

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektroenergetiky a ekologie

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Zhodnocení různých variant použití solárních kolektorů
na rodinném domě**

**Vedoucí práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
Autor: Bc. Martin Šampalík**

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Martin ŠAMPALÍK**
Osobní číslo: **E11N0103P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Zhodnocení různých variant použití solárních kolektorů na rodinném domě**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište základní vlastnosti a technická specifika solárního záření.
2. Analyzujte různá zapojení solárních kolektorů a akumulčních nádrží pro ohřev TUV.
3. Navrhněte optimální orientaci kolektorů pro různé konfigurace systému.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. přednášky z předmětu KEE/SOES
2. materiály sdružení ENVIC

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Bělík, Ph.D.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2013


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




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá zhodnocením různých variant použití solárních systémů na rodinném domě. Jsou zde popisovány jednotlivé prvky solárního systému, možnosti jejich zapojení, výhody a nevýhody. Následně jsou vybrány dva typy provedení a jejich zhodnocení.

Klíčová slova

Solární kolektor, solární konstanta, sluneční energie

Abstract

Study of solar thermal collectors usage on family house

This thesis deals with the evaluation of different variants of solar systems in the family house. There are described various elements of the solar system in this paper, various connection options and their advantages and disadvantages. Next there is described usage of two design options and their assessment.

Key words

Solar collector, solar constant, solar energy

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

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

V Plzni dne 7. 5. 2013

Bc. Martin Šampalík

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Milanu Bělíkovi, Ph.D., za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce.

Dále bych rád poděkoval panu Václavu Švábovi z občanského sdružení ENVIC za připomínky a dohled nad prací.

Poděkování patří také rodičům a přátelům za jejich podporu při studiu.

Obsah

Obsah	8
Seznam symbolů	10
Úvod.....	11
1 Vlastnosti slunečního záření	12
1.1 Energie ze Slunce	12
1.2 Dopad energie na Zemi	14
2 Využití sluneční energie	18
2.1 Aktivní.....	18
2.1.1 Fotovoltaický panel.....	18
2.1.2 Solární kolektor.....	19
2.2 Pasivní	20
2.2.1 Přímý zisk přes okno.....	20
2.2.2 Trombeho stěna.....	20
3 Prvky solárního systému	22
3.1 Solární kolektory	22
3.1.1 Ploché selektivní kolektor	22
3.1.2 Podtlakový ploché kolektor	22
3.1.3 Vakuový trubicový kolektor	23
3.1.4 Koncentrační kolektor.....	23
3.1.5 Vzduchový kolektor.....	24
3.1.6 Vzduchokapalinový kolektor.....	25
3.2 Akumulační nádrže	25
3.3 Tepelný výměník.....	27
3.4 Oběhová čerpadla.....	27
3.5 Potrubí.....	28

3.6	Regulace	28
3.7	Teplonosné médium	29
4	Konfigurace soustav	30
4.1	Zapojení solárních kolektorů.....	30
4.1.1	Sériové řazení	30
4.1.2	Paralelní řazení	30
4.1.3	Sériově-paralelní řazení	31
4.2	Solární soustavy pro ohřev TUV.....	32
4.2.1	Systémy se samovolným oběhem.....	32
4.2.2	Systémy s nuceným oběhem.....	33
4.3	Solární soustavy pro ohřev TUV a vytápění	34
4.3.1	V akumulční nádrži na vytápění vnořený zásobník na TUV	35
4.3.2	Oddělené zásobníky na vytápění a TUV	36
4.3.3	V akumulční nádrži tepelný výměník pro TUV.....	37
4.4	Sklon solárních kolektorů	38
5	Zhodnocení soustav	41
5.1	Pro již postavený dům.....	41
5.2	Pro plánovanou stavbu	41
6	Závěr	42
7	Použitá literatura	44
8	Seznam obrázků a tabulek	46

Seznam symbolů

TUV	–	teplá užitková voda
PV	–	pitná voda
TV	–	teplá voda
SK	–	sluneční kolektor
e_A [kWh·m ⁻² ·a ⁻¹]	–	roční plošná měrná potřeba tepla
Z [-]	–	součinitel znečištění
p [Pa]	–	tlak [pascal]
η [-]	–	účinnost

Úvod

Práce, kterou předkládám, je zaměřena na zhodnocení různých variant použití solárních systémů pro rodinný dům. Toto téma mě velice zaujalo a rád bych se tématu z oblasti solárních systémů věnoval v budoucnu. Existuje mnoho možností, jak využít solární energii, která je stále „zadarmo“. Právě na tuto problematiku jsem se ve své práci zaměřil. V poslední době se ceny energií stále zvyšují a do budoucna zvyšovat budou. Proto narůstá poptávka po těchto systémech, které mohou ušetřit nemalé peníze. Pro každý objekt je situace jiná a nelze navrhnout univerzální systém, který bude fungovat všude.

Pro solární kolektory je nezbytné sluneční záření, proto se ve své práci zabývám jeho průběhem od samotného Slunce až po dosažení zemského povrchu. Jsou zde zmíněny možnosti využití získané energie ze Slunce, a to jak aktivním, tak pasivním způsobem. Okrajově je zde zmíněn i fotovoltaický panel. Následně zde rozebírám jednotlivé typy solárních systémů. Od solárních kolektorů, kde se zabývám jejich provedením, až po akumulární nádrže. Jsou zde také uvedeny jednotlivé prvky, které jsou potřebné pro správný chod solárního systému. Jedná se především o potrubí, teplotnosné médium, oběhová čerpadla a regulaci celého solárního systému. Také není opomenuto samotné zapojení solárních kolektorů na střeche. Zda se jedná o sériové zapojení, paralelní zapojení nebo kombinaci obou. V další části je popsán způsob zapojení pro přípravu pouze TUV, a to pomocí systému na samočinný oběh, nebo za pomoci oběhového čerpadla. Dále je zmíněno zapojení systému na ohřev TUV společně s podporou vytápění objektu. Jsou zde uvedeny některé varianty řešení zapojení akumulárních nádrží. V neposlední řadě se zabývám i samotným sklonem solárních kolektorů, který je pro efektivní využití rovněž velmi důležitý. Na závěr jsou vybrány dvě varianty možností využití systému a zhodnocení varianty nejlepší.

Diplomová práce analyzuje možnosti využití solární energie, především pro ohřev TUV nebo v kombinaci s vytápěním. Jsou zde zmíněny jednotlivé systémy a zhodnoceny jejich výhody a nevýhody, a také využití při konkrétních podmínkách.

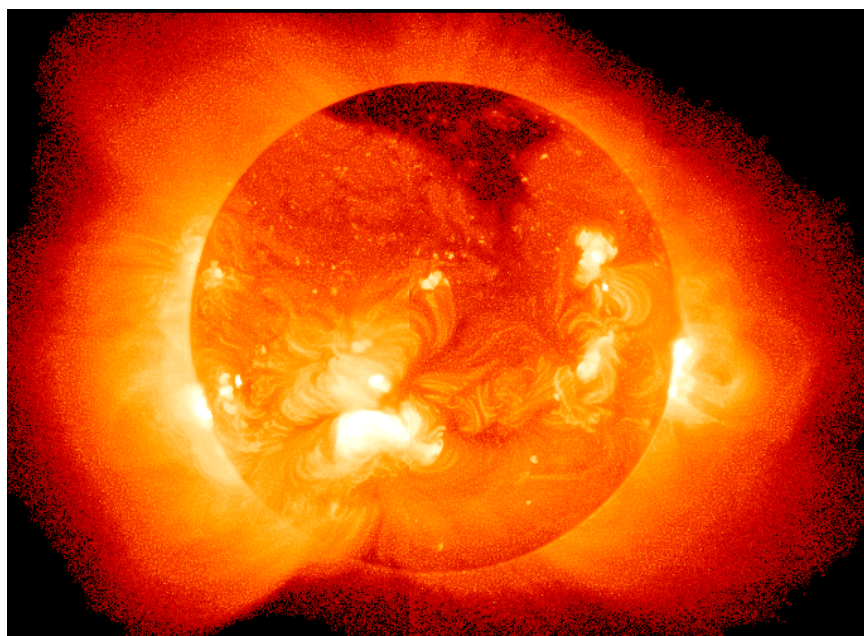
1 Vlastnosti slunečního záření

Na začátku této práce bych se rád zaměřil na základní vlastnosti slunečního záření. Sluneční záření vzniká jadernými přeměnami ve Slunci. Pro naši Zemi je tento druh energie označován jako nevyčerpatelný neboli obnovitelný.

Slunce tvoří centrum sluneční soustavy. Od Země je vzdálené přibližně 150 milionů km. Je to hvězda, která je nejbližší k Zemi. Energie vzniká přeměnou vodíku v helium. Teplota na povrchu Slunce je přibližně 6 000 K.

Slunce vyzáří energii do prostoru o hodnotě $3,85 \cdot 10^{26}$ W. Z tohoto obrovského množství dopadne na naši Zemi něco kolem $1,8 \cdot 10^{17}$ W.

[3]



Obr. 1 Slunce, převzato z [6]

1.1 Energie ze Slunce

Energie ze slunečního záření je nezbytná pro téměř všechny procesy, které probíhají na Zemi. Díky slunečnímu záření může probíhat fotosyntéza rostlin. Také způsobuje změny teploty, počasí a podnebí.

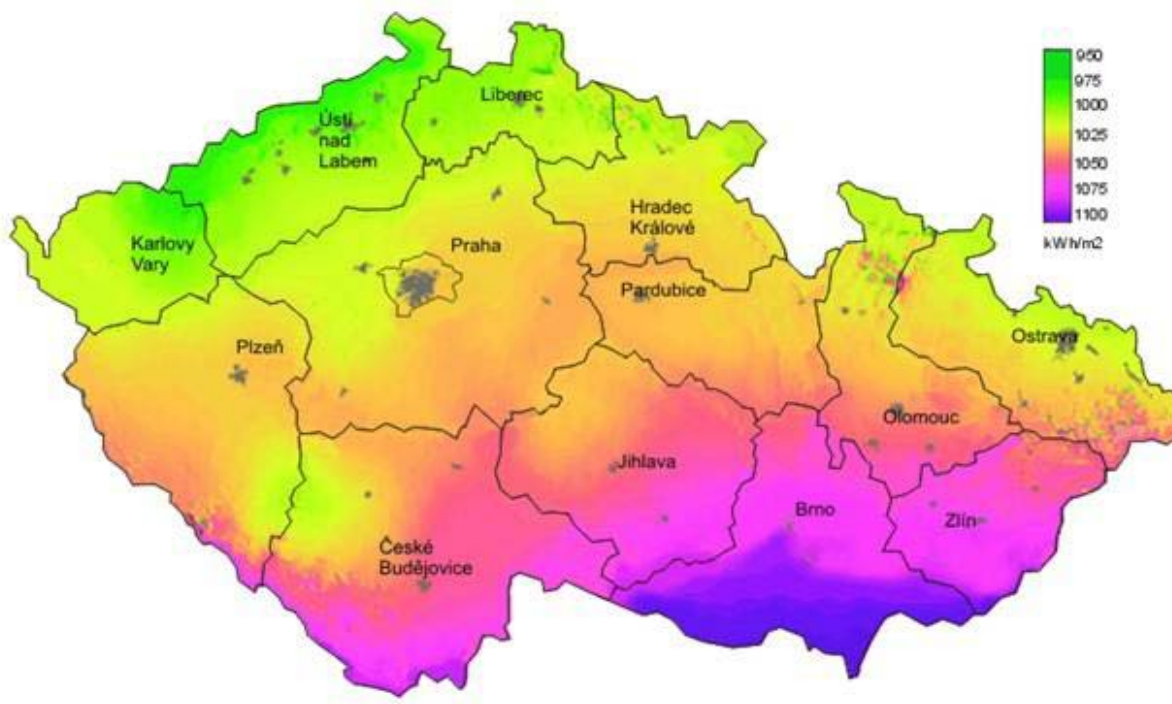
Na Zemi dopadá sluneční záření ve formě elektromagnetického záření. Toto spektrum slunečního záření můžeme rozdělit na:

- *Ultrafialové záření* – vlnové délky jsou menší než 390 nm
- *Viditelné záření* – vlnové délky jsou v oblasti od 390 nm do 760 nm
- *Infračervené záření* – vlnové délky jsou větší než 760 nm.

Téměř polovinu elektromagnetického záření proudícího ze Slunce na Zemi tvoří právě záření viditelné. To se může měnit podle oblačnosti. Jeho podíl se mění od 45 % do 60 % před vstupem do atmosféry. Druhý největší podíl před vstupem do atmosféry tvoří záření infračervené. To dosahuje přibližně 45 % toku energie. Nejmenší procentuální poměr zastupuje záření ultrafialové, které se ve větší míře v atmosféře absorbuje. Před vstupem do atmosféry tvoří přibližně 7 % celkového elektromagnetického záření ze Slunce.

Solární konstanta je tok sluneční energie dopadající kolmo na jednotkovou plochu. Její hodnota je $1\,367\text{ W/m}^2$.

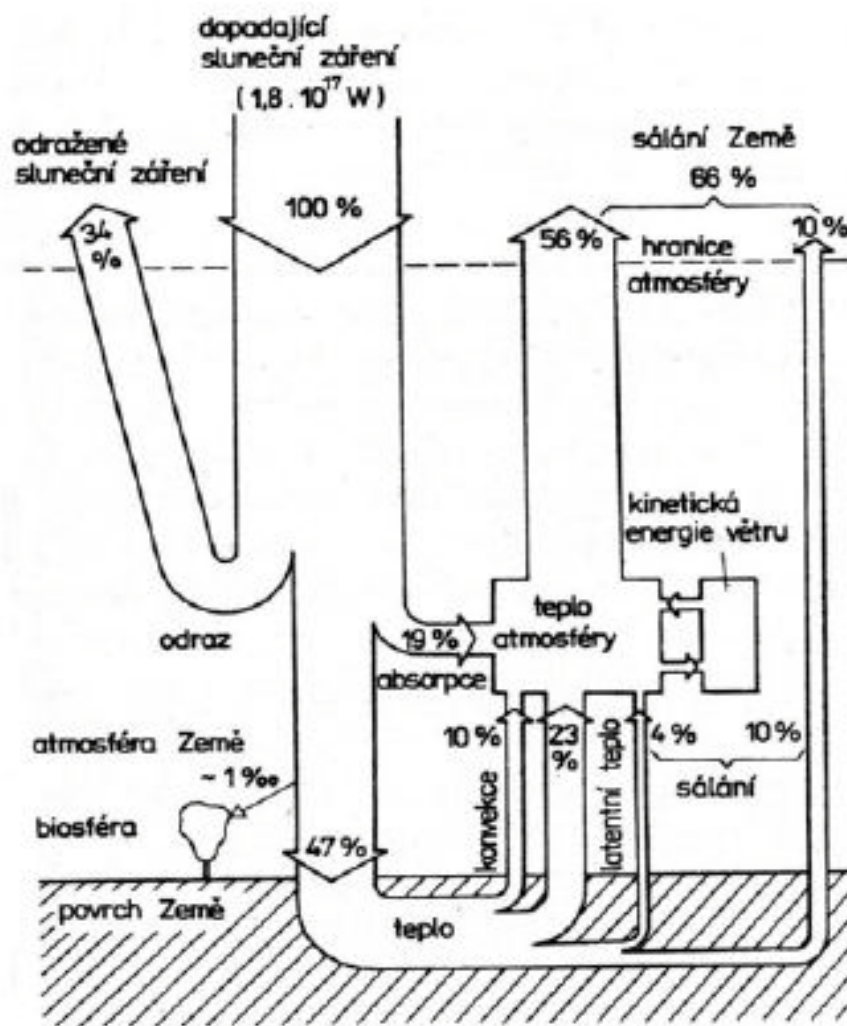
[3]



Obr. 2 Dopad slunečního záření v ČR, převzato z [7]

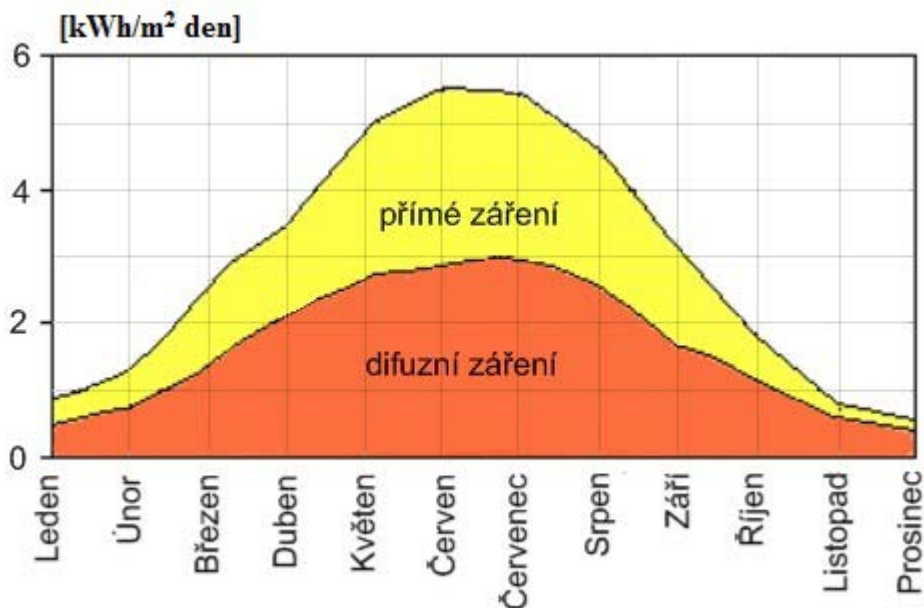
1.2 Dopad energie na Zemi

Z celkového toku energie, která dorazí k naší Zemi, se přibližně 19 % v atmosféře pohltí, 34 % se odrazí od mraků, částecek v ovzduší či od zemského povrchu zpět do kosmického prostoru. Pouze zbylých 47 % dopadne až k zemskému povrchu.



Obr. 3 Dopadající záření na Zemi, převzato z [3]

Pokud máme jasnou oblohu, dopadá na Zemi největší část záření přímo, bez změny směru. Tomu říkáme záření přímé. Toto záření jsme schopni zachytit nebo směřovat do určitého prostoru pomocí zrcadel či čoček. Pokud se přímé záření průchodem atmosférou rozptýlí o částecky či mraky, nazýváme toto záření jako difuzní. Difuzní záření se na Zemi dostává ze všech směrů, a proto jej nelze směřovat. Pokud spojíme přímé a difuzní záření dostaneme záření globální.



Obr. 4 Podíl přímého a difuzního záření pro ČR, převzato z [8]

V letních měsících nám difuzní záření tvoří v průměru jen 50 % globálního záření, zatímco v zimním období dosahuje skoro hodnoty 100 %. V následující tabulce je uvedeno záření, které dopadne na zemský povrch a podíl difuzního záření. Je vidět, že v zimním období dosahuje právě hodnoty 100 %.

	Záření [W/m^2]	Difuzní podíl [%]
Jasný letní den	800-1000	10
Zamlžený letní den	600-900	50
Mlhavý podzimní den	100-300	100
Zamračený zimní den	50	100
Průměr celého roku	600	50-60

Tab. 1 Porovnání záření a podíl difuzního záření k jednotlivým typům počasí [3]

Pokud je v atmosféře obsaženo více vodní páry, zvýší se i podíl difuzního záření. Následkem toho nám ubývá přímé záření. Intenzita záření při pravém poledni je:

- zamračené dny: 40 – 200 W/m^2
- jasné dny: 600 – 1 000 W/m^2

	Jasno	Oblačno
Léto	7-8 kWh/m ²	2 kWh/m ²
Jaro/podzim	5 kWh/m ²	1,2 kWh/m ²
Zima	3 kWh/m ²	0,3 kWh/m ²

Tab. 2 Porovnání slunečního záření při jasné a oblačné obloze [3]

Součinitel znečištění atmosféry nám udává informaci o tom, kolikrát by musela být hmotnější atmosféra, aby měla stejnou propustnost jako má atmosféra znečištěná. Udává nám pokles slunečního záření přes atmosféru. Značíme ho písmenem Z a je definován vztahem:

$$Z = \frac{\ln I_0 - \ln I_n}{\ln I_0 - \ln I_\xi} [-]$$

I_0 – solární konstanta (1 367 W/m²)

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

I_ξ – intenzita dopadající na kolmou plochu ke slunečním paprskům při dokonale čistém ovzduší

[3]

Součinitel znečištění může vycházet v hodnotách od 2 až do 8. Na vesnicích, kde je většinou čistější vzduch, je tento součinitel Z menší než ve městech. Také s rostoucí nadmořskou výškou součinitel znečištění Z klesá. Při měření na vrcholcích hor dosahují hodnoty $Z = 2$, naopak při měření ve městech, která jsou zaměřená na průmysl, se hodnota Z pohybuje mezi 5 až 6. Tento součinitel není v daném místě stálý. Je závislý na roční a denní době. V podmínkách pro Českou republiku lze počítat s hodnotami, které jsou uvedené v následující tabulce.

Měsíc	Průměrné měsíční hodnoty součinitele znečištění Z			
	Horské oblasti	Venkov	Města	Průmyslové oblasti
Leden	1,5	2,1	3,1	4,1
Únor	1,6	2,2	3,2	4,3
Březen	1,8	2,5	3,5	4,7
Duben	1,9	2,9	4,0	5,3
Květen	2,0	3,2	4,2	5,5
Červen	2,3	3,4	4,3	5,7
Červenec	2,3	3,5	4,4	5,8
Srpen	2,3	3,3	4,3	5,7
Září	2,1	2,9	4,0	5,3
Říjen	1,8	2,6	3,6	4,9
Listopad	1,6	2,3	3,3	4,5
Prosinec	1,5	2,2	3,1	4,2
Roční průměr	1,9	2,75	3,75	5,0

Tab. 3 Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry [3]

Energii pocházející ze Slunce můžeme využít pro přeměnu na elektrickou energii nebo pro přeměnu na teplo. Elektrickou energii dokážeme přeměnit pomocí křemíkových fotovoltaických panelů. Teplo dokážeme získat pomocí solárních kolektorů. Jak pracuje fotovoltaický panel a jak solární kolektor se budu zmiňovat v dalších kapitolách této práce.

2 Využití sluneční energie

Sluneční energii využíváme několika způsoby. Nejčastěji je rozdělujeme na systémy aktivní a systémy pasivní. V následujících podkapitolách si tyto systémy popíšeme.

2.1 Aktivní

Tyto systémy nám umožňují využívat vyšší efektivnosti. Můžeme sem zařadit systémy, které využíváme pro přeměnu na elektrickou energii (fotovoltaické panely) nebo systémy pro ohřev TUV nebo pro částečné vytápění objektu (fototermické kolektory).

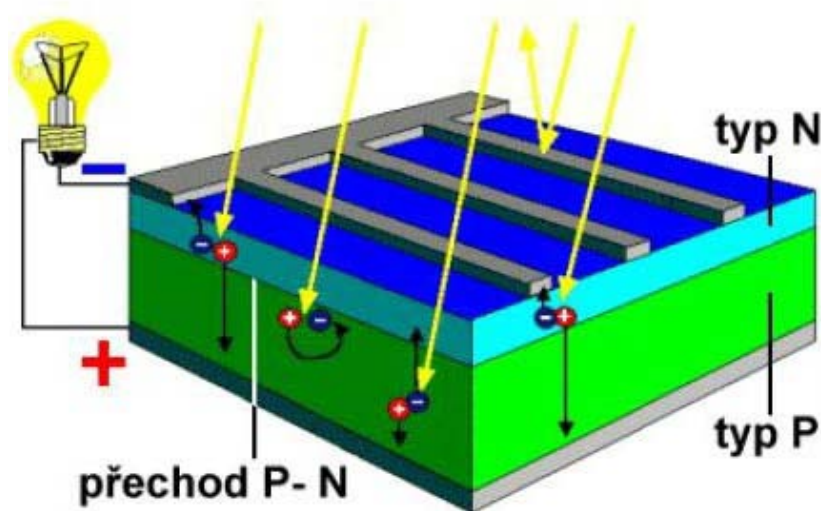
2.1.1 Fotovoltaický panel

Tyto typy panelů využíváme pro využívání solární energie k výrobě elektrické energie. K tomu nám slouží fotovoltaický jev.

Fotovoltaický jev nám umožňuje samotnou konstrukci fotovoltaického článku. Principem je to, že na rozhraní dvou materiálů, na které dopadá světlo, vzniká elektrické napětí. Pokud uzavřeme tento obvod, můžeme získat elektrický proud.

V dnešní době se používá nejvíce křemík. Je to pevná krystalická látka a má vlastnost polovodiče. Při dopadu fotonu na článek svojí energií uvolní z krystalové mřížky záporný elektron. Na přechodu mezi typem P a N vytvoří napětí. Připojením spotřebiče se začnou vyrovnávat kladné a záporné náboje a začne procházet elektrický proud. Přidáním více článků k sobě zvýšíme jak proud, tak i napětí. Tomuto spojení pak říkáme fotovoltaický panel.

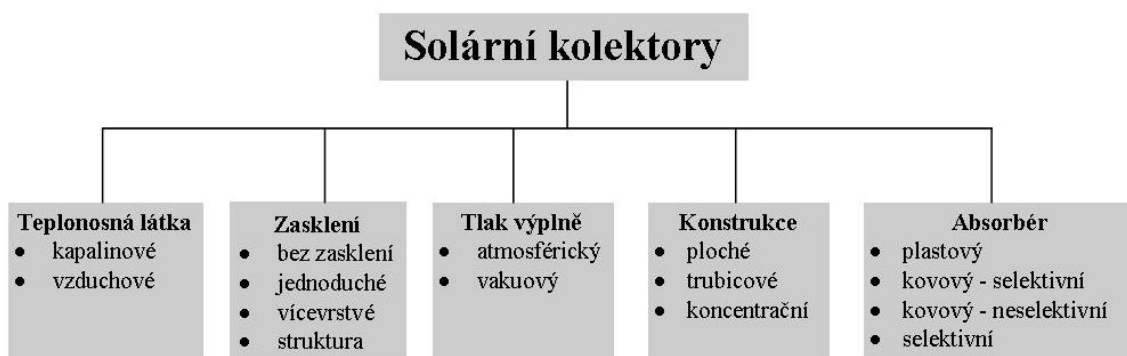
[1]



Obr. 5 Schéma solárního článku, převzato a upraveno z [9]

2.1.2 Solární kolektor

Solární kolektor, nebo lépe řečeno termický kolektor, je zařízení, které nám přeměňuje sluneční záření na tepelnou energii. Tepelná energie, která dopadá na absorpční vrstvu kolektoru je pomocí teplotnosného média dopravována do zásobníku. Můžeme využívat několik druhů solárních kolektorů, které se dělí podle různých parametrů, jež jsou zobrazeny v následujícím schématu.



Obr. 6 Rozdělení solárních kolektorů

2.2 Pasivní

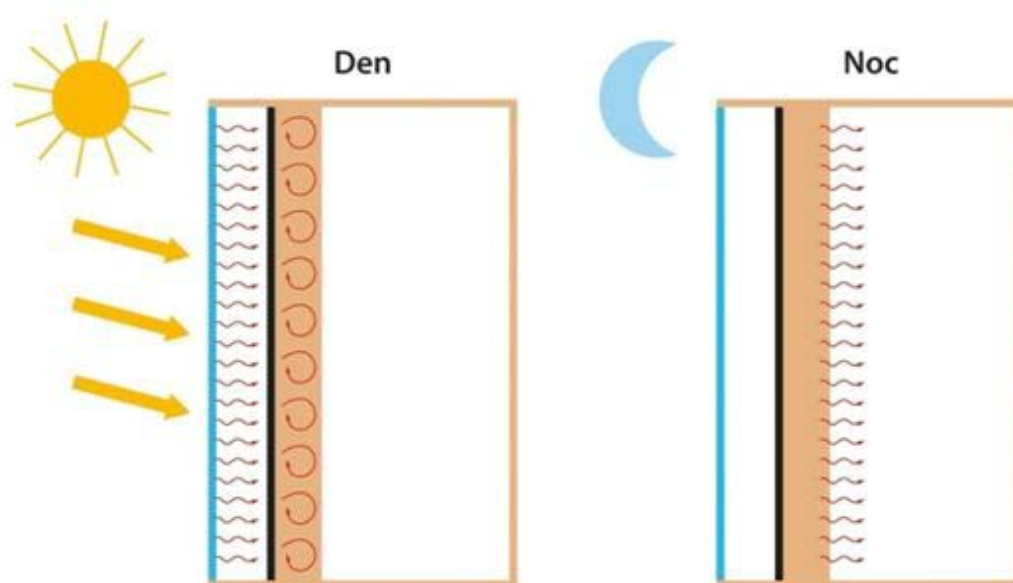
Systémy, které jsou spíše jednoduché a využívají stavební a architektonické úpravy budov. Nepoužívají žádná technická zařízení. Využívá se vhodné natočení stavby nebo umístění samotné budovy na pozemku. V těchto systémech se snažíme o co nejlepší a nejdelší přístup slunečních paprsků.

2.2.1 Přímý zisk přes okno

Pokud máme umístěné okno na jižní stranu, případně na východní či západní a konstrukce domu mají dobrou tepelnou kapacitu, je to nejjednodušší solární systém. Sluneční paprsky, které dopadají na okno, z největší části projdou přímo do místnosti, v menší míře se odrazí nebo pohltní. Paprsky, které projdou do místnosti, se při dopadu na stěnu nebo na zařízení přemění na teplo. Vlivem cirkulace vzduchu se v místnosti zvyšuje teplota. Ta se akumuluje přímo do stěn nebo zařízení, která jsou v místnosti. Tento systém prakticky funguje v každém domě a pomáhá snižovat roční spotřebu energie.

2.2.2 Trombeho stěna

Základem Trombeho stěny je stěna z těžkého materiálu, který je dobře tepelně vodivý. Takový materiál je například beton nebo plné cihly. Jejich povrch je natřen černou barvou a zakrytý jednoduchým nebo dvojitým sklem. Schéma Trombeho stěny je vidět na obrázku.



Obr. 7 Trombeho stěna, převzato z [10]

Dopadající sluneční paprsky prochází přes sklo a zahřívá černou vrstvu stěny. Teplo se akumuluje ve zdi a prochází dovnitř budovy. Nejvyšší teploty dosahuje tento systém až ve večerních hodinách, neboť prostup tepla dovnitř budovy je opožděn přibližně o 5 – 10 hodin. Tato stěna je obvykle opatřena otvory pro průchod ohřátého vzduchu ze vzduchové mezery Trombeho stěny do přitápěné místnosti. Jde o vhodný doplněk k oknům, která nám poskytují tepelný zisk okamžitě. Hlavní a velkou nevýhodou tohoto systému jsou, stejně jako u oken, velké tepelné ztráty směrem ven. Použitím dvojskla nebo trojskla lze snížit tepelné ztráty.

[2]

3 Prvky solárního systému

3.1 Solární kolektory

Solární kolektory jsou hlavním prvkem tohoto systému. Následně si popíšeme jednotlivé typy solárních kolektorů.

3.1.1 Plochý selektivní kolektor

Tento typ kolektorů je zasklený, s kovovým absorberem. Je izolovaný na boční a zadní straně, což snižuje tepelné ztráty. Absorbér musí mít co největší součinitel absorpce a výbornou tepelnou vodivost. Kolektorová skříň musí být dobře uzavřená a utěsněná, aby se co možná nejvíce snížily tepelné ztráty a také aby se zabránilo vniknutí prachu a malých částic. Ty by mohly způsobit poškození kolektoru. Proto se tento typ kolektoru může používat pro ohřev vody a vytápění.



Obr. 8 Plochý kolektor, převzato z [14]

3.1.2 Podtlakový plochý kolektor

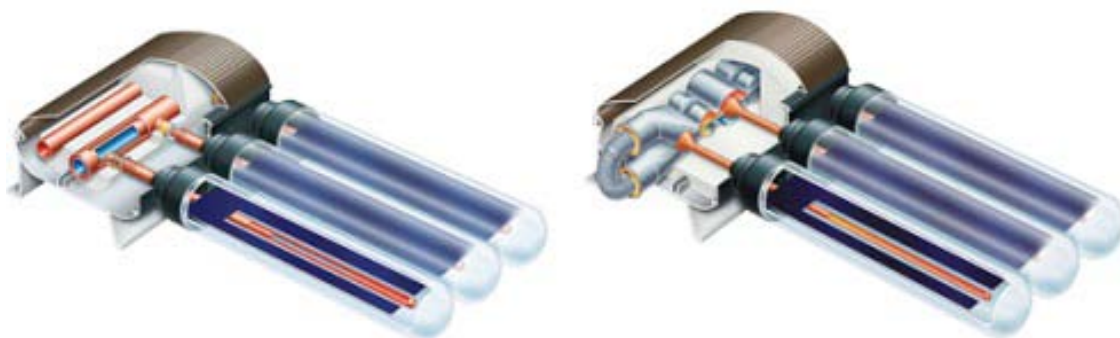
Jedná se o plochý kolektor, který je částečně vakuovaný. Charakteristickým znakem je přípojka potrubí na vývěvu. Až po dokončení instalace je pomocí vývěvy kolektor vakuován. Další možností je použití vzácného plynu. V dnešní době je používán krypton.



Obr. 9 Podtlakový plochý kolektor od firmy Thermo-Solar, převzato z [15]

3.1.3 Vakuový trubicový kolektor

Kolektor s plochým absorbérem, který je umístěn ve skleněné vakuované trubici. Tlak uvnitř kolektorů je nižší než atmosférický tlak v okolí kolektoru. Tím je zajištěno snížení tepelných ztrát. To bylo zjištěno studií, protože největší část tepla se ztrácí konvekcí od absorbéru k zaskleněnému povrchu či okrajům. Pod pojmem konvekce rozumíme pohyb vzduchu. Proto odstranění vzduchu vede ke snížení tepelných ztrát kolektoru. Tlak uvnitř trubice je menší než 10^{-3} Pa, čímž dojde k výrazným omezením tepelných ztrát. Je tím také zajištěn vysoký přenos tepla z absorbéru do teplonosné kapaliny. Tento typ kolektorů je vhodný pro celoroční provoz jak pro ohřev vody, tak i vytápění. Nevýhoda tohoto typu kolektoru je jeho vysoká cena.

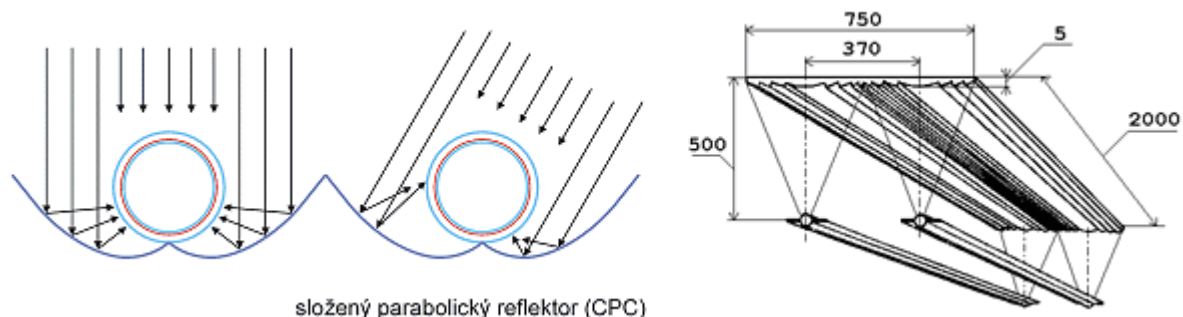


Obr. 10 Vakuový trubicový kolektor, převzato z [11]

3.1.4 Koncentrační kolektor

Koncentrační kolektor využívá pomocí optické cesty, zrcadly nebo čočkami, směr slunečního záření a tím několikanásobně zvyšuje záření na absorbér. Díky tomuto

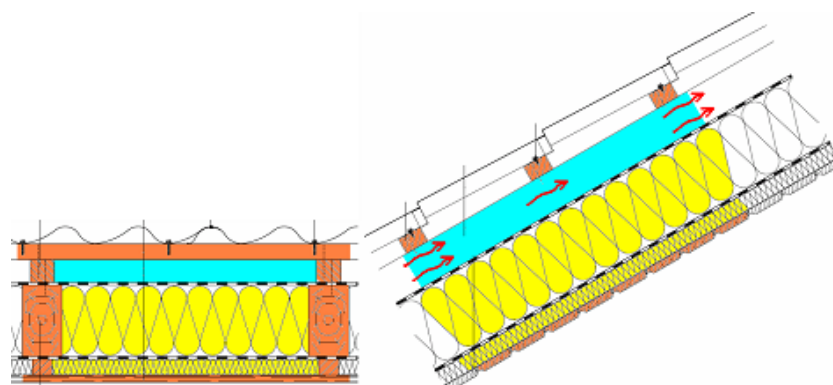
nasměrování můžeme zvyšovat teplotu podle potřeby. U těchto typu kolektoru se pohybují teploty od 80 °C do 2 000 °C. Takto koncentrovat lze pouze záření přímé. Proto použitelnost tohoto typu kolektoru v našem klimatu nevyužitelná, protože zde převládá záření difuzní.



Obr. 11 Vlevo kolektor s reflektorem, vpravo kolektor s čočkou, převzato z [12]

3.1.5 Vzduchový kolektor

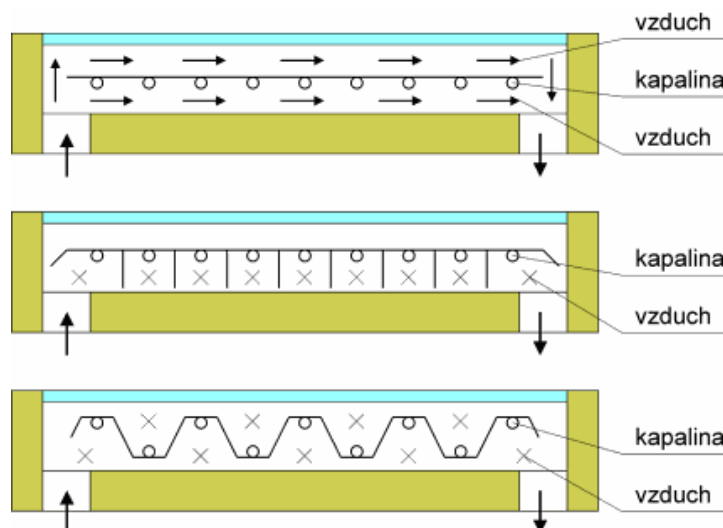
Vzduchové kolektory využívají sluneční záření pro ohřev vzduchu, který proudí absorberem. Ten je umístěn v izolovaném prostoru, který je uzavřen prosklenou tabulí. Konstrukčně se podobá plochému kolektoru. Vzduch, jako teplonosná látka se moc nerozšířila oproti kapalině. Hlavním důvodem je fakt, že k přenosu stejného množství tepla je zapotřebí mít u vzduchu několikanásobně větší objem než u vody. Hustota vody je 1 000 krát větší, než hustota vzduchu. Mezi další příčinu, proč se vzduchové kolektory nepoužívají, bych uvedl, že hnací zařízení (např. ventilátory) spotřebují více energie než stejná zařízení potřebná pro pohon kapalného média (čerpadla). Existuje ale také celá řada výhod. Rád bych zmínil skutečnost, že tento typ kolektoru nemůže v zimním období zamrznout. V letních měsících nám nevadí chod naprázdno.



Obr. 12 Princip vzduchového kolektoru, převzato z [16]

3.1.6 Vzduchokapalinový kolektor

Tento typ kolektoru je zajímavý tím, že vzduch je nasáván kolektorem a proudí kolem absorberu. Ven vzduch vystupuje ohřátý a je rozváděn pomocí potrubí do objektu. Vodní část systému je stejná jako u klasického plochého kolektoru. Tento typ kolektoru má ovšem nižší účinnost než plochý kolektor. Využití takového typu je spíše pro speciální použití, jako jsou vikendové chaty.

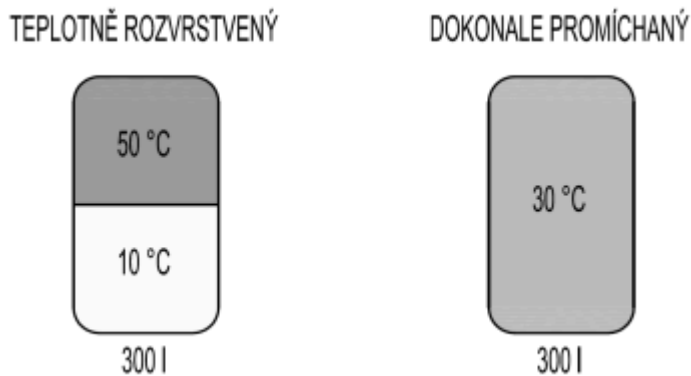


Obr. 13 Vzduchokapalinový kolektor, převzato z [17]

[5]

3.2 Akumulační nádrže

Akumulační nádrže jsou hned po solárních kolektorech druhým nejdůležitějším prvkem celého solárního systému. Právě při výběru akumulční nádrže se musí pečlivě zvážit každá maličkost. Důležitou vlastností akumulční nádrže je objem této nádrže. Při výběru musíme mít na paměti fakt, že Slunce nám nesvítl pořád, a proto musíme mít dostatek teplé vody v zásobníku na určitou dobu. Zásobník by měl být stojatý, aby umožňoval tzv. stratifikaci. Stratifikace je pojem, kterým si můžeme představit rozvrstvení. V našem případě se jedná o rozvrstvení teplot uvnitř zásobníků. Čím je zásobník vyšší a štíhlejší, tím je toto vrstvení výraznější.



Obr. 14 Akumulační nádrže, převzato z [18]

Toto rozvrstvení je způsobeno tím, že studená voda má větší hustotu, je těžší a vytlačuje teplejší vodu nahoru. Pokud máme zásobník rozvrstvený, můžeme umístit výměníky do určitých výšek zásobníků podle potřeby jednotlivých spotřebičů. Důležitá je u akumulčních nádrží také izolace. Potřebujeme, aby nám teplá voda v zásobníku vydržela co možná nejdéle. V dnešních typech akumulčních nádrží jsou izolace o minimálních tloušťkách 8 cm. Izolace musí přiléhat k zásobníku co možná nejtěsněji. Největší tepelné ztráty jsou u přírub, proto se nesmí tyto části podceňovat.

Dalším parametrem, který musíme ohlídat, je jakost pitné vody. Pokud využíváme celoroční provoz solárního systému, máme v teplotním médiu přidanou nemrznoucí směs. Ta se nesmí dostat do oblasti pitné vody. Zvýšením tlaku v oblasti pitné vody je zaručeno, že při možné netěsnosti bude prosakovat pitná voda do okruhu teplotního média a ne naopak. Dalším nebezpečím, které se může objevit je výskyt choroboplodných zárodků Legionely. Teplota pitné vody mezi 35 °C a 45 °C je ideálním prostředím pro mikroorganismy. Pokud budeme mít teplotu v zásobníku nad 60 °C, tím si zaručíme zneškodnění bakterie Legionely. Pro energetické úspornější řešení je možnost, udržovat trvale nižší teploty a jednou za několik dní zahřát na vyšší teploty, čímž se bakterie Legionely zlikvidují. V praxi je tento způsob dosti rozšířen.

[5]

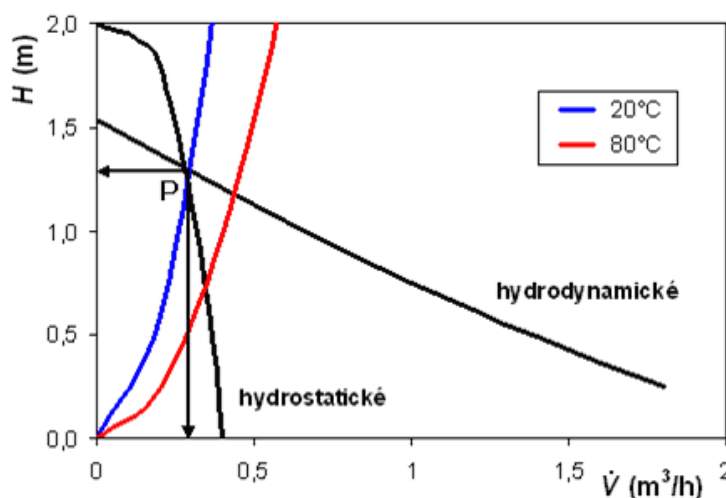
3.3 Tepelný výměník

Pomocí tepelného výměníku předáváme teplo z jednoho média do druhého. Princip si můžeme představit jako obyčejné ústřední topení, kde pomocí teplé vody ohříváme vzduch v místnosti. U solárního systému ohříváme vodu v akumulární nádrži. Aby vůbec mohlo dojít k výměně tepla, je potřeba mít rozdíl teplot obou médií. Pokud máme zaručen rozdíl, pak dochází k přenosu tepla z teplejšího média na chladnější. Tepelný výkon můžeme zvýšit několika prvky. Jedním z nich je změna teplot. Pokud je rozdíl větší, tepelný výkon stoupá. Dalším parametrem je plocha výměníku. Čím větší je plocha, tím větší je přenos tepla.

[5]

3.4 Oběhová čerpadla

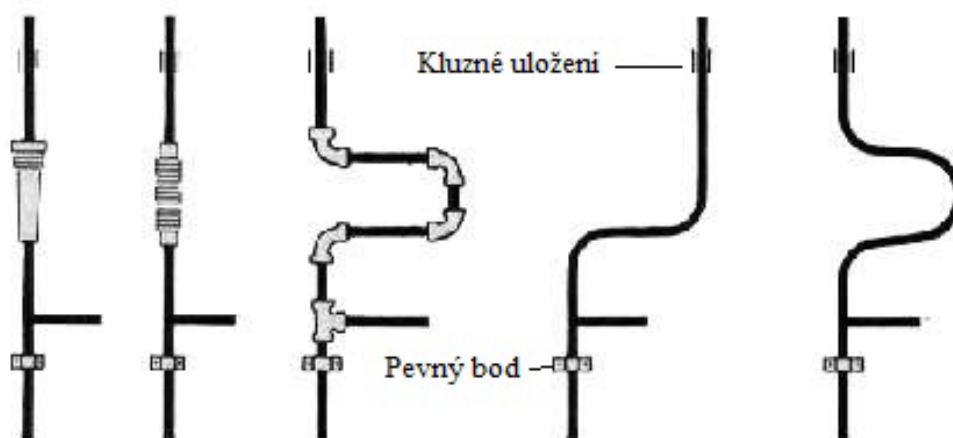
Oběhová čerpadla jsou hybným prvkem soustavy. Zajišťuje nám dopravu látky mezi solárním kolektorem a akumulární nádrží. Tato oběhová čerpadla můžeme rozdělit na dva typy. Jeden typ jsou čerpadla hydrostatická a druhý typ čerpadla hydrodynamická. U hydrodynamických čerpadel můžeme brát rychlost energie a potenciální energii za rovnocenné. To ale neplatí u hydrostatických. Tam je rozhodující potenciální energie a rychlost energie můžeme zanedbat. Můžeme se podívat na následující charakteristiku. Hydrostatická čerpadla se vyznačují strmou charakteristikou, což má za následek nezávislý průtok při ztrátách tlaku v potrubí. Tím můžeme přesněji nastavit a udržovat stálý průtok v systému. Častěji se ale používají čerpadla hydrodynamická.



Obr. 15 Charakteristika oběhového čerpadla, převzato z [19]

3.5 Potrubí

Potrubí spojuje solární kolektory a akumulční nádrž. Vhodným materiálem pro potrubí je měď. Velmi důležité je vědět, že při rozdílu 100 K se měděné trubky roztáhnou o 1,7 mm. Proto při instalaci se musíme držet základního pravidla, že pokud je trubka umístěna mezi dvěma pevnými body, musí mít možnost se rozpínat. K tomu nám pomáhají tzv. dilatační prvky.



Obr. 16 Dilatační prvky, převzato a upraveno z [20]

Zde si musíme také dát velký pozor na izolaci. Je potřeba, aby izolace byla celistvá a neporušená po celé délce systému. Pokud bude docházet ke ztrátám, bude se snižovat i solární zisk.

[5]

3.6 Regulace

Důležitou součástí solárního systému je regulace. Jejím úkolem je zajistit předávání tepla během slunečního svitu a naopak zabránit odvádění tepla opačným směrem v době, kdy Slunce již nesvítí. Tím nám zajišťuje co nejvyšší účinnost solárního systému při všech podmínkách. Nejjednodušší varianta použití regulace je taková, že se umístí dvě teplotní čidla do oběhu. Jedno se umístí na absorber solárního kolektoru a druhé je umístěno v akumulční nádrži přibližně ve výšce výměníku. Pak už je jen na nastavení rozdílů teplot, kdy má

čerpadlo sepnout. V dnešní době existuje celá řada regulací, které jsou schopny hlídat různé možnosti, např. zamezit vzniku vodního kamene nebo zabezpečit akumulární nádrž kvůli přehřátí.

[5]

3.7 Teplonosné médium

Úkolem teplonosného média je přenést vyrobené teplo z kolektoru do akumulární nádrže. Musí ovšem splňovat řadu požadavků. Jedním z nich je vysoká tepelná kapacita. Dalším požadavkem je nízká viskozita, aby nevznikaly ztráty třením v potrubí. Pokud využíváme systém celoročně, nesmí teplonosné médium zamrznout. Naopak v teplém období se nesmí projevit var. Toto médium musí být chemicky šetrné k potrubí, aby nepodporovalo korozi. Dalšími parametry jsou nehořlavost, nejedovatost, nesmí být dráždivé a žíravé. Pokud by došlo k úniku, musí být biologicky odbouratelné. Vhodným médiem je voda, ale její využití je pouze v letních měsících, protože voda při 0 °C zamrzá. Abychom mohli použít vodu i v celoročním provozu, musíme ji smíchat s nemrznoucí směsí. Použít můžeme přípravky glykoly a inhibitoru proti korozi.

[5]

4 Konfigurace soustav

4.1 Zapojení solárních kolektorů

Spojením kolektorů vytvoříme kolektorové pole, které nám zajistí stejný průtok všemi kolektory. Tím zajistíme, aby proudící médium rovnoměrně protékalo všemi kolektory a ty tak mohly předávat svoji energii. Pokud by toto nebylo dodrženo, může nastat případ, kdy některé části kolektorů se budou přehřívat a některé se nestačí ani ohřát. V podstatě můžeme využít zapojení sériové, paralelní a jejich kombinací vznikne zapojení sériově-paralelní.

4.1.1 Sériové řazení

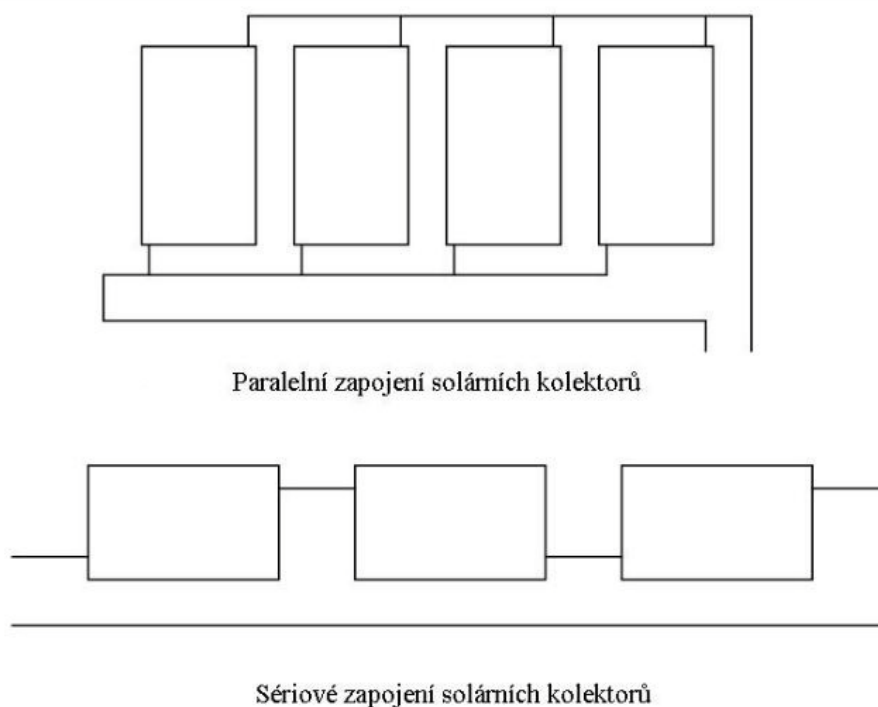
Sériové řazení solárních kolektorů je zapojení, při kterém jsou všechny kolektory protékány stejnoměrně. Nevýhodou je, že s každým dalším kolektorem zapojeným v sérii se zvyšuje teplota média, ale hlavně se zvyšuje průtočný odpor. Tento typ zapojení je vhodný pouze pro 2 až 3 kolektory. Pro více kolektorů se tento typ řazení nedoporučuje.

[4]

4.1.2 Paralelní řazení

Při paralelním řazení solárních kolektorů je způsob zapojení řešen přes společný přívod a společný odvod do všech kolektorů. To můžeme nazývat sběrné potrubí. Musíme zde zajistit, aby byl proud média rozdělen do všech kolektorů rovnoměrně. Toho dosáhneme tím, že trubky v kolektorech budou stejně dlouhé, což má za následek stejný odpor při proudění. Dalším předpokladem je, aby vstup a výstup z kolektoru byly v opačném rohu, což zajistí stejně dlouhé cesty.

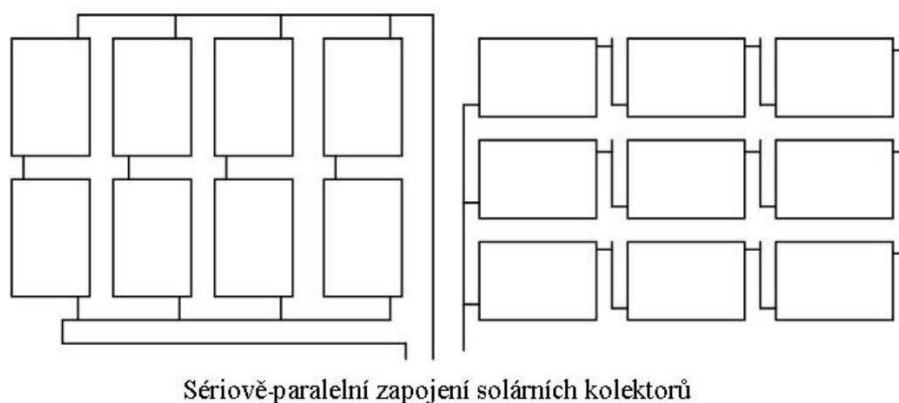
[4]



Obr. 17 Sériové a paralelní zapojení solárních kolektorů

4.1.3 Sériově-paralelní řazení

Sériově paralelní řazení kolektorů je vhodným typem pro větší soustavy. Využívají výhody obou zapojení. Na jedné straně rovnoměrné průtoky a na druhé straně malý odpor proudění.



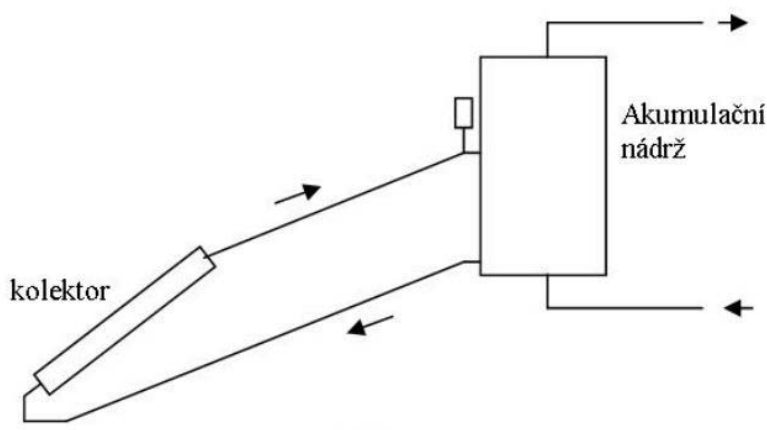
Obr. 18 Sériově-paralelní řazení solárních kolektorů

4.2 Solární soustavy pro ohřev TUV

Tento typ soustavy nám zajistí ohřev teplé vody. Existuje celá řada možností. V následujících podkapitolách se pokusím představit a vysvětlit jednotlivá řešení a jejich výhody a nevýhody.

4.2.1 Systémy se samovolným oběhem

Tento typ systému je konstrukčně jednoduchý. Principem je samočinný oběh vody, kdy teplejší voda ohřátá v kolektoru je vlivem menší hustoty vytlačovaná studenou vodou s větší hustotou. V tomto systému není potřeba žádného čerpadla. Na první pohled je tento typ systému rozeznatelný, neboť akumulční nádrž je umístěna nad kolektory. Je také důležité, aby byla akumulční nádrž umístěna co nejbližší kolektorům a také, aby v potrubí nebyly žádné ostré ohyby. Tím se eliminují ztráty třením v potrubí.



Obr. 19 Systém se samovolným oběhem

Výhody:

Výhoda tohoto systému spočívá v tom, že se jedná konstrukčně jednoduchý systém. Celý systém pracuje bez čerpadla, což je obrovská výhoda. Tím se zvyšuje spolehlivost celého systému. Není potřeba cizí energie a nemusí se ani řídit pomocí regulátorů. Tento systém lze provozovat s otevřeným solárním okruhem. Tím se celý systém ještě zjednoduší, protože odpadnou prvky jako tlakoměr, pojistný ventil či odvzdušňovací ventil. Mezi výhodu bych zařadil i nízkou cenu systému v porovnání se systémem s nuceným oběhem.

Nevýhody:

Nevýhody budu srovnávat s nuceným oběhem. Dosahuje nižší účinnosti a menšího zisku energie při stejné ploše kolektorů. Mezi další nevýhodu bych zařadil fakt, že akumulární nádrž musí být umístěna nad solárními kolektory a co možná nejbližší. To značně komplikuje použití.

Možnost využití

Největší využití tohoto systému můžeme očekávat v místech, kde je stále teplé klima. Z našeho pohledu je nejvýhodnějším místem jižní část Evropy. V našich podmínkách ČR je tento systém téměř nevyužitelný, neboť akumulární nádrž umístěna venku má příliš velké tepelné ztráty.

4.2.2 Systémy s nuceným oběhem

Tento systém je v porovnání s předchozím systémem vybaven čerpadlem. Aby mohlo čerpadlo správně pracovat, je potřeba, aby bylo řízeno. To nám zajistí regulátor. Pokud již zde máme čerpadlo a tím máme zajištěn pohyb média, můžeme umístit solární kolektory a akumulární nádrž dle naší potřeby.

Výhody

Mezi výhody tohoto systému bych zmínil možnost nakonfigurovat si jednotlivé prvky podle potřeby. Nejsme limitováni jako v předchozím případě.

Nevýhody

U tohoto systému je hlavní nevýhodou cena. Vyšší cenu způsobuje hlavně čerpadlo a jeho řídicí jednotky.

Možnost využití

Využívání tohoto systému je rozšířené v oblastech, kde nelze využít systém se samočinným oběhem. Na našem území se tento systém využívá ve značné míře. Lze využít i v místě, kde není dostupnost elektrického proudu. V těchto případech je využito napájení pomocí fotovoltaického panelu, který dodává stejnosměrné napětí potřebné pro čerpadlo.

4.3 Solární soustavy pro ohřev TUV a vytápění

Systémy, které nám slouží k ohřevu teplé vody a společně také k vytápění objektu se v poslední době značně rozšiřují. Hlavním důvodem pro to je, že v samotných objektech. Nové stavby jsou postaveny z materiálů, které mají velmi výborné izolační vlastnosti. Tyto novostavby pak můžeme označovat za pasivní domy nebo nízkoenergetické domy.

Pasivní domy jsou charakterizovány podle české normy ČSN 73 0540 takto: „*Pasivní domy jsou budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění nepřesahující $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. Takto nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé topné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání obsahujícím účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot. Navíc musí být zajištěno dosažení návrhových teplot vnitřního vzduchu po provozní přestávce v přiměřené době (uvedené v projektové dokumentaci). Současně nemá u těchto budov celkové množství primární energie spojené s provozem budovy (vytápění, ohřev teplé vody a elektrická energie pro spotřebiče) překračovat hodnotu $120 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$. Primární energie je taková, kterou je třeba uvolnit při energetické přeměně v místě zdroje. Podle povahy zdroje se používá přepočtu: primární energie = energie potřebná na vstupu do budovy \times faktor energetické přeměny. Faktor energetické přeměny se uvažuje hodnotou 3,0 pro elektrickou energii, 1,0 pro obvyklá paliva, 1,1 pro obvyklé dálkové vytápění, hodnotou 0 pro obnovitelné zdroje energie, nejsou-li k dispozici podrobnější místní údaje nebo jiné závazné hodnoty.*“

Definice nízkoenergetického domu je podle normy ČSN 73 0540: „*Nízkoenergetické domy jsou budovy s roční plošnou měrnou potřebou tepla na vytápění e_A , nepřesahující $50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ a které využívají velmi účinnou topnou soustavu.*“

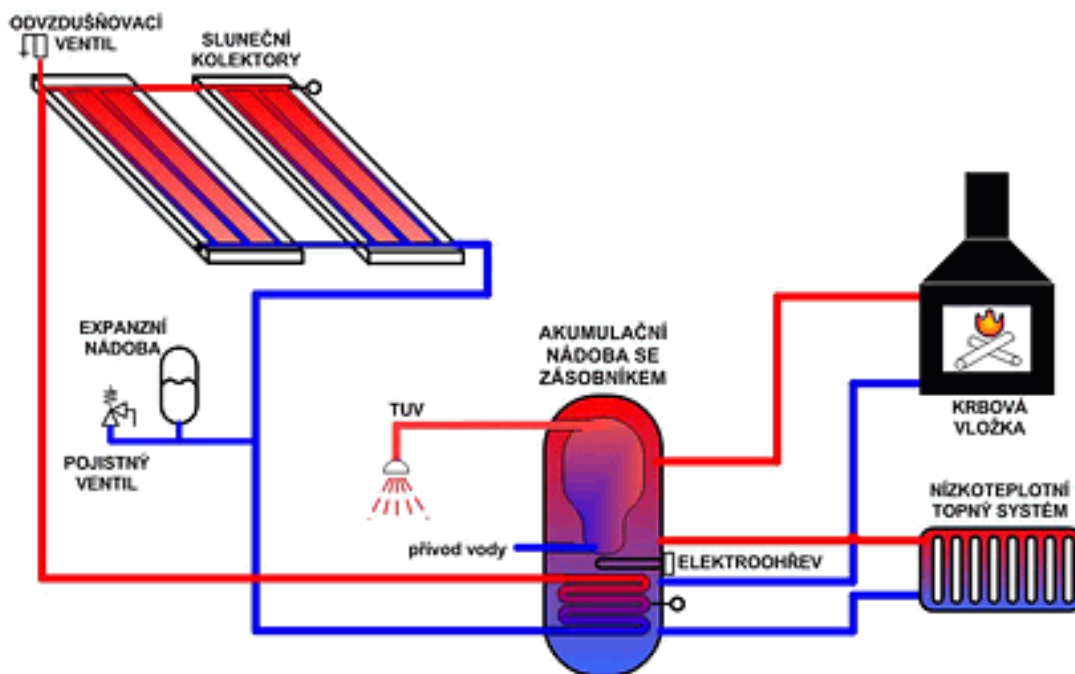
U těchto typů objektu, které potřebují jen málo energie pro vytápění je použití solárních systému vhodným způsobem. Lze je kombinovat s vytápěním v podlaze či ve stěnách. Tím se snižuje potřebná teplota vody pro vstup do otopné soustavy. Při tomto použití stačí mít teplotu vody ohřátou na 35 - 40 °C. Zde existuje celá řada provedení. Já se zaměřím na následující možnosti, které budu popisovat a hodnotit.

4.3.1 V akumulční nádrži na vytápění vnořený zásobník na TUV

V podstatě se jedná o systém dvou zásobníků. Jeden menší zásobník na TUV je vnořen do většího zásobníku. Umístění zásobníku na TUV je v horní polovině nádrže, čímž je zajištěno uložení v teplejším prostředí a umožňuje ohřívat zásobník na TUV a tím i obsah zásobníku. Můžeme využít různé provedení nabíjení. Lze nabíjet jen zásobník, který využívá stratifikaci. Tím máme zajištěnou vyšší teplotu v horní části nádrže. Tím se vyhřívá i samotná nádrž na TUV. Dalším způsobem je nabíjet jak část zásobníků tak i část zásobníku na TUV. Dle potřeby můžeme upřednostňovat, jaký zásobník budeme nabíjet nejdřív.

Využití tohoto uspořádání je v našich podmínkách nevyhovující. Proto lze k tomuto systému připojit ještě další části, které nám pomohou k dosažení požadované teploty. Lze využít ohřev pomocí elektrické spirály či využít kotle.

Výhody použití vnořeného zásobníku jsou v tepelných ztrátách. Ty jsou podstatně menší, než v oddělených zásobnících. Také je použito menší množství potrubí a s tím spojené další teplotní ztráty. Nevýhodou při nabíjení jen hlavního zásobníku je dlouhá doba přípravy TUV.

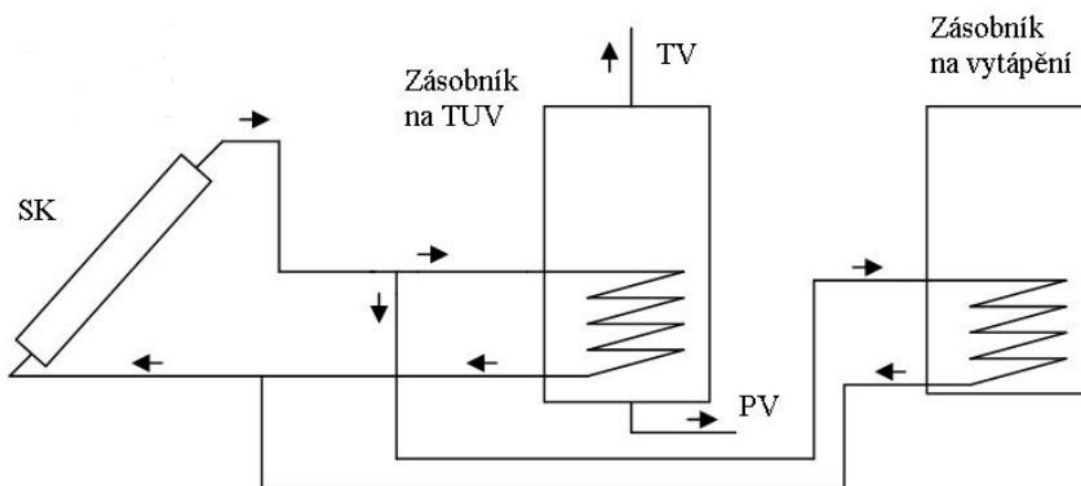


Obr. 20 Zapojení akumulční nádrže s vnořeným zásobníkem na TUV, převzato z [26]

4.3.2 Oddělené zásobníky na vytápění a TUV

Tento systém obsahuje dvě oddělené nádrže. Jedna je určena pro TUV a druhá slouží jako zásobník tepla pro vytápění. Můžeme zvolit několik variant zapojení. Každá z nich je vhodná do jiné situace. Zapojení lze aplikovat tak, že zásobník na TUV je nabíjen přednostně, aby byla pokryta potřeba vody pro domácnost. Až poté, když je přebytek energie, je nabíjen zásobník pro vytápění. Další možností je využití nabíjení obou zásobníků současně. Kdy nerozlišujeme jakou nádrž nabíjet dříve. Můžeme zvolit ještě variantu, že nabíjení zásobníku je závislé na jejich aktuální teplotě. Nabíjel by se vždy ten zásobník, který má menší teplotu. Tím by se zvýšila účinnost celého solárního systému. Ideální by bylo kombinovat tyto možnosti nabíjení dle roku. Přebes léto není třeba vytápět objekt, proto bych doporučoval přednostně nabíjet zásobník na TUV. Naopak v zimě, kdy je potřeba vytápět objekt bych volil variantu s nabíjením chladnějšího zásobníku.

Možnou výhodou při případné poruše jedné z nádrží je snadnější a levnější výměna s porovnáním varianty 2 v 1. Nevýhodou tohoto systému je skutečnost, že použití dvou od sebe oddělených nádrží značně komplikuje situaci. Zde výrazně narůstají tepelné ztráty. Další nevýhoda je v umístění obou nádrží. Je zde potřeba mít dostatek místa.

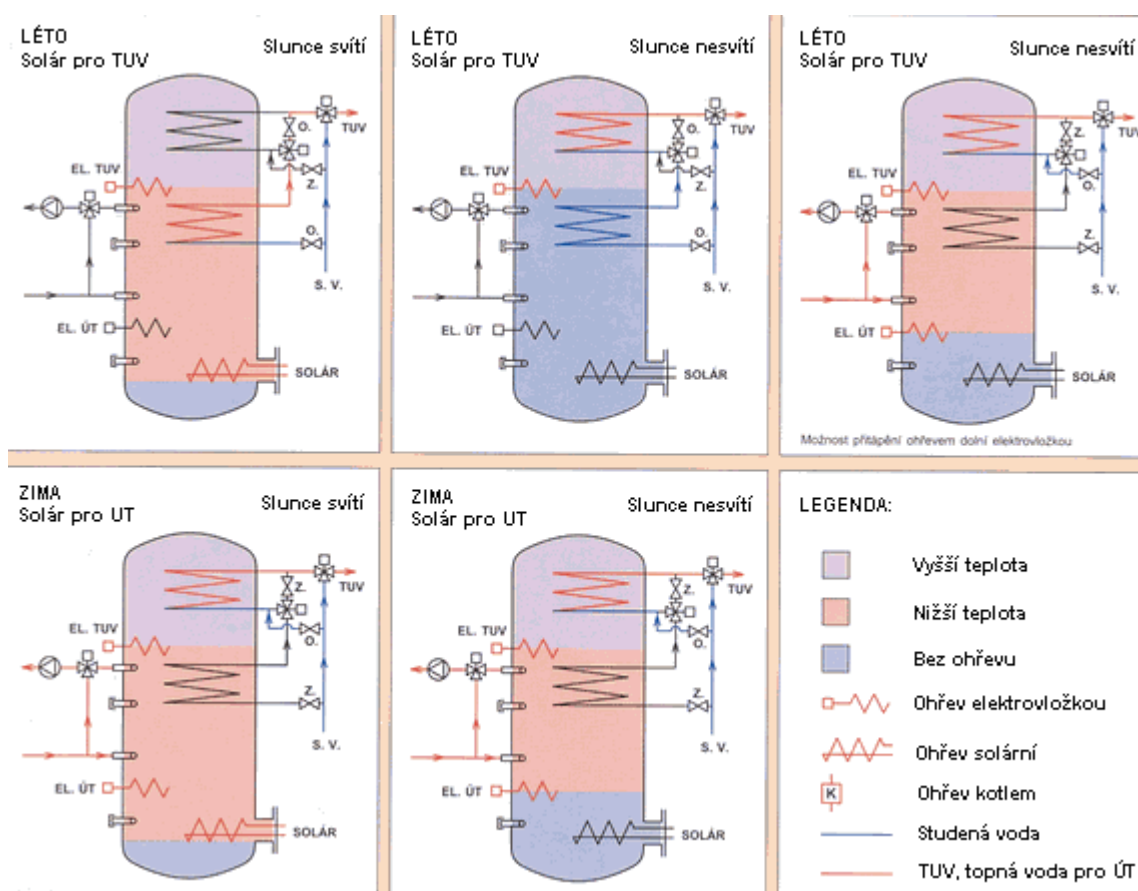


Obr. 21 Schéma zapojení se dvěma nádržemi

4.3.3 V akumulční nádrži tepelný výměník pro TUV

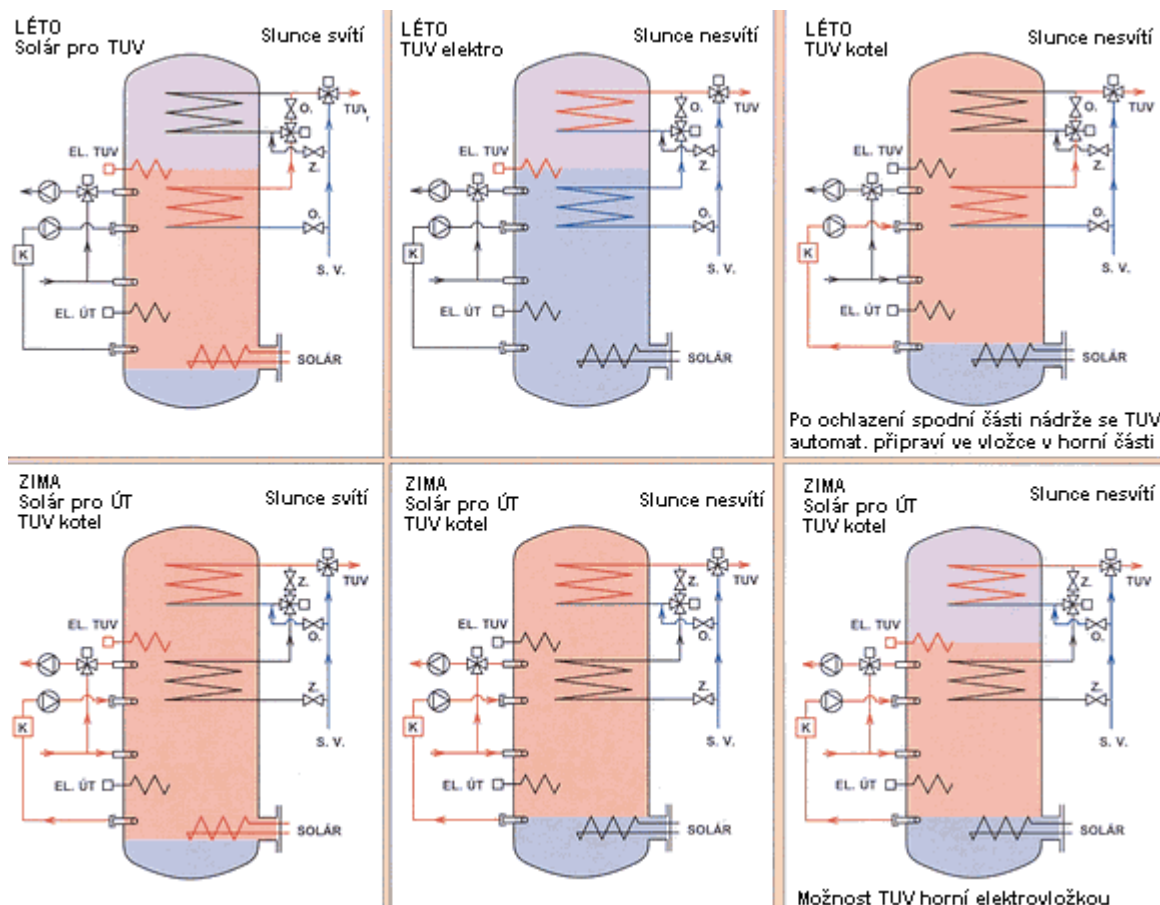
V tomto systému zapojení je nabíjení nádrže zajištěno přes tepelný výměník pomocí solárních kolektorů. V nádrži je umístěn ještě jeden výměník, který slouží pro průtokový ohřev TUV. Je umístěn v horní polovině nádrže, aby bylo zajištěno umístění v teplejší části zásobníku. Tento výměník je vyroben z nerezového potrubí. Tento systém přináší několik možností řešení. V našich podmínkách nelze spoléhat pouze na zisk ze solárních kolektorů. Je proto důležité mít k dispozici i další možnost ohřívání zásobníku. Můžeme využít jak bivalentního, tak i trivalentního systému.

Při využití bivalentního systému bych doporučoval pro nabíjení zásobníku elektrický ohřev pomocí spirály. Ta může být umístěna na dvou místech v zásobníku, a vyhřívá dle potřeby jednotlivé části ve stratifikovaném zásobníku. To se může měnit dle situace, zda Slunce svítí nebo nesvítí, či potřebujeme pouze TUV nebo i pro vytápění.



Obr. 22 Způsoby zapojení bivalentního systému, převzato z [21]

Při použití trivalentního systému můžeme k předchozímu případu přidat kotel na tuhá paliva a tím tak zajistit dostačující nabíjení zásobníku. Možnosti zapojení trivalentního systému je znázorněno na následujícím obrázku.



Obr. 23 Možnosti zapojení trivalentního systému, převzato z [22]

4.4 Sklon solárních kolektorů

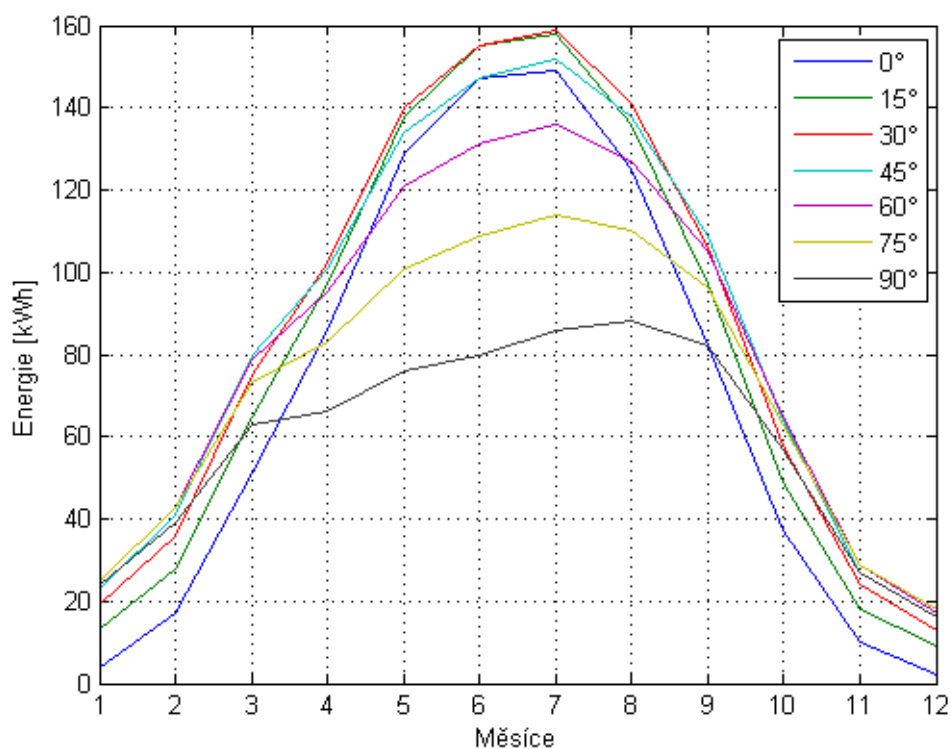
Sklon solárních kolektorů je velmi důležitý pro celkovou účinnost systému. Pro nejvyšší účinnost by bylo potřeba, aby dopadající sluneční záření dopadalo kolmo na plochu solárních kolektorů. To je ovšem v našich podmínkách velmi obtížné, protože Slunce mění svojí výšku nad obzorem nejen během dne ale hlavně během roku. Proto se musí zvolit taková varianta, která bude pro systém nejvýhodnější.

Pro názornější představení dané problematiky, jsem si vybral jeden typ kolektoru a porovnal jeho bilanci energie v závislosti na sklonu. Vybral jsem si plochý kolektor SUNTIME 2.1 s následujícími parametry:

Absorbční plocha	1,83 m ²
Vnější rozměr	1895 mm x 1063 mm
Hmotnost	38 kg
Počet kolektorů	1
Celková plocha	1,83 m ²
Střední denní teplota v solárních kolektorech	35 °C
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát	0,2
Azimut kolektoru	0
Optická účinnost	0,781
Lineární ztrátový součinitel	2,495 Wm ⁻² K ⁻¹
Kvadratický ztrátový součinitel	0,028 Wm ⁻² K ⁻²

Tab. 4 Parametry solárního kolektoru SUNTIME 2.1 [25]

Tyto parametry jsem použil do výpočetního programu pro zjednodušenou bilanci solárních kolektorů [10]. Bral jsem možnosti 0, 15, 30, 45, 60, 75 a 90 stupňů. V softwaru bylo počítáno s azimutem 0, což odpovídá nasměrování solárního kolektoru na jih. Z výsledných hodnot jsem v programu Matlab sestavil grafické porovnání.

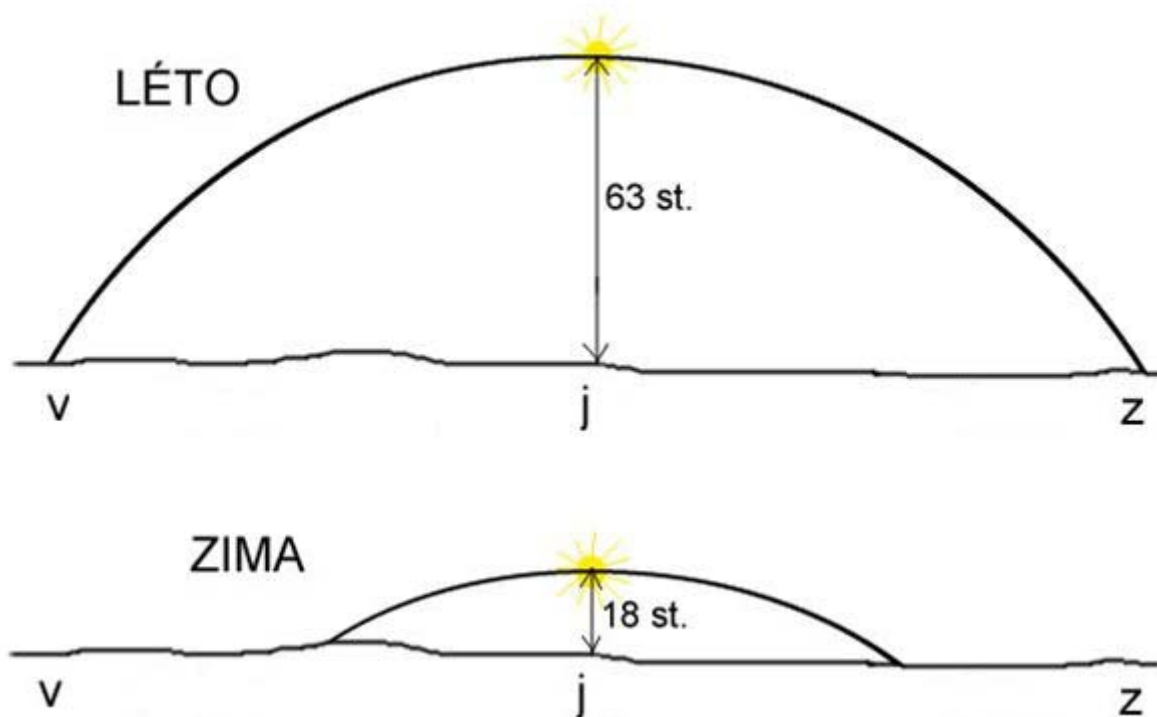


Obr. 24 Množství energie závislé na sklonu

Pokud se chystáme využívat solární zařízení pro ohřev jen TUV a tedy potřebu využívání celoročně, volil bych nastavení sklonu na střední hodnotu. Střední hodnota se pohybuje kolem 35° - 45° od roviny.

Pokud volíme variantu s vytápěním, je důležité si uvědomit, že nejvíce energie potřebujeme právě v topné sezoně. Právě v tomto období je Slunce nad obzorem nejnižší. Tím musíme zvolit sklon od vodorovné roviny větší, než v předchozím případě. Zde bych doporučoval použít sklon v rozmezí 55° - 65° .

Za zvážení by stála možnost, která by řešila odlišný sklon mezi létem a zimou. Tím by bylo řešení pomocí pohyblivé konstrukce, která by držela samotný kolektor. Byla by ovládaná pomocí elektromotoru a natáčela by celou nosnou konstrukci kolektoru. Tato pohyblivá konstrukce by mohla měnit nejen sklon, ale také by se mohla natáčet přímo za Sluncem od východu na západ.



Obr. 25 Rozdíl putování Slunce mezi létem a zimou, převzato a upraveno [23]

5 Zhodnocení soustav

5.1 Pro již postavený dům

Pro dům, který je již postaven, je důležité si určit, na co budeme využívat získanou energii. Zda pouze pro ohřev TUV nebo i k vytápění. V případě využití jen k ohřevu TUV, nastane stejná situace jako pro novostavbu. Stačí si jen definovat denní spotřebu teplé vody a k tomu vybrat příslušnou nádrž.

Pokud se rozhodneme využít solární kolektory k vytápění, je třeba prověřit následující kritéria. Musíme si zjistit tepelné ztráty celého objektu, popřípadě tepelné zisky okny. Dále je důležité si uvědomit, na jakou teplotu potřebujeme vodu ohřívat. Jestli je v domě nainstalovaný nízkoteplotní nebo vysokoteplotní systém. V případě využívání vysokoteplotního systému u domu, který nemá nejnižší tepelné ztráty, bych realizaci nedoporučoval.

5.2 Pro plánovanou stavbu

V tomto případě je situace poněkud jednodušší. Můžeme již počítat s použitím solárních kolektorů a pro samotnou stavbu volit vyhovující řešení. Například co se týče volby obvodových zdí, orientace objektu, volby oken a dveří či zvolení nízkoteplotního vytápěcího systému. Zde nastává problém, jak se vypořádat se situací mezi létem a zimou. Potřebujeme přípravu TUV a vytápění v přechodném a zimním období, ale naopak v létě je problém s přehříváním. Pokud budeme mít u objektu bazén, je situace vyřešena a teplo v letních měsících můžeme odvádět do bazénu. V tomto případě bych volil řešení s akumulací nádrží a průtočným tepelným výměníkem. Pokud ovšem bazén nemáme, osobně bych volil variantu, kdy budeme mít dvě oddělené nádrže, abychom mohli teplo odvádět a v letních měsících nedocházelo k přehřívání. Pokud by ovšem situace nedovolila mít dvě nádrže, je zde možnost využít jednu akumulací nádrž se stratifikační trubicí ale o dostatečném objemu.

6 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo zhodnotit různé varianty použití solárních systémů na rodinném domě.

V úvodu práce jsem se zaměřil na samotné Slunce. Jak vzniká sluneční energie a jak se dostává až na zemský povrch. V této části jsou také zmíněny rozdíly mezi difuzním a přímým zářením. Je zde vidět, jaké rozdíly v dopadu slunečního záření jsou mezi létem a zimou a také mezi jasným a oblačným dnem.

V další části práce jsem se věnoval samotnému využití sluneční energie, které se dělí na aktivní a pasivní. Aktivně využíváme sluneční energie pro výrobu elektrické energie, kterou jsem však v práci zmínil jen okrajově. Především jsem se zaměřil na ohřev TUV a vytápění, protože mým cílem bylo zaměřit se na solární systémy.

Následně jsem se zabýval prvky, které jsou zapotřebí pro provoz solárního systému. Při jeho realizaci je velmi důležitá správná volba solárních kolektorů. Neméně důležitý faktor, dovoluji si tvrdit, že přímo nejdůležitější, je volba akumulární nádrže. Následují další prvky jako je potrubí, které spojuje solární kolektory s akumulární nádrží, teplotně izolované médium, které proudí v potrubí, dále je důležité oběhové čerpadlo a regulace, která celý systém řídí.

Tím se dostávám do problematiky samotného řešení a konfigurace soustav. V první fázi jde o zapojení solárních kolektorů na střechu a jejich vzájemné propojení. Poté jsem se zaměřil na dvě možnosti provedení. V první jsem uvažoval pouze ohřev TUV a ve druhé kombinaci ohřevu TUV s vytápěním. Pokud jde o první možnost, zabýval jsem se především rozdílem mezi samočinnou cirkulací a nuceným oběhem a porovnával tyto dvě možnosti. V druhé variantě zapojení jsem řešil problematiku zapojení akumulárních nádrží a určoval, jaká varianta bude nejlepší. Toto nelze tak snadno určit a musely by se posuzovat konkrétní případy. Další významnou roli hraje sklon samotných solárních kolektorů. Proto jsem zmínil i toto téma a snažil se najít jejich nejefektivnější sklon pro jednotlivé situace. Zvažoval jsem také možnost automatického natáčení solárních kolektorů, která by vedla k větší celkové účinnosti systému. Ovšem toto řešení by bylo technicky i finančně náročné, a proto se v praxi nevyužívá.

Na závěr jsem popsal dva konkrétní příklady. V prvním případě se solární systém instaloval na již dříve postavený dům, v druhém případě bylo se solárním systémem již

počítáno při stavbě nového domu. V obou případech uvažuji varianty jak na ohřev TUV, tak i na kombinaci ohřevu TUV s vytápěním.

Vypracováním této diplomové práce jsem se podrobně seznámil s danou problematikou. Existuje mnoho variant zapojení a není jednoznačné určit, co je nejlepší pro danou situaci. Domnívám se, že množství využití těchto systémů do budoucna jen poroste. Vývojem nových solárních kolektorů a akumulčních nádrží se celková účinnost systému stále zvyšuje. Vzniká tak jedna z cest, jak ušetřit nemalé finance za energie.

7 Použitá literatura

- [1] MURTINGER, Karel; TRUXA, Jan. Solární energie pro váš dům. Vydavatelství ERA, 2005
- [2] THEMESSEL, Armin; WEISS, Werner. Solární systémy návrhy a stavba svépomocí. Vydavatelství Grada, 2005.120 s.
- [3] CIHELKA, Jaromír. Solární tepelná technika. Vydavatelství T. Malina, 1994. 208 s.
- [4] REMMERS, Karl-Heinz. Velká solární zařízení. Vydavatelství ERA, 2007. 315 s.
- [5] LADENER, Heinz; SPÄTE, Frank. Solární zařízení. Vydavatelství Grada, 2003. 268 s.
- [6] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/df/Sun_in_X-Ray.png/250px-Sun_in_X-Ray.png
- [7] http://www.es-systems.eu/images/fotovoltaika_prumerny_dopad.jpg
- [8] <http://www.isofenenergy.cz/img/primdif.png>, dne 5.3.2013
- [9] http://elektrika.cz/obr/09_lp_princip_01v.jpg, dne 24.3.2013
- [10] <http://www.envic.cz/dokumenty/Akumulace.jpg>, dne 24.3.2013
- [11] <http://oze.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000154o4.jpg>
- [12] <http://oze.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000154o6.gif>
- [13] <http://www.envic.cz/dokumenty/Akumulace.jpg>
- [14] <http://www.3energy.cz/energies/images/thumb/29.jpg>, dne 8.3.2013
- [15] http://www.zelenausporam.cz/vyhledavani/gallery/5204-ts400h_rez.jpg, dne 8.3.2013
- [16] <http://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0054/005400o5.png>, dne 8.3.2013
- [17] <http://oze.tzb-info.cz/docu/clanky/0059/005964o1.gif>, dne 8.3.2013
- [18] <http://oze.tzb-info.cz/docu/texty/0001/000156o1.gif>, dne 25.2.2013
- [19] <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0025/002573o4.gif>
- [20] http://free-energy.xf.cz/ekologie/solar-sys/6-11_soubory/59.jpg, dne 26.2.2013

[21] <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0015/001506o2.gif>, dne 24.3.2013

[22] <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0015/001506o3.gif>, dne 24.3.2013

[23] <http://mapa.czrea.org/slunko.php>, dne 24.3.2013

[24] <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>

[25] <http://www.propuls.cz/solarni-kolektor-2-1.html>

[26] <http://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0019/001995o2.gif>, dne 2.5.2013

8 Seznam obrázků a tabulek

Obrázky:

Obr. 1 Slunce, převzato z [6]	12
Obr. 2 Dopad slunečního záření v ČR, převzato z [7]	13
Obr. 3 Dopadající záření na Zemi, převzato z [3]	14
Obr. 4 Podíl přímého a difuzního záření pro ČR, převzato z [8]	15
Obr. 5 Schéma solárního článku, převzato a upraveno z [9]	19
Obr. 6 Rozdělení solárních kolektorů	19
Obr. 7 Trombeho stěna, převzato z [10]	20
Obr. 8 Plochý kolektor, převzato z [14]	22
Obr. 9 Podtlakový plochý kolektor od firmy Thermo-Solar, převzato z [15]	23
Obr. 10 Vakuový trubicový kolektor, převzato z [11]	23
Obr. 11 Vlevo kolektor s reflektorem, vpravo kolektor s čočkou, převzato z [12]	24
Obr. 12 Princip vzduchového kolektoru, převzato z [16]	24
Obr. 13 Vzduchokapalinový kolektor, převzato z [17]	25
Obr. 14 Akumulační nádrže, převzato z [18]	26
Obr. 15 Charakteristika oběhového čerpadla, převzato z [19]	27
Obr. 16 Dilatační prvky, převzato a upraveno z [20]	28
Obr. 17 Sériové a paralelní zapojení solárních kolektorů	31
Obr. 18 Sériově-paralelní řazení solárních kolektorů	31
Obr. 19 Systém se samovolným oběhem	32
Obr. 20 Zapojení akumulční nádrže s vnořeným zásobníkem na TUV, převzato z [26]	35
Obr. 21 Schéma zapojení se dvěma nádržemi	36
Obr. 22 Způsoby zapojení bivalentního systému, převzato z [21]	37
Obr. 23 Možnosti zapojení trivalentního systému, převzato z [22]	38
Obr. 24 Množství energie závislé na sklonu	39
Obr. 25 Rozdíl putování Slunce mezi létem a zimou, převzato a upraveno [23]	40

Tabulky:

Tab. 1 Porovnání záření a podíl difuzního záření k jednotlivým typům počasí [3]	15
Tab. 2 Porovnání slunečního záření při jasné a oblačné obloze [3]	16
Tab. 3 Průměrný měsíční součinitel znečištění atmosféry [3].....	17
Tab. 4 Parametry solárního kolektoru SUNTIME 2.1 [25]	39