trojcestný ventil v obtoku. Regulátor obě čerpadla vypne, jestliže rozdíl teplot mezi kolektorovým polem a solárním zásobníkem se sníží pod hodnotu vypínacího rozdílu teplot (2-4 K). [3]



Obr. 11: Zapojení kolektorového a zásobníkového a osazení čidly, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy pro bytové domy

Řízený obtok slouží k ochraně zásobníkového okruhu před zamrznutím při nízkých teplotách (< 0°C) v kolektorovém okruhu. Regulátorem bývá zapnut na základě teploty v ohřátém solárním kolektoru a je uzavřen dokud se teplota v místě před výměníkem (čilo S3) nezvedne nad nastavenou teplotu (např. 5 °C). [3]

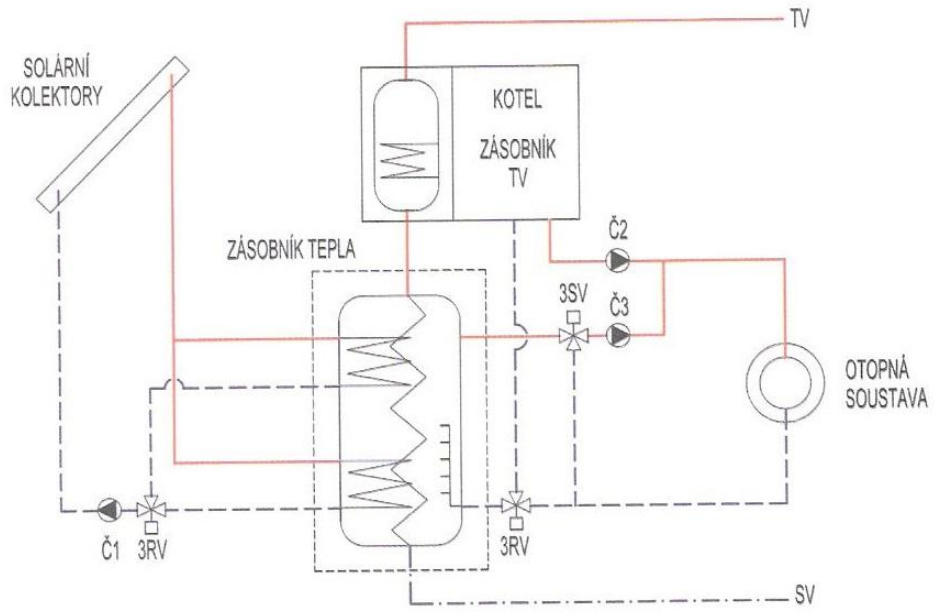
Při dosažení maximální dovolené teploty solárního zásobníku nebo kolektoru regulátor vypíná čerpadla obou okruhů. Ovládáním otáček oběhového čerpadla, a tím změnit průtok v kolektorovém okruhu, můžeme zvýšit využitelnost solárních zisků. Nejjednoduší a nejlevnější metoda, jak toho dosáhnout, je zapojení polovodičového relé. To častým střídavým zapínáním a vypínáním běžného oběhového čerpadla snižuje jeho výkon. Tato regulace má rozsah 30 - 100% jmenovitého průtoku a lze použít převážně ve všech sériově vyráběných regulátorech. Jako další lze aplikovat oběhová čerpadla s integrovanou elektronickou regulací. Ty jsou výrazně dražší, ale zato energeticky úspornější. [3]

Regulátor umožňuje nastavení prioritně nabíjené oblasti pomocí přepínacích ventilů nebo spínáním oběhových čerpadel. [3]

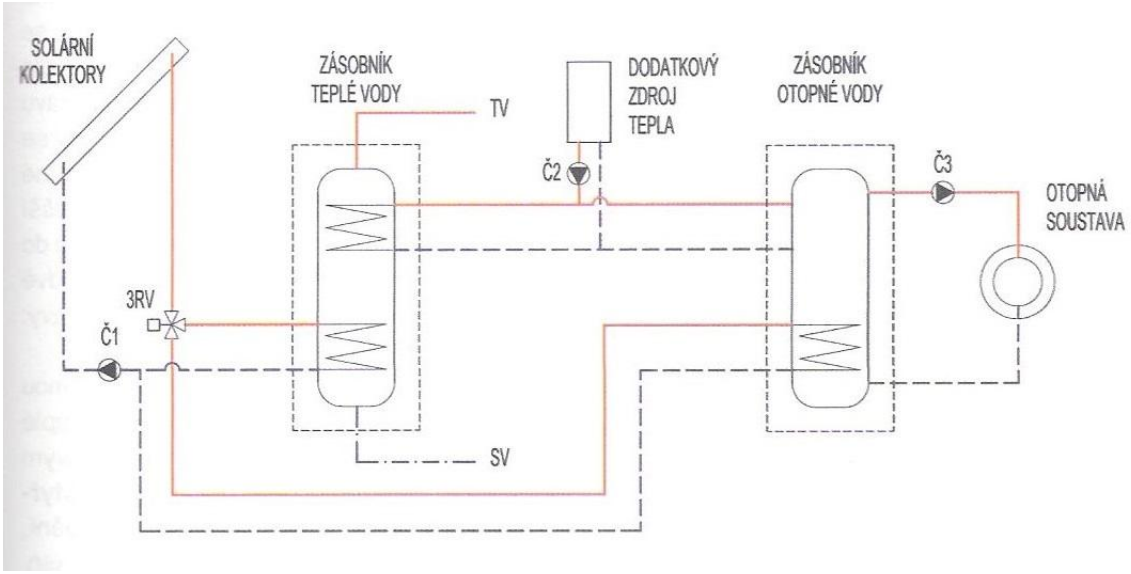
2.7. Způsoby zapojení zásobníků podle velikosti soustavy

2.7.1. Malé solární kombinované soustavy

Kombinované systémy pro podporu vytápění se v ČR pro rodinné domy obvykle instalují s plochou kolektorů do 10 m^2. Tento systém eliminuje problém letních přebytků a stagnace (např. využít je pro ohřev bazénu). [2]



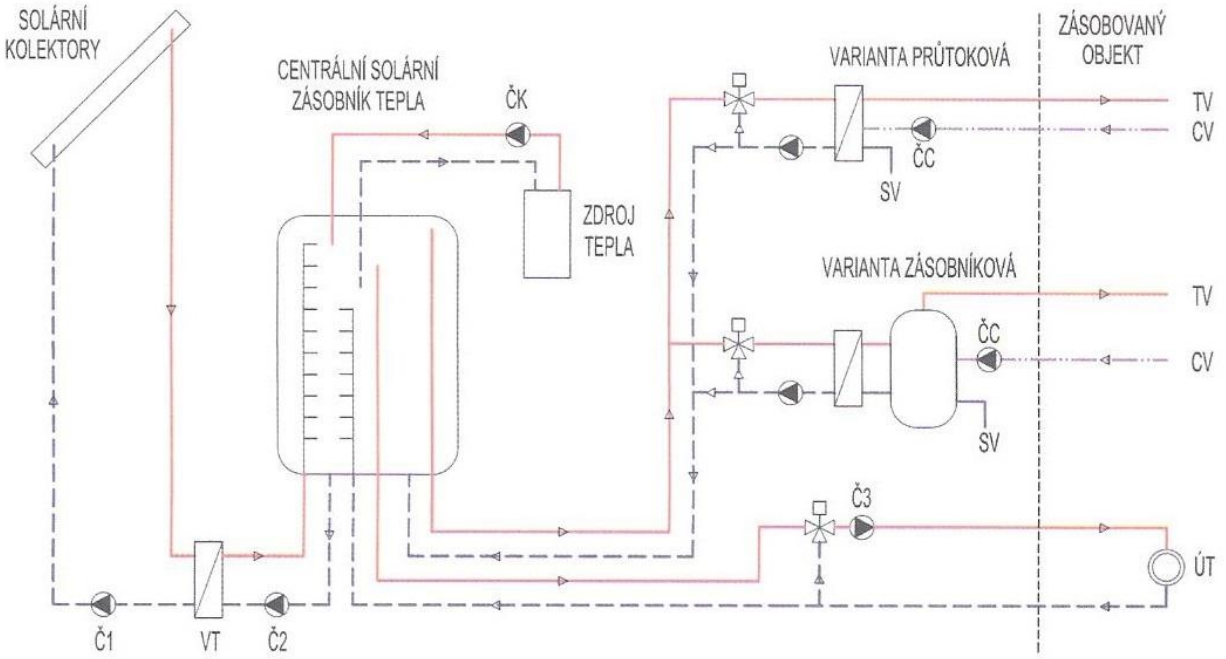
Obr. 12: Příklad zapojení solární soustavy s centrálním kombinovaným zásobníkem, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy v příkladech



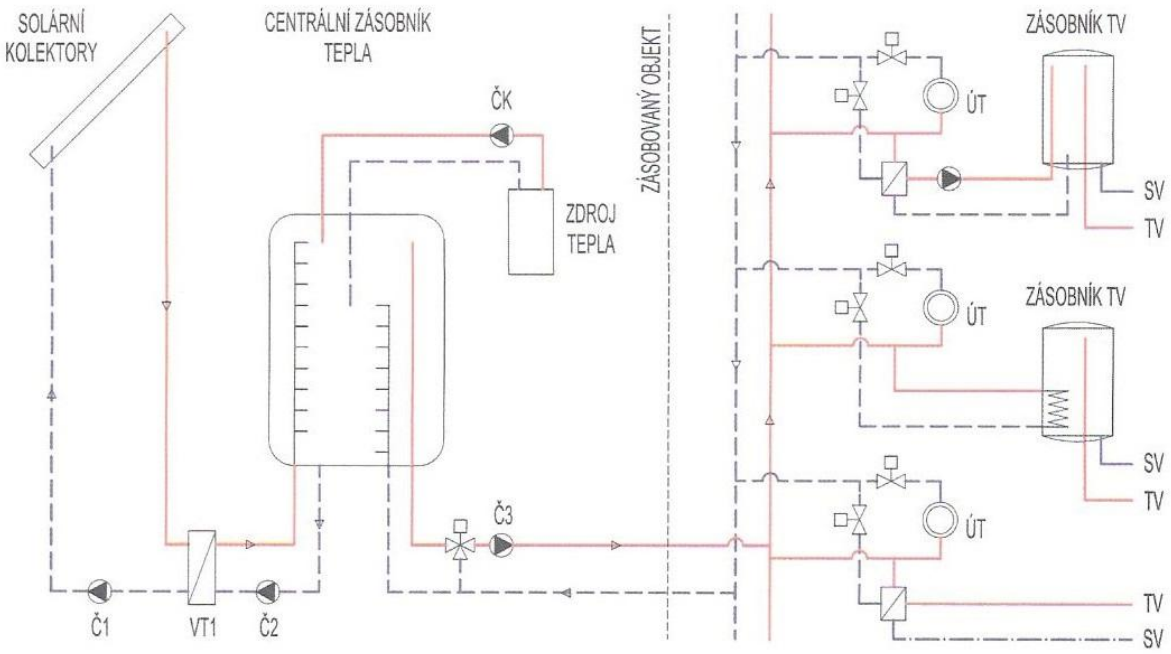
Obr. 13: Solární soustava se dvěma zásobníky s dodatkovým zdrojem pro oba zásobníky, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech

2.7.2. Velké solární kombinované soustavy

Velkoplošné systémy v kombinaci pro přípravu TV a podporu vytápění nejsou prozatím natolik rozšířené jako soustavy pouze pro přípravu TV. Dodatkový zdroj tepla se umisťuje buď do solárního zásobníku nebo častěji na jeho výstupu (dohřev).[2]



Obr. 14: Kombinovaná solární soustava se čtyřtrubkovým rozvodem, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech



Obr. 15: Kombinovaná solární soustava s 2-trubkovým rozvodem a třemi různými variantami lokální přípravy TV, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech

3. Příklad domu se solárním vytápěním

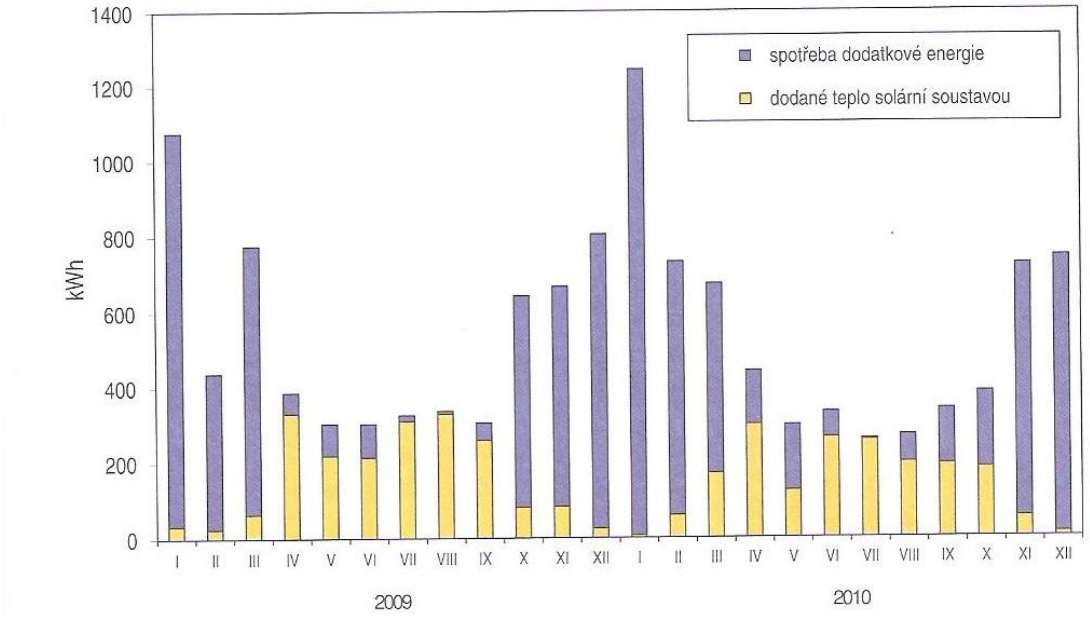
3.1. Rodinný dům Mnichovice

Rodinný dům v Mnichovicích u Prahy je nízkoenergetická budova, která má tepelnou ztrátu 5,2 kW. Domácnost je obývána čtyřčlennou rodinou se dvěma dětmi. Každodenní průměrná spotřeba teplé vody vychází přibližně kolem 140 l. Klíčovým zdrojem tepla v budově jsou el. vložky (4+4+2 kW) v centrálním zásobníku. [2]

Solární kombinovaná soustava se využívá pro přípravu teplé vody a ohřívání vody k vytápění v centrálním akumulačním zásobníku tepla o objemu 900 l. Teplá voda se připravuje průtočným způsobem ve vnitřním trubkovém výměníku umístěném v zásobníku tepla. *„Otopnou vodou je napájen tepelný výměník ve vzduchotechnické jednotce pro teplovzdušné vytápění a otopná tělesa v koupelnách domu.“* Solární soustava je složena 4 plochými ležatými solárními kolektory Thermosolar TS 330 o celkové rozloze zasklení 7,3 m^2 . Kolektory jsou umístěny se sklonem 60° na ploché střeše zastřešeného parkovacího místa pro osobní automobil. Primární okruh tvoří potrubí z mědi opatřený tepelnou izolací. Je připojen do vnitřního trubkového výměníku v dolní části akumulačního zásobníku, který je vyplněn nemrznoucí vodní směsí propylenglykolu.

V roce 2008 - 2010 byla solární soustava sledována. S výjimkou tepelných zisků dopravených primárním okruhem solární soustavy do solárního zásobníku tepla byla vyměřována i spotřeba pomocné elektrické energie na pohon regulátoru a oběhového čerpadla solární soustavy, spotřeba teplé vody a spotřeba dodatkové elektrické energie pro vytápění a přípravu TV. [2]

Z dlouhého sledování solární soustavy v RD Mnichovice vycházejí obecnější závěry, které se týkají účinnosti instalací malých solárních kombinovaných soustav v rodinných domech. V letech 2009 a 2010 činí celkový využitý tepelný zisk primárního okruhu solární soustavy 3 800 kWh. „ *Hodnota ročních měrných využitých zisků 260 kWh/(m^2.rok) je hodnotou běžně dosahovanou, běžně se reálně využité zisky kombinovaných solárních soustav pohybují od 250 do 350 kWh(m^2.rok) podle návrhového solárního pokrytí a energetické náročnosti domu.“* Roční solární pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody a vytápění konalo v průměru 30%. *Spotřeba dodatkového zdroje (elektrické energie) na dohřev byla v letech 2009 až 2010 v průměru celkem 4500 kWh/rok a roční náklady na vytápění a přípravu teplé vody v domě se tak pohybují pouze okolo 10 tisíc Kč.“* [2]



Obr. 16: Tepelné zisky solární soustavy a dodatkový ohřev v RD Mnichovice, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech

Závěr

V této diplomové práci bylo zmíněno vytápění fototermickými solárními soustavami . Solární vytápění se nevyplatí používat samostatně, a to z důvodu sezónnosti, kdy v letních měsících se solární energie nevyužije k vytápění tolik jako v zimním období. Docházelo by ke stagnaci systému a jeho přehřívání. Solární vytápění se v praxi používá v kombinaci s přípravou teplé vody.

Znalosti, které jsem nabyla v této teoretické části, jsem následně použila pro praktické využití na zadaném objektu hotelu. V projektu jsem použila kombinaci přípravy teplé vody a podporu vytápění.

Seznam použitých zdrojů

Knižní zdroje

[1] LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení: úvod k navrhování a provozu*. Praha: Grada, 2003. Stavitel. ISBN 80-247-0362-9.

[2] MATUŠKA, Tomáš. *Solární zařízení v příkladech*. Praha: Grada, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-247-3525-2.

[3] MATUŠKA, Tomáš a Werner WEIß. *Solární soustavy pro bytové domy: návrhy a stavba svépomocí*. Praha: Grada, 2010. Profi. ISBN 978-80-247-3503-0.

[4] REMMERS, Karl-Heinz. *Velká solární zařízení: úvod k navrhování a provozu*. Brno: ERA, 2013. Stavitel. ISBN 978-80-7366-110-6.

[5] THEMEßL, Armin a Werner WEIß. *Solární systémy: návrhy a stavba svépomocí*. V Gradě 1. vyd. Praha: Grada, 2005. Profi. ISBN 80-247-0589-3.

Online zdroje

[6] *Pozorování slunce: Formy sluneční energie* [online]. In: . [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://pozorovanislunce.eu/slunce/energie-ze-slunce/formy-slunecni-energie.html

[7] doc. Ing. MATUŠKA, Ph.D, Tomáš. Parametry solárních kolektorů. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru

[8] *Topenáři EKOMPLEX: Solární vytápění kapalinové / Sluneční kolektory* [online]. In: . [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-alternativni/solarni-vytapeni/kapalinove.php

Seznam použitých obrázků

Obr. 1: Roční úhrn sluneční energie pro Evropu [kWh/m^2*rok], zdroj: GeoModel Solar s.r.o. 11
Obr. 2: Roční úhrny sluneční energie pro ČR [kWh/m^2*rok], zdroj: GeoModel Solar s.r.o ... 12
Obr. 3: Roční doba slunečního svitu v ČR v hodinách, zdroj: ČHMÚ 12
Obr. 4: Roční úhrny energie slunečního záření v závislosti na orientaci a sklonu plochy, zdroj: Matuška T., Solární zařízení v příkladech 13
Obr. 5: Schéma plochého kolektoru, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy pro bytové domy 19
Obr. 6: Trubkový vakuový kolektor a jeho schéma, zdroj: www.topeni-topenari.cz 20
Obr. 7: Typické křivky účinnosti různých konstrukcí solárních kolektorů, zdroj: http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru 21
Obr. 8:Solární čerpadlová skupina, zdroj: www.solarni-sety.cz 24
Obr. 9: Odvzdušňovací ventil, zdroj: www.fepol.cz 25
Obr. 10: Různé velikosti expanzní nádoby, zdroj:www.thermotrade.cz 27
Obr. 11: Zapojení kolektorového a zásobníkového a osazení čidly, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy pro bytové domy 28
Obr. 12: Příklad zapojení solární soustavy s centrálním kombinovaným zásobníkem, zdroj: Matuška T. - Solární soustavy v příkladech 29
Obr. 13: Solární soustava se dvěma zásobníky s dodatkovým zdrojem pro oba zásobníky, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech 30
Obr. 14: Kombinovaná solární soustava se čtyřtrubkovým rozvodem, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech 30
Obr. 15: Kombinovaná solární soustava s 2-trubkovým rozvodem a třemi různými variantami lokální přípravy TV, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech 31
Obr. 16: Tepelné zisky solární soustavy a dodatkový ohřev v RD Mnichovice, zdroj: Matuška T. - Solární zařízení v příkladech 32