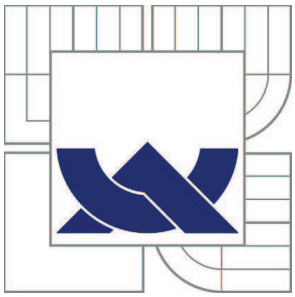


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGY INSTITUTE

SOLÁRNÍ SYSTÉM

SOLAR SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — JÁN TUHOVČÁK

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. LIBOR CHROBOCZEK

SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ján Tuhovčák

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

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

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

Solární systém

v anglickém jazyce:

Solar system

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student se bude blíže zabývat hlavní součástí solárního systému a ten pak navrhne pro konkrétní účel.

Cíle bakalářské práce:

Popsat na trhu dostupné typy solárních kolektorů, navrhnout solární systém pro přípravu TUV v rodinném domku v lokalitě Brno.

Seznam odborné literatury:

Solární tepelná technika, J.Cihelka, ISBN:80-900759-5-9

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Libor Chroboczek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 22.10.2009

L.S.

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

Abstrakt

Bakalářská práce opisuje problematiku solárních systémů pro ohřev užitkové vody (TUV), detailně probírá podmínky využití solárního systému, jeho výhody a nevýhody. Součásti práce je i podrobnější rozbor hlavních prvků solárního systému a přehled dostupných kolektorů na trhu. Solární systém může být využíván i na výrobu elektrické energie, tento způsob však není předmětem této práce a dále jej neuvažuji. Druhá část práce se zabývá konkrétní aplikací solárního systému v lokalitě Brno. Návrh systému je složen z výpočtu absorpční plochy, energetické bilance a finanční analýzy systému. Finanční návratnost systému je pro porovnání paralelně vyhodnocená pro podmínky v České a Slovenské republice. Jestli ve výpočte uvažujeme státní dotaci, dosažená finanční návratnost je ekonomicky zajímavá, pokud by však dotace nebyla přiznána, ekonomická výhodnost systému je diskutabilní. Enviromentální přinos je v každém případe nezpochybnitelný.

Abstract

The bachelor thesis describes the issue of the domestic water heating by solar systems and the conditions of this system's usage, its advantages and disadvantages are mentioned. Part of this paper analyzes the main components of solar system and there is a list of solar panels available on the market. The second part of this thesis deals with specific application of a solar system in the locality of Brno. The concept of the system consists of absorption area calculation, energy balance and the system's financial analysis. Financial repayment time is interpreted separately for the conditions in Czech Republic and Slovakia. If the government grant is considered in the calculation, the financial repayment time is economically interesting, otherwise it is disputable. The environmental contribution is in every case unambiguous.

Klíčová slova

Solární systém, slunečný kolektor, zásobník TUV, teplonosná kapalina, slunečná energie, výměna tepla, ohřev

Key words

solar system, solar panel, domestic hot water tank, heat carrying agent, solar energy, heat exchange, heating

Bibliografická citace

TUHOVČÁK, J. Solární systém. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 60s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Libor Chroboczek.

Čestné prohlášení

Čestně prohlašuji, že předložená bakalářská práce na téma Solární systém je původní a zpracoval jsem ji samostatně za použití uvedené odborné literatury.

V Brně dne 27.5.2010

.....

1. Úvod 11

1.1. Slnko a jeho energia 11

1.2. Situácia na Slovensku a v Česku 12

1.3. História 14

1.4. Výhody a nevýhody solárnych systémov 16
1.4.1. Silné stránky a prínosy využívania solárnych systémov 16
1.4.2. Slabé stránky využívania solárnych systémov 16

1.5. Princíp a požiadavky na solárny systém 17

2. SOLÁRNE SYSTÉMY 18

2.1. Rozdelenie solárnych systémov 18

2.2. Súčasti solárneho systému 18

2.3. Slnečné kolektory 19
2.3.1. Účinnosť kolektorov 19
2.3.2. Tepelná izolácia 21
2.3.3. Povrch solárnych panelov 22
2.3.3.1. Povrchy s mikroštruktúrou 23
2.3.4. Typy slnečných kolektorov 23
2.3.5. Prehľad slnečných kolektorov na trhu 26
2.3.6. Budúcnosť slnečných kolektorov 26

2.4. Zásobník tepla 26
2.4.1. Teplotné vrstvenie 27
2.4.2. Zásobníky so zmenou skupenstva látky 28

2.5. Výmenník tepla. 29

2.6. Regulácia a zabezpečovacie zariadenia 29

2.7. Potrubie 30

2.8. Teplonosné médium 30

3. Návrh solárneho systému 31

3.1. Základné parametre solárneho systému 32

3.2. Výpočet 32
3.2.1. Spotreba tepla na ohrev daného množstva vody 32
3.2.2. Denná energia dopadajúca na plochu 1 m^2 32
3.2.3. Pomerná doba slnečného svitu pre Brno 33
3.2.4. Skutočná dopadajúca energia 34
3.2.5. Stredná intenzita žiarenia 34
3.2.6. Účinnosť kolektorov s jedným krycím sklom 35
3.2.7. Reálna energia zachytená 1m^2 slnečného kolektora 35
3.2.8. Výsledná plocha slnečný kolektorov 36

3.3. Voľba solárneho systému 38
3.3.1. Schéma zvoleného systému 40

3.4. Finančná návratnosť systému 40

4.Záver 43

5. Zoznam použitej literatúry 45

6. Zoznam použitých skratiek 47

7. Zoznam použitých symbolov 48

8. Zoznam obrázkov, tabuliek a grafov. 49

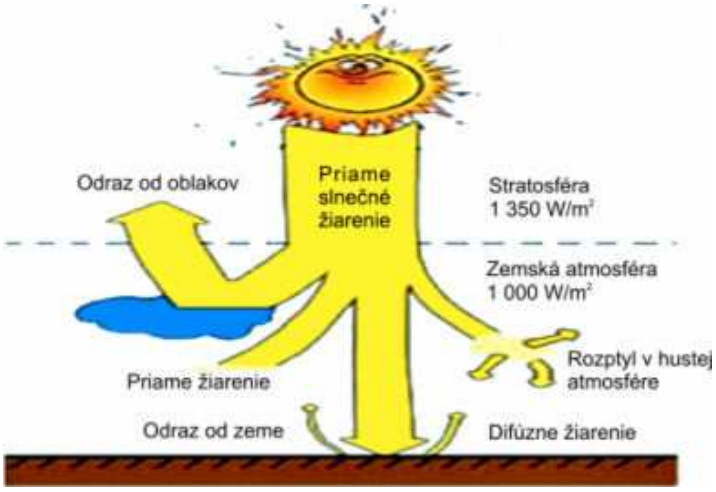
9. Zoznam príloh 51

1. Úvod

1.1. Slnko a jeho energia

Slnko je už od vzniku planéty Zem jej nenahraditeľným zdrojom energie. Slnečná energia je vyžarovaná na Zem najmä vo forme elektromagnetického žiarenia v celom rozsahu vlnového spektra, od najmenších vlnových dĺžok (röntgenové a ultrafialové žiarenie) až po najväčšie vlnové dĺžky (rádiové žiarenie). Toto žiarenie podporuje život na našej planéte, či už pri rôznych biologických a prírodných procesoch (napr. fotosyntéza, rast vegetácie, procesy v živej bunke, dážď spôsobený vyparovaním vody, pohyb vzduchu a morské prúdy na základe rozdielnych teplôt atď.), pri tvorbe fosílnych palív a neobnoviteľných zdrojov energie (uhlie, ropa, zemný plyn), alebo pri získavaní energie pre potreby ľudstva.

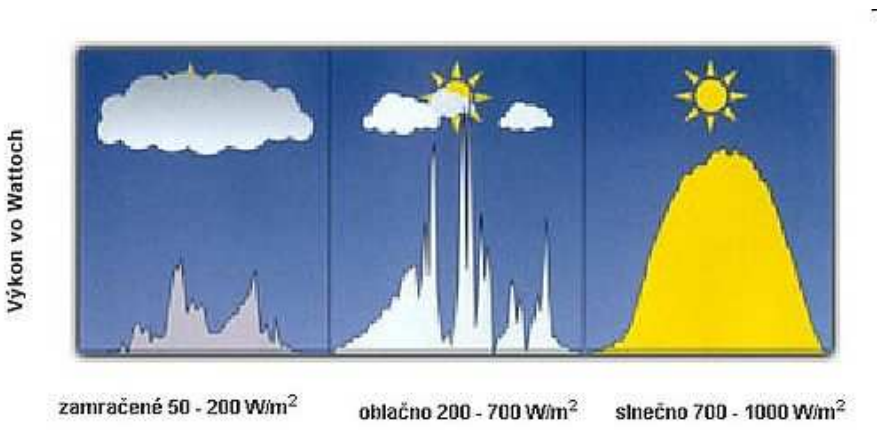
Energia Slnka vzniká termonukleárnou reakciou, pri ktorej sa vodík mení na hélium v stredných oblastiach Slnka pri teplote $13*10^6$ K a tlaku $2*10^{10}$ MPa (všetky atómy sú ionizované). Teplota na povrchu Slnka je približne 6000 K a celkový tok energie, ktorý vyžaruje Slnko do kozmického priestoru je $3,85*10^{26}$ W (merný tok energie je $6*10^7$ Wm^{-2}). Vek Slnka sa odhaduje na 5 miliárd rokov, podľa geologických údajov a množstva hélia, ktoré doteraz vzniklo. Predpokladá sa, že momentálne sa nachádzame v tzv. strednom veku Slnka. Znamená to, že Slnko obsahuje ešte dostatok vodíka na udržiavanie termonukleárnej reakcie na ďalších 5 miliárd rokov, kým nenastane zánik hviezdy. Pre človeka je to obrovský časový úsek, preto sa tu zavádza pojem nevyčerpateľný zdroj energie. *[15]*



Obr. 1.1 Rozklad slnečného žiarenia. [15]

Na Zem dopadne len asi jedna dvojmiliardtina z celkovej energie vyprodukovanej Slnkom, približne $1,8*10^{14}$ kW. Avšak aj táto nepatrná časť energie je 11 000 krát väčšia, ako svetová spotreba energie. Na hranicu zemskej atmosféry, kolmú k slnečným lúčom, dopadá priemerne 1350 Wm^{-2} (slnečná konštanta). Prechodom cez atmosféru sa však toto číslo zmenšuje. Z celkového toku energie sa 19% pohltí v atmosfére a 34% sa odráža späť do vesmíru. Rozptylom a odrazom priameho žiarenia na oblakoch, molekulách plynu vo vzduchu a čiastočkách prachu v atmosfére dochádza k vzniku difúzneho žiarenia, ktoré má významný vplyv na využiteľnú intenzitu žiarenia. Difúzne žiarenie nie je možné koncentrovať a preto nemožno počítať s využitím koncentrujúcich kolektorov v strednej Európe, kde je celoročne oveľa väčší podiel tohto žiarenia. V letných mesiacoch je podiel difúzneho žiarenia 50%

z globálneho žiarenia (súčet priameho a difúzneho žiarenia), v zimných mesiacoch toto percento významne stúpa a tým obmedzuje využitie slnečného žiarenia v zimnom období. Podiel difúzneho žiarenia závisí na klimatických a geografických podmienkach.

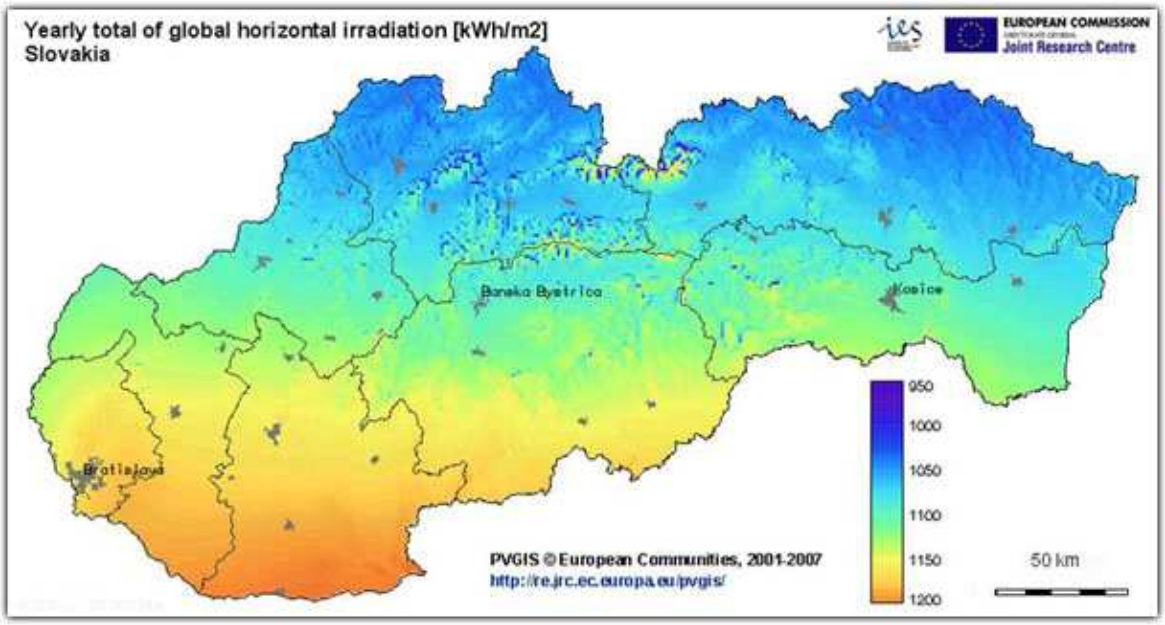


Obr. 1.2 Intenzita slnečného žiarenia. [20]

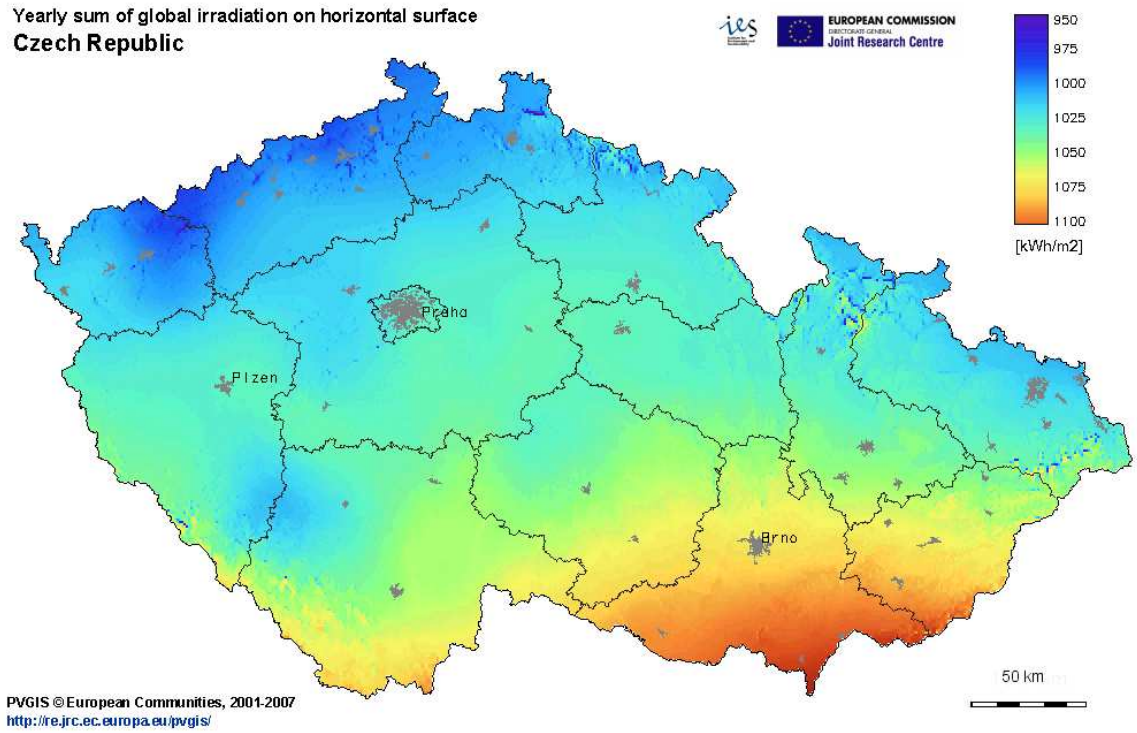
1.2. Situácia na Slovensku a v Česku

Medzi jednotlivými regiónmi Slovenska nie je v intenzite slnečného žiarenia veľký rozdiel. Najviac zaznamenávame na južnom Slovensku, najmenej na Orave a Kysuciach. Rozdiel medzi koncovými oblasťami je len 15% *(Tab.1.1.)*. Maximálna hodnota, približne 1100 kWh/m^2, je dosahovaná v letných mesiacoch, najmä v júli. Minimum nastáva na prelome mesiacov december a január. V tomto období nie je možné pokryť nároky na teplo a teplú vodu využitím iba solárneho systému. Prehľad hodnôt intenzity žiarenia pre SR a ČR sú uvedené na obrázku *(1.3. a 1.4.)*. Doba slnečného svitu bez oblačnosti sa pohybuje medzi 1600 až 2000h za rok, pričom priemerné množstvo energie z ročného žiarenia na území Slovenska je 1055 kWh/m^2 za rok. Pri inštalácií slnečných kolektorov je viac potrebné sa zamerať na samotné umiestnenie kolektorov na vhodnom nezatienenom a južne orientovanom mieste (ideálne pod uhlom 30° až 45°) ako na región. Problematické môžu byť úzke doliny s častou inverziou spôsobujúcou hmlisté počasie, brániace prieniku slnečných lúčov.

Intenzita žiarenia a dĺžka slnečného svitu je takmer rovnaká aj v susednej Českej republike, jednotlivé hodnoty sa od seba líšia veľmi málo. Čím je poloha južnejšie, na rovinnom úseku, tým sú potrebné hodnoty výhodnejšie z hľadiska použitia solárneho systému. Doba slnečného svitu sa pohybuje v rozmedzí približne 1700 až 2200 h ročne, je však rozložená veľmi nerovnomerne počas roka. Energetický zisk panelu umiestneného v Prahe pod sklonom 45° je približne 1251,8 kWhm^{-2}, pre Bratislavu, ktorá má južnejšiu polohu to je 1390,3 kWhm^{-2}, podľa *[1]*. „Pro plochy skloněné pod úhlem 30° vycházejí přibližně stejné hodnoty energetických zisků, jako pro plochu skloněnou pod úhlem 45°. Pro zimní období by byl vhodnější úhel sklonu 60° až 90°.“ *([1], str.42)*



Obr. 1.3 Intenzita slnečného žiarenia na Slovensku. [19]



Obr. 1.4 Intenzita slnečného žiarenia v Česku. [19]

Tab. 1.1 : Príklad množstva dopadajúceho slnečného žiarenia na 1 m^2 pri optimálnom sklone pre Slovenskú republiku.[4]

Komárno		Kysucké Nové Mesto	
Mesiac	Množstvo žiarenia pri optimálnom sklone [kWh / m^2 . deň]	Mesiac	Množstvo žiarenia pri optimálnom sklone [kWh / m^2.deň]
Január	1476	Január	1442
Február	2368	Február	2263
Marec	3507	Marec	3246
Apríl	4777	Apríl	4156
Máj	5318	Máj	4715
Jún	5586	Jún	4662
Júl	5930	Júl	5059
August	5331	August	4519
September	4542	September	3657
Október	3250	Október	2926
November	1751	November	1563
December	1107	December	1066
Celoročný priemer	**3752**	**Celoročný priemer**	**3278**
Rozdiel: **13 %**			

1.3. História

Základné princípy využitia slnečnej energie na ohrev sú známe od nepamäti. Najviac a najrýchlejšie sa zahrieva čierne teleso, pretože najlepšie pohlcuje žiarenie a práve tento princíp zahrievania slnečnými lúčmi využívajú kolektory. Prvý známy plochý kolektor bol vyvinutý v roku 1767 švajčiarskym vedcom Horacom de Saussurom a neskôr bol zdokonalený Johnom Herschelom.

Technológiu slnečných kolektorov ďalej zdokonalil približne do dnešnej podoby William J. Bailey v roku 1908, ktorý vyrobil kolektor s izolovaným rámom a medenými trubkami. Počas medzivojnového a vojnového obdobia sa vývoj a rozšírenie solárnych systémov pribrzdilo. Záujem o tieto zariadenia sa objavil až po vypuknutí ropnej krízy a obrovskom náraste cien energií v roku 1973. Táto kríza významne pomohla technológiám využívajúcim obnoviteľné zdroje energie na celom svete. Narastajúca podpora a investície do vývoja nových technológií znamenali, že od 70-tych rokov 20. storočia sa účinnosť solárnych systémov veľmi zvýšila. Nové sklá a materiály pokrývajúce kolektory, selektívne farby nanášané na absorbér, zlepšená izolácia to všetko viedlo k vyšším energetickým ziskom. *[10]*

História solárnych systémov na území bývalého Československa siaha do 80-tych rokov minulého storočia. S klasickým oneskorením sa táto technológia dostala aj k nám a začali sa vyrábať a montovať slnečné kolektory aj na našom území. Jeden z prvých solárnych systémov pre ohrev TUV bol vybudovaný na streche závodu VŽGT v Kojetíně v roku 1976 *(obr.1.5.).*

Prvý veľký celohliníkový solárny systém bol vybudovaný v Pliešovciach pri Zvolene *(obr.1.6.)*. Tieto projekty prešli modernizáciou a sú funkčné do dnes. Taktiež sa u nás zaoberalo niekoľko podnikov výrobou solárnych panelov. Prvý oficiálny závod na území ČR vznikol v Kroměříži - Okresní podnik služeb. Na Slovensku to bol Závod Slovenského národného povstania v Žiari nad Hronom a Elektrosvit Nové Zámky. Každý z týchto podnikov pracoval aj na vývoji a preto vyrábali odlišné typy kolektorov:

-Kroměříž medený plech s medeným lýrovým absorpčným telesom.
-Žiar nad Hronom absorpčné teleso z hliníkových prietokových lamiel.
-Nové Zámky oceľové absorpčné teleso zo zvarených dosiek - systém roll-bond.
-Slovenské závody technického skla v Bratislave vákuové trubicové prietokové kolektory.
[10]

V dnešnej dobe nastáva prudký rozmach v rozširovaní solárnych panelov. K dispozícií sú moduly, ktoré sú schopné uspokojiť aj náročné požiadavky investorov. V mnohých krajinách sú solárne panely dotované štátnym príspevkom, najmä pre fyzické osoby, čo značne pomáha ich rozšíreniu.

Obr. 1.5 Slnečný systém v Kojetíne. [15]

Obr. 1.6 Slnečný systém v Pliešoviciach. [15]

1.4. Výhody a nevýhody solárnych systémov

Systém na ohrev TUV je vo väčšine prípadov ekonomicky výhodnou investíciou pri dodržaní všetkých zásad a podmienok pre montáž solárneho systému. Obmedzujúcim faktorom je v tomto prípade vstupná investícia, ktorá je relatívne vysoká. Vzhľadom na dlhú životnosť zariadenia sa táto investícia vráti v priebehu niekoľkých rokov a ďalej tento systém výrazne šetrí náklady na výrobu tepla. S každoročným rastom cien klasických zdrojov tepla (plyn, elektrina, prípadne tuhé palivá) je návratnosť investície a s ňou spojené zhodnocovanie solárneho systému ešte výraznejšie. Nezanedbateľným prínosom v dnešnej dobe je aj to, že sa jedná o „čistý“ zdroj energie. Získavanie tepla takýmto spôsobom neprodukuje žiadne spaliny (napr. CO_2). Environmentálna a energetická záťaž pri výrobe jednotlivých komponentov pre solárny systém je porovnateľná s výrobou súčastí klasických systémov na vykurovanie a ohrev TUV. Pozitívom je, že veľká časť súčiastok slnečného kolektoru sa dá recyklovať a tak opätovne použiť. Prevádzkové náklady sú tiež minimálne. Tento systém sa môže kombinovať aj s iným zdrojom tepla, čo je v konečnom dôsledku v našom podnebnom pásme nutné, najmä v zimnom období. Solárny systém má veľa výhod a preto sa môže zdať nepochopiteľné, prečo sa takýto spôsob získavania tepla nerozšíril ešte viac. V prvom rade sú to už spomínané vstupné investície s dlhodobejšou návratnosťou, problémové je aj riešenie montáže kolektorov. Na niektorých miestach je realizácia zariadenia značne obmedzená, najmä tvarom striech budov, kde sa kolektory montujú najčastejšie. Montáž kolektorov na voľné priestranstvá nie je tiež veľmi výhodná, pretože pozitívny ekologický dopad kolektorov by sa stratil, ak by sme zatienili značnú časť prírody. Nezanedbateľné je aj riešenie ochrany kolektoru proti nepriaznivým vplyvom počasia ako sú napríklad krúpy, silný vietor, alebo veľké množstvo snehu.

1.4.1. Silné stránky a prínosy využívania solárnych systémov

- nevyčerpateľný zdroj energie
- všadeprítomný potenciál
- veľmi nízke prevádzkové náklady a údržba
- minimálny vplyv na životné prostredie
- zníženie závislosti od fosílnych palív
- zníženie objemu emisií skleníkových plynov
- vysoká spoľahlivosť a životnosť systému
- možnosť recyklácie použitých konštrukčných materiálov

1.4.2. Slabé stránky využívania solárnych systémov

- sezónna a denná variabilita klímy a fluktuácia počasia výrazne ovplyvňujú celkový výkon
- nízka celoročná využiteľnosť solárneho systému, nutný doplnkový zdroj tepla
- vysoké investičné náklady (vyššia cena komponentov, najmä samotných solárnych panelov)
- dlhšia doba návratnosti investície (závisí na cene energií, rozsahu využitia, použitej technológií)
- investície spojené s úpravou objektu na použitie solárneho systému (osadenie samotných solárnych panelov, zateplenie budovy a pod.) *[14]*

1.5. Princíp a požiadavky na solárny systém

Princíp práce kolektoru spočíva v premene slnečnej energie na energiu tepelnú. Jedná sa o najjednoduchší spôsob premeny slnečného žiarenia. Táto premena prebieha pomocou absorpcie energie fotónu do tuhých látok a kvapalín a následnej transformácie na teplo. Naakumulovaná kvapalina ďalej obieha v systéme pomocou čerpadla a odovzdáva svoju energiu, čiže teplo, v tepelnom výmenníku úžitkovej vode, alebo je využívaná na ohrev vykurovacích telies. Po odovzdaní energie prúdi kvapalina naspäť do slnečného kolektoru, kde opäť naberá energiu, resp. teplo.

Aby sme dosiahli požadovanej efektívnosti celého solárneho systému, je nutné splniť niekoľko požiadaviek:

- Umiestnenie kolektorov čo najvhodnejšie. To znamená tak, aby bol kolektor osvietený maximálny možný čas počas dňa. Vyhnúť sa zatieneniu inými objektami, prípadne uvažovať zatienenie v časoch, keď je nízka intenzita žiarenia a to v ranných a večerných hodinách. Toto je však núdzové riešenie.
- Orientácia kolektorov na juh. Menšie odchýlky na východ, či západ nie sú významné z hľadiska celkovej energetickej bilancie, avšak výhodnejšia je odchýlka mierne na západ, ktorá umožňuje využiť efekt zapadajúceho slnka.
- Sklon kolektoru voči slnku by mal byť kolmý k dopadajúcim lúčom. Tie však nedopadajú na zemský povrch celoročne pod konštantným uhlom. V lete je slnko vysoko, v zime nízko. Od toho sa odvíja natočenie kolektorov. Optimálny sklon pre letnú prevádzku je v rozmedzí 30° až 45° k vodorovnej rovine. Pre zimnú prevádzku sa počíta s uhlami od 60° do 90°. Sklon pre letnú prevádzku nie je najvýhodnejší pre zimné obdobie a znižuje účinnosť v tomto období. To platí aj naopak, pri preferenciu zimnej prevádzky v lete. Na území SR je výhodnejšie voliť preferenciu letnej prevádzky, a teda uhol približne 30° (prípadne mierne väčší). Existujú systémy s natáčaním osvetlenej plochy tak, aby dopadajúceho žiarenia bolo čo najviac. Tieto systémy sú však nákladné.
- Zabránenie tepelným stratám použitím kvalitnej izolácie vedenia, návrhom systému s čo najkratšou dĺžkou potrubia medzi kolektorom a zásobníkom.
- Ochrana kolektoru pred nadmerným ochladzovaním vplyvom vetra a inými poveternostnými rizikami (napr.: krupobitie).
- Ochrana systému proti poškodeniu vplyvom zamrznutia teplonosnej kvapaliny v zimnom období. (Dnes sa rieši použitím nemrznúcej kvapaliny.)
- Sprístupnenie systému pre kontrolu, údržbu a čistenie (napr. od nánosov prachu v meste), prípadne opravu.

Pri každom solárnom systéme je dôležité zohľadniť všetky spomenuté faktory, prípadne ďalšie, a vypracovať dôkladné energetické a ekonomické bilancie. Z týchto podkladov následne vyriešiť oblasť montáže kolektoru, umiestnenie výmenníku tepla a ostatných častí systému tak, aby to bolo pre daný typ solárneho systém čo najvýhodnejšie.

2. SOLÁRNE SYSTÉMY

2.1. Rozdelenie solárnych systémov

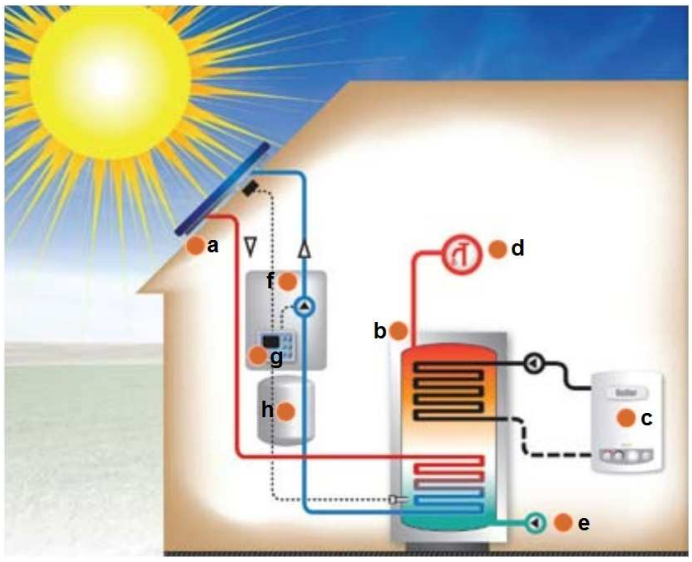
Podľa náplne solárneho systému môžme deliť systémy na kvapalinové a vzduchové. Vzduchové systémy majú väčšinou veľký priemer potrubia, ale nevyužívajú sa na ohrev TUV. Akumulátorom je najčastejšie voda, pre vzduchové systémy sa používa aj tuhé teleso, prípadne látka so zmenou skupenstva pre oba systémy. Existujú aj systémy bez akumulačného telesa, tie sa využívajú buď ako bazénové ohrievače, alebo na sušenie teplým vzduchom.

„Podle celkové koncepce jsou aktivní sluneční systémy buď jednoduché (monovalentní), nebo kombinované (bivalentní, popř. trivalentní).“ *([1], str.75)* Monovalentný systém využíva na ohrev vody iba solárne panely. Viac krát už bolo zmienené, že tento systém je nepoužiteľný v podmienkach SR, resp. ČR na celoročný ohrev TUV, preto sa využíva iba na sezónny ohrev (voda v bazéne). Bivalentný systém je vhodný na celoročný ohrev TUV, pretože je v ňom zahrnutý aj iný zdroj tepla ako solárne panely. Bivalentný systém má teda okrem solárnych panelov jeden ďalší zdroj tepla, trivalnentný systém má dva ďalšie zdroje. Zložitosť a nespoľahlivosť trivalentného systému je dôvodom, prečo sa dnes nepoužívajú. Používajú sa kotle na plyn, alebo iné palivo, elektrické kotle, ale aj tepelné čerpadlá (vlastný zásobník je umiestnený za hlavným zásobníkom systému, kde sa teplo prečerpáva na vyššiu teplotu). *[1]*

2.2. Súčasti solárneho systému

Solárny systém sa skladá z viacerých podstatných súčasti:

a) Slnečné kolektory
b) Zásobník tepla s dvoma výmenníkmi (solárny, plynový/elektrický)
c) Kotol na ohrev mimo sezónu a doohrev v sezóne.
d) Vývod úžitkovej teplej vody.
e) Prívod studenej vody
f) Čerpadlová skupina
g) Regulátor
h) Expanzná nádoba.



Obr. 2.1 Schéma solárneho systému. [26]

2.3. Slnečné kolektory

Slnečné kolektory sú považované za najdôležitejšiu časť aktívnych slnečných systémov. Ich účelom je zachytávanie energie žiarenia a z toho vyplývajúce zahrievanie teplonosnej kvapaliny. Základnými prvkami konštrukcie solárneho panelu sú nosný rám, absorpčná plocha, trubkové vedenie odvádzajúce teplo z absorpčnej plochy, ochranné sklo a izolačný materiál *(obr.2.2.).* Výrobcovia jednotlivé komponenty vylepšujú a pridávajú nové pre dosiahnutie vyššej účinnosti a lepších vlastností. Premena žiarenia na využiteľné teplo sa uskutočňuje pomocou absorbéra, z ktorého sa teplo prenáša vedením na teplonosné médium obiehajúce vnútri absorbéra. Ten musí pohlcovať žiarenie s čo najvyššou účinnosťou, odrážať slnečné žiarenie čo najmenej (emisivita) a pritom bez strát odovzdávať teplo do zberného potrubia na teplonosné médium, ktoré ho odovzdáva v zásobníku. Aby mal absorbér požadované vlastnosti, je tvorený vodivým plechom (Cu / Al) a selektívnou povrchovou vrstvou, alebo vhodným náterom. Absorpčná plocha je pri získavaní energie vystavená všetkým vplyvom vonkajšieho prostredia (kyslý dážď, krupobitie, mrazy a podobne). Preto je nutné túto plochu chrániť, čo sa najbežnejšie realizuje prostredníctvom priehľadného skla. Hrúbka skla musí spĺňať určité normy a predpisy pre čo najvyššiu účinnosť panelu, ale musí vyhovovať aj požiadavke dlhej životnosti a pevnosti (odolnosť proti náporu vetra, vrstve snehu a podobne). Rám panelu musí takisto odolávať vonkajším vplyvom, ale nesmie mať príliš veľkú hmotnosť a rozmery, ktoré by obmedzovali inštaláciu panelov. *„Konstrukce kolektorů je tedy vždy kompromisem mezi teoretickými poznatky, výrobními možnostmi a celkovou ekonomickou efektivností slunečných systému. Nemusí být za všech okolností nejvýhodnější kolektory s největší účinností, které však jsou velmi drahé a navíc vyžadují složitá a drahá přídavní zařízení. Zejména u nízkoteplotních slunečných systémů pracujících s teplotami do 70°C se mnohdy většího výsledného efektu dosáhne s jednoduchými kolektory, které síce mají menší účinnost, ale jsou laciné, v provozu spolehlivé a mají dostatečně dlouhou životnost.“ ([1], str. 97)*

Obr. 2.2 Štruktúra solárneho panelu. [15]

2.3.1. Účinnosť kolektorov

Analytické výpočtové vzťahy, vychádzajúce z energetických bilancií tepelných tokov v slnečnom kolektore a z experimentálneho testovania, hodnotia účinnosť kolektorov. Nikdy sa nevyužije slnečné žiarenie na 100%, pretože časť žiarenia sa na kolektore odrazí, časť premeneného tepla odchádza späť do okolitého prostredia a časť sa akumuluje v tele

kolektora vo forme tepelných strát. V odbornej literatúre sa energetická bilancia delí na vonkajšiu a vnútornú. Vonkajšia bilancia zahŕňa prenos tepla z absorbéru do okolia a vnútorná sa zaoberá prenosom tepla z absorbéra do teplonosného média. Na prenose tepla z kolektoru do vonkajšieho prostredia sa podieľa:

a) sálanie a prúdenie (voľné) medzi absorbérom a vnútorným povrchom zasklenia kolektora, resp. rámom kolektora.
b) vedenia tepla zasklením, resp. rámom - izoláciou kolektora.
c) sálanie a prirodzené/nútené prúdenie medzi vonkajším povrchom zasklenia a okolitým prostredím, resp. medzi rámom kolektora a strechou (montážnym podkladom). *[6]*

Procesy prenosu tepla medzi absorbérom a teplnosnou kvapalinou sú takmer identické:

a) sálanie a prúdenie (voľné) medzi absorbérom a vonkajším povrchom trubiek v absorbéry.
b) vedenie tepla stenou trubky
c) sálanie a prúdenie medzi vnútornou stenou trubky a teplonosným médiom.

Pri každom z týchto procesov nastávajú straty, ktoré sa prejavia na výslednej účinnosti. *Na celkové tepelné ztrátě kolektoru se přední strana podílí 70 až 80 % [6]*. Na výpočet účinnosti existuje niekoľko vzorcov, každý zahŕňa iné parametre a vplyvy. *Podľa Matušku [6] sa účinnosť počíta podľa vzorca:*

$$\eta = F' \cdot \left[\tau \cdot \alpha - U \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} \right]$$

F' [-] súčiniteľ účinnosti kolektor zahrňujúci vplyv geometrie absorbéru, tepelnej priepustnosti spojenia trubka - absorbér a prestup tepla z vnútorného povrchu trubky do teplonosnej látky.

τ [-] priepustnosť slnečného žiarenia zasklením.

α [-] pohltivosť slnečného žiarenia absorbérom.

U [$W/m^2 * K$] súčiniteľ prestupu tepla kolektorom.

T_m [°C] stredná teplota teplonosnej látky.

T_a [°C] amplitúdová teplota teplonosnej látky.

Z uvedeného vzťahu je zrejmé, že je nutné dosiahnuť vysokú amplitúdovú teplotu a nízku strednú pre dosiahnutie vyššej účinnosti. Účinnosť kolektorov ovplyvňuje aj teplota okolitého vzduchu. Čím je rozdiel medzi touto teplotou a teplotou kolektora menší, tým je účinnosť väčšia. Snahou je dosiahnutie maximálnej možnej efektívností. To môžme ovplyvniť niekoľkými možnosťami:

- zvýšenie priepustnosti žiarenia ochranným sklom kolektoru
- zvýšením pohltivosti absorbéra.

- zvýšenie tepelného odporu prednej strany kolektoru (zasklenie, spektrálne selektívny náter).
- optimalizácia konštrukcie
- kvalitná tepelná izolácia voči okoliu (zníženie tepelných strát) *[6]*

2.3.2. Tepelná izolácia

Tepelnú izoláciu solárneho panelu tvorí najmä krycie sklo absorbéru, ktoré významne ovplyvňuje tepelné straty. Jednou z požiadaviek na zasklenie je teda dostatočná tepelná izolácia. Druhou podstatnou požiadavkou je vysoká priepustnosť tepelného žiarenia. Tieto dve požiadavky sú dosť protichodné, a preto je dôležité nájsť vždy vhodný kompromis pre daný typ kolektoru. Vo väčšine panelov sa používa jednoduché zasklenie, ktoré je výhodné z hľadiska priepustnosti žiarenia, ale má veľmi nízky tepelný odpor, slabú tepelnú izoláciu. Jednou z možností ako odstrániť tento nedostatok je zvýšenie tepelného odporu vzduchovej medzery medzi zasklením a absorbérom a to uzavretím vzduchu do komôrok a vrstiev (štruktúra) čím sa obmedzí prenos tepla prúdením, pričom priepustnosť žiarenia sa nemení. *„Struktury, které mají vyšší tepelný odpor než jednoduché zasklení a propouštějí sluneční záření, se zpravidla označují jako tzv. transparentní tepelné izolace.“ [6]* Takáto štruktúra však nie je transparentná (priehľadná), vhodnejšie označenie je translucentná (priesvitná). Označenie tepelný izolant tiež nie je ideálne, pretože súčiniteľ tepelnej vodivosti (λ) nie je menší ako 0,1 W/m.K (hranica pre tepelné izolanty). V solárnej technike je však toto označenie zavedené pre pokročilé zasklenie a štruktúru, ktorá výrazne znižuje tepelné straty.

Zvýšením vrstvenia krycieho skla (dvoj- , troj- a viacnásobné) sa zvyšuje tepelný odpor. Nevýhodou je, že týmto spôsobom sa znižuje priepustnosť slnečného žiarenia a zvyšujú sa optické straty o cca 5%. Pre celoročnú prevádzku sa však odporúčajú aspoň dve krycie sklá. *([1], str. 101)*

Ďalšiu možnosť tvorí vrstvenie kolmo k absorpčnej ploche. Vznikajú tak lamelové štruktúry. Takýmto spôsobom sa neovplyvňuje priepustnosť žiarenia, pretože lúče sa odrážajú na absorpčnú plochu. V súčasnosti sa vyrábajú iba plastové lamely, ktoré nie sú z hľadiska tepelnej odolnosti výhodné, preto sa tento typ v praxi veľmi nepoužíva. Výroba panelov s lamelovou štruktúrou je náročná a stráca sa ekonomická výhodnosť takýchto panelov.

„Transparentní izolací budoucnosti se bezesporu jeví zasklení na bázi křemičitého aerogelu.“ [6] Aerogél je kvázihomogénna pórovitá štruktúra SiO_2 , obsahujúca z 90 až 95% vzduch. Veľkosť pórov sa pohybuje od 2 do 50 mm. Vďaka nanoštruktúre sa tepelná vodivosť (λ) pohybuje v rozmedzí 0,015 až 0,020 W/m.K. Jemná štruktúra obmedzuje prenos vzájomnými kolíziami vzduchu (rozmer pórov je menší ako stredná dráha molekúl vzduchu). Priehľadnosť aerogélu je tiež spôsobená jemnou štruktúrou. Rozmer pórov je oveľa menší ako vlnová dĺžka svetla vo viditeľnej oblasti, čo znižuje rozptyl žiarenia.

Podľa hrúbky vrstvy aerogélu sa pohybuje priepustnosť slnečného žiarenia v rozsahu $\tau = 0,85$ až 0,95. Aerogél sa vyrába vysušovaním roztoku SiO_2 v alkohole pri vysokých teplotách a tlakoch. Jeho štruktúra je vysoko pórovitá a veľmi dobre viaže vodnú paru (hydrofilná štruktúra), ktorá spôsobuje rozpúšťanie vysušeného aerogélu. Preto je nutné pri využití tohto prvku kvalitné zasklenie, ktoré zabráni prestupu vlhkosti. *„V současné době probíhá výzkum využití aerogelu především v oblasti zasklení oken, kde konkuruje vakuovým zasklením. Předmětem vývoje jsou také výrobní postupy, které by zlevnily investičně náročnou produkci*

(snížení tlaků a teplot) a zlepšily fyzikální vlastnosti aerogelu (snížení křehkosti, hydrofobní aerogely, velkoplošné monolitické aerogely, atd.“ [6]

2.3.3. Povrch solárnych panelov

Povrchy solárnych panelov, resp. absorpčných plôch možno rozdeliť na dve hlavné skupiny: selektívne a neselektívne povrchy. Neselektívne povrchy sa používajú v najlacnejších solárnych paneloch, majú vyššie straty spôsobené vysokou emisivitou, ale sú lacné, ľahko sa nanášajú na povrch. Patria medzi ne vypálené, alebo polovypálené syntetické a silikónové laky.

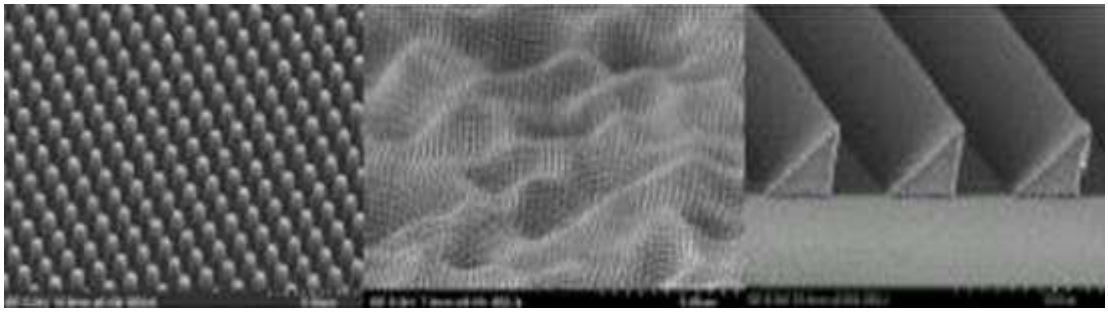
Selektívne absorbéry ponúkajú ďalšie zlepšenie účinnosti solárnych panelov z hľadiska optických vlastností. Tieto povrchy majú vysokú absorpciu žiarenia (a teda nízku odrazivosť) v oblasti vlnových dĺžok 0,3 až 3 μm, čo predstavuje približne 95% energie slnečného žiarenia dopadajúceho na zemský povrch a vysokú odrazivosť (nízku pohltivosť) v oblasti infračerveného žiarenia (vlnová dĺžka 3 až 50 μm). „*Kvalitní spektrálně selektivní povrchy mají v současné době parametry, které se zdají být již praktickou limitou v oboru.“ [6]* Je to najmä vďaka vysokému súčiniteľu absorpcie $\alpha = 0{,}95$ a nízkemu súčiniteľu emisivity (pomernej žiarivosti) $\varepsilon = 0{,}05$. Pomer týchto dvoch súčiniteľov vyjadruje istým spôsobom kvalitu selektívneho náteru, resp. povrchu. Najkvalitnejšie povrchy sa pohybujú okolo čísla 18+ , menej kvalitné 15 a nižšie. Nevýhodou selektívnych absorbérov je ekonomická náročnosť ich výroby, ktorá výrazne zvyšuje cenu solárneho panelu. Existujú dva základné procesy výroby selektivných povrchov a to elektrochemicky v kúpeli (galvanicky) a nanášaním vrstiev vo vákuu. Ako posledná vrstva sa často nanáša antireflexná látka, ktorá zlepšuje optické vlastnosti. Vývoj v tejto oblasti takisto napreduje. Skúmajú sa najmä nové prvky, ktoré sa dajú využiť v solárnych paneloch a ich produkcia a úprava do finálnej podoby nie je finančne veľmi náročná. Jedným z prínosov výskumu je aj metóda *soľ – gél*. Táto metóda je procesne jednoduchá, prevádzkovateľná v bežných tlakových podmienkach (nevyžaduje vákuum), použité chemikálie nie sú environmentálne nebezpečné a nespotrebuje sa ich veľa pri výrobe. Príkladom môže byť povrch tvorený dvoma vrstvami Al_2O_3 s obsahom častíc Ni. Hrúbka vrstiev je rádovo v nanometroch. Optické vlastnosti takéhoto povrchu vyjadruje súčiniteľ kvality povrchu – selektívny pomer rovnajúci sa 16. Nie je to najvyššie číslo, ale jednoduchosť a nenáročnosť výroby tohto povrchu je výrazná výhoda. Ekonomicky výhodným povrchom je aj vrstva z boridu hliníku AlB_2. Súčiniteľ pohltivosti je $\alpha = 0{,}99$ a súčiniteľ emisivity $\varepsilon = 0{,}05$, čo predstavuje vynikajúci selektívny pomer 20. Výrobná metóda je pritom finančne atraktívna. *[6]*

Typ povrchu kolektoru, či už sa jedná o selektívny povrch alebo iný absorpčný náter, určuje aj farebné prevedenie kolektoru. To býva vo väčšine prípadov čierne alebo tmavomodré, čo veľmi obmedzuje farebné riešenie veľkých plôch, ktoré solárne panely využívajú a architektonické možnosti na budovách. Pre tvarovo a farebne zložitejšie budovy, resp. požiadavky majiteľa je náročné nájsť vhodné riešenie, ktoré by prinieslo požadovaný ekonomický efekt solárnych panelov, preto sa vyvíjajú aj povrchy s rôznym farebným prevedením. Jedná sa o selektívne laky. Farebné zastúpenie je veľmi malé, uvádza sa zelená, modrá a gaštanová farba. Zmena vzhľadu samotného zasklenia nie je výhodná, neprepúšťa dostatočné množstvo žiarenia. Farebné nátery sa neoplatí uvažovať pri úprave vzhľadu panelov, každá zmena od čiernej, alebo výrazne tmavej má za následok zníženie účinnosti solárneho systému. Ak je však neprípustné z hľadiska architektúry a estetiky voliť iné sfarbenie panelov, je tu možnosť využiť optických vlastností lomu svetla v spektre viditeľnom pre ľudské oko za pomoci interferenčných optických filtrov. Zasklenie sa upraví tak, aby

prepúšťalo slnečné žiarenie a zároveň vo viditeľnom spektre „lámalo“ slnečné lúče do určitej farby. Takýmto spôsobom je možné zakryť nepeknú čiernu plochu panelu farebným odrazom. *[6]*

2.3.3.1. Povrchy s mikroštruktúrou

V oblasti solárnej techniky nachádzajú povrchy s mikroštruktúrou najväčšie uplatnenie v oblasti zasklenia panelov. Kombinácia s nízkoemisným povlakom poskytuje vysokú priepustnosť zasklenia a zároveň nízku úroveň žiarenia povrchu. Princíp spočíva v striedaní pásu bez povlaku, ktorý zabezpečuje priepustnosť zasklenia a pásu s povlakom, ktorý zabraňuje vysokej emisivite žiarenia. Pomocou počítačových simulácií sa zistilo, že použitím mikroštruktúry sa zvýši priepustnosť približne o 10% za cenu zvýšenia emisivity iba o 1%.
Ďalšie využite mikroštruktúry je v oblasti výroby antireflexných vrstiev, ktoré majú slúžiť ako plynulý prechod zo vzduchu do zasklenia. To znamená plynulý prechod medzi indexom lomu vzduchu n = 1 a indexom lomu skla n = 1,52. Prínosom je zvýšenie priepustnosti o 5% a viac, pričom výroba je v dnešnej dobe už bežná a je založená na procese tvorby mikroštruktúry anorganického filmu. *[7]*



Obr. 2.3 Povrch solárneho panelu s mikroštruktúrou. [7]

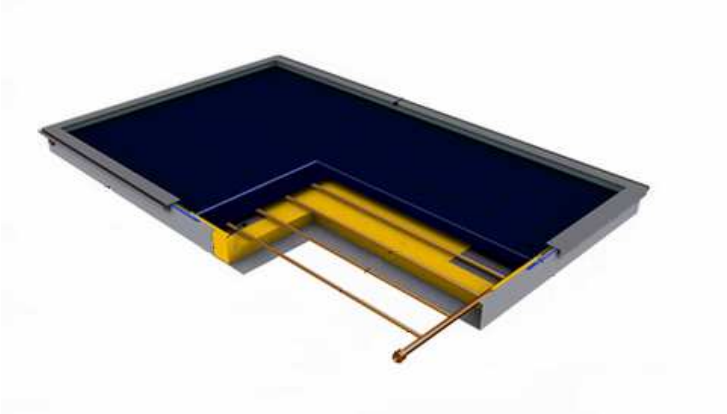
2.3.4. Typy slnečných kolektorov

Základné rozdelenie kolektorov:

a) Ploché kolektory
b) Vákuové kolektory
c) Koncentrujúce kolektory

a) Ploché kolektory

Najrozšírenejšie kolektory využívané na ohrev úžitkovej vody, prípadne vykurovanie obytných budov sú práve ploché kolektory v tvare obdĺžnika. Klasická konštrukcia sa skladá z plášťa kolektora (hliníková vaňa), absorbéra, tepelnej izolácie (minerálna vlna) a zasklenia. Materiály a spracovanie sú rozdielne takmer pre každého výrobcu. Absorpčná plocha je takmer rovnako veľká ako čelná plocha kolektoru. Absorbér pozostáva z plechu (hliník alebo meď) s rôznou povrchovou úpravou pre čo najväčšie pohltenie žiarenia. Používané sklo musí vyhovovať z hľadiska priepustnosti aj pevnosti (odolnosť proti krupobitiu). Ideálny sklon je 45°. Pri tomto uhle dochádza k najlepšiemu využitiu intenzity slnečného žiarenia.



Obr. 2.4 Plochý solárny kolektor. [21]

Podľa druhu teplonosného média sa ploché kolektory delia na:

I. Kvapalinové

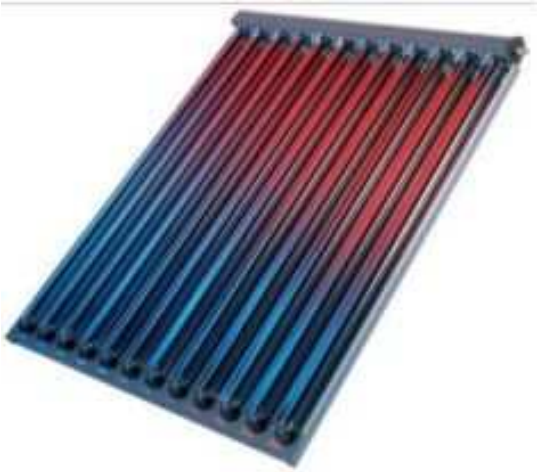
Teplonosným médiom je kvapalina, prenášajúca „teplo“ do zásobníku. Vďaka nízkej cene, dobrej účinnosti a jednoduchému použitiu sú rozšírenejšie ako vzduchové kolektory. Pri celoročnej prevádzke je nutné upraviť teplonosnú kvapalinu nemrznúcou zmesou, v inom prípade je nutné kvapalinu na zimu vypúšťať z okruhu, resp. udržiavať nad teplotou mrazu.

II. Vzduchové

Konštrukčne sú podobné s kvapalinovými kolektormi. Majú veľa rovnakých súčastí. Izolácia proti unikaniu vzduchu však musí byť kvalitnejšia. Teplonosný plyn (vzduch) môže prúdiť buď za absorpčnou plochou alebo pred ňou. Ak je medzi transparentnou vrstvou a absorpčnou plochou izolačná medzera vyplnená stojacim plynom, teplonosný plyn prúdi za absorpčnou plochou. V prípade bez izolačnej vrstvy, prúdi plyn pred absorpčnou plochou. Tento typ má menšiu účinnosť, montuje sa vo väčších plochách a hlavné využitie tvorí na sušenie v poľnohospodárstve, teplovzdušné vetranie a vykurovanie.

b) Vákuové kolektory

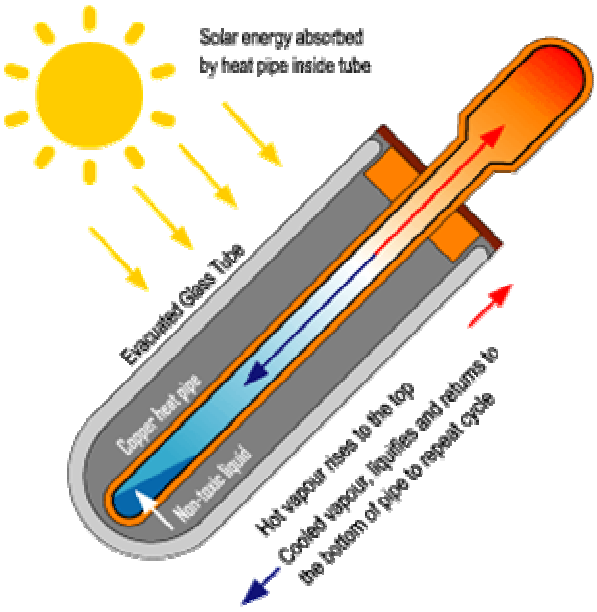
Absorpčná plocha je vložená do sklenenej trubice, v ktorej sa nachádza vákuum. Tým sa výrazne znižujú straty do okolia prúdením (konvekciou) a tiež straty spôsobené tepelnou vodivosťou vzduchu. Vákuový kolektor je schopný zachytiť aj žiarenie o veľmi malej intenzite, pri malej vonkajšej teplote. V porovnaní s plochými kolektormi sú vákuové kolektory účinnejšie (pri klasických rozmeroch solárnej plochy na strechách budov je rozdiel v účinnosti zanedbateľný, výraznejší rozdiel sa prejaví pri väčších plochách), ich výrazným nedostatkom je však vysoká cena, spôsobená najmä náročnosťou výroby, preto nenachádzajú uplatnenie v oblasti ohrevu vody pre súkromných užívateľov, ale skôr v technologických procesoch s potrebou teplej vody nad 60°C.



Obr. 2.5 Vákuový solárny kolektor. [17]

Vákuový trubicový kolektor

Tieto kolektory sa delia do dvoch hlavných skupín: kolektory s priamym prúdením a kolektory pracujúce na princípe tepelnej trubice. Kolektory s priamym prúdením pracujú s obyčajným obehom teplonosného média. Z rozdeľovača prestupuje kvapalina abosrbérom, ktorému odoberá teplo a následne sa schádza v zberači a ďalej postupuje solárnym systémom. Potrebnou súčasťou je obehové čerpadlo, vďaka ktorému nemusí byť panel naklonený. Princíp tepelnej trubice je úplne odlišný. Teplonosným médiom je v tomto prípade ľahko - odpariteľná kvapalina, väčšinou alkohol. Ten sa odparuje pri nízkej teplote, stúpa do vrchnej časti kolektoru, kde v malom výmenníku odovzdá svoje teplo, kondenzuje a skvapalnený klesá do dolnej časti trubice, kde sa opäť ohrieva a odparuje. Naakumulované médium v malom zásobníku obieha v solárnom systéme a predáva teplo do hlavného zásobníku (bojleru a pod.). Podmienkou fungovania tohto systému je minimálny sklon 30°. Veľkou výhodou tohto systému je automatická ochrana proti prehriatiu systému. Ak sa neuskutočňuje odber tepla, médium sa jednoducho odparí. *[5]*



Obr. 2.6 Princíp činnosti vákuovej trubice. [5]

c) Koncentrujúce kolektory

Ako už z názvu vyplýva, tieto kolektory slúžia na koncentráciu slnečnej energie pomocou valcových (parabolických zrkadiel) do jedného ohniska alebo s orientáciou na potrubie, čo umožňuje dosiahnuť vysoké teploty pracovnej látky (250 – 800°C). Ich nevýhodou je, že sa dajú využiť len na priame slnečné žiarenie, sú neschopné zvyšovať hustotu difúzneho žiarenia. Natáčacie zariadenie za Slnkom pre ideálne osvetlenie absorbéra len zvyšuje cenu solárneho panelu, aj preto tento typ kolektorov nachádza uplatnenie v priemysle, výrobe elektriny v solárnych elektrárňach a podobne. V strednej Európe nenachádzajú výrazné uplatnenie.

2.3.5. Prehľad slnečných kolektorov na trhu

V dnešnej dobre existuje značné množstvo firiem zaoberajúcich sa predajom slnečných kolektorov, takže výber je široký. Niektoré firmy slnečné kolektory dovážajú, iné ich vyrábajú. Väčšina firiem ponúka s kolektorom aj kompletnú montáž a zapojenie solárneho systému (kolektor, vedenie, zásobník, čerpadlo...). Zahrnutie všetkých dostupných kolektorov na trhu ČR a SR by zabralo niekoľko desiatok strán, preto následne uvediem len niektoré typy, ktoré boli schválené Technickým skúšobným ústavom Piešťany, š.p. do dátumu odovzdania tejto práce. K týmto kolektorom je poskytovaná štátna dotácia od vlády Slovenskej republiky. V tabuľke sú uvedené dostupné informácie o každom panely. Ceny v tabuľke sú len orientačné a vzťahujú sa k 28.3.2010. Situácia na trhu v ČR je podobná. Je tu však väčší výber produktov a lepšia cenová politika. Štátna dotácia nezávisí na type kolektoru ako v SR. Tabuľka je umiestnená v prílohe.

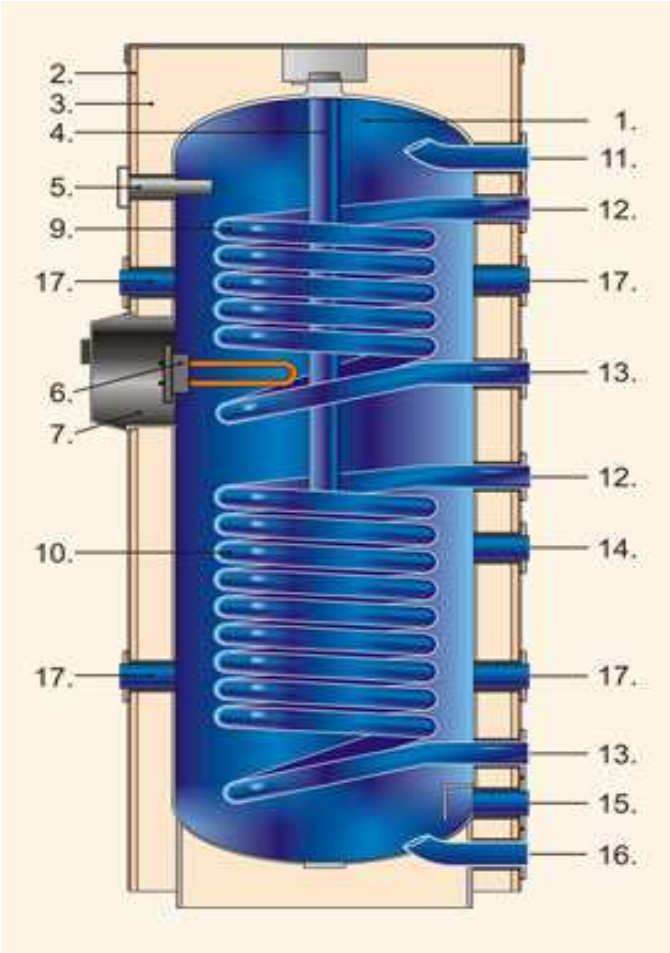
2.3.6. Budúcnosť slnečných kolektorov

Hlavným cieľom vývoja solárnych kolektorov je zvýšenie účinnosti systému a to prostredníctvom vylepšenia materiálov (mikro -, nano – technológia). Ďalej to je zníženie ceny kolektorov, znížením náročnosti výroby potrebných materiálov. V neposlednom rade je to aj vzhľad. Z toho vyplýva že hlavným predmetom vývoja je absorpčná plocha a zasklenie kolektorov.

2.4. Zásobník tepla

Konštrukcia zásobníka TUV pozostáva z nasledujúcich častí:

1. - zásobník
2.- obal
3. - izolácia
4. - horčíková anóda
5. – teplomer
6. - elektrický ohrievač
7. - obal ohrievača s termostatom
9. - výmenník v spolupráci s kotlom
10. - výmenník v spolupráci so solárnymi kolektormi
11. - vývod výstupu c.w.u
12. - vývod vstupu vykurovacieho tepla
13. - vývod výstupu vykurovacieho tepla
14. - cirkulačný vývod
15. - vývod vstupu úžitkovej vody
16. - vývod výpuste
17. - vývod čidla termostatu



Obr. 2.7 Zásobník TUV. [22]

Zásobník tepla je v podstate „baterka“, ktorá sa nabíja teplom. Funguje ako sklad tepelnej energie, pretože okamžité použitie tepla získaného z kolektoru je neefektívne a nekryje požiadavky v čase bez ideálneho slnečného svitu. Ako akumulačné médium sa používa väčšinou voda, ktorá má najvyššiu tepelnú kapacitu c = 4187 J/kgK. Zásobníky sa dajú rozdeliť do dvoch skupín: vysokokapacitné (veľkoobjemové, dlhodobé) a nízkokapacitné (maloobjemové, krátkodobé). Veľkoobjemové sa používajú na vykurovanie obytných priestorov a ako zásobník teplej úžitkovej vody celoročne. Ich najväčšou nevýhodou je veľkosť. „Pro dlouhodobou akumulaci tepla získaného v letním období pro odběr v zimě je ovšem nutný mimořádně velký objem zásobníku, který lze srovnávat s objemem vytápěných místností.“ *([1], str. 118)* Uskladnenie takéhoto zásobníka je náročné a pre bežné rodinné domy sa nepoužíva. Využitie má pri väčších obytných komplexoch (bytových jednotkách), alebo v priemyselných budovách. Ďalšiu možnosť pri vykurovaní pomocou solárnych panelov tvorí akumulácia tepla do tuhých telies, napríklad do zeminy pod domom, piesku a podobne. V tejto práci sa však budem zaoberať len klasickým ohrevom úžitkovej vody, nie vykurovaním, a preto veľkoobjemové zásobníky ďalej neuvažujem.

Maloobjemový zásobník – „bojler“ slúži iba na ohrev úžitkovej vody. Vykurovanie sa v tomto prípade neuvažuje, funkciu má však rovnakú - akumuláciu získanej tepelnej energie a jej uskladnenie. To zabezpečuje využitie systému aj v dobe, keď slnko nesvieti ideálne. Tento stav môže trvať niekoľko dní a preto je dôležité zvoliť správny objem zásobníka aby

bol systém efektívny aj v tomto období. Ďalším limitujúcim faktorom sú tepelné straty. Čím väčší objem zásobníka, tým väčšia plocha, s ktorou sa zväčšujú aj tepelné straty a znižuje sa účinnosť systému. Materiál zásobníku musí patriť medzi materiály odolné proti korózií. Ako najvhodnejšie sa javia teflón, keramické povlaky a antikorózne ocele.

V zásobníkoch s objemom 400l a viac je nutné venovať pozornosť aj hygiene, najmä rozmnoženiu baktérií legionell, ktoré sú prirodzenou súčasťou sladkej vody. V zvýšenom množstve môžu byť pre človeka nebezpečné, preto sa vyžaduje prehriatie vody raz denne na 70°C aby sa ich počet obmedzil. *[23]*

2.4.1. Teplotné vrstvenie

Vhodné tepelné rozvrstvenie zvyšuje účinnosť systému. Snahou je dosiahnuť v hornej časti vysokú teplotu a v dolnej časti zásobníka nízku teplotu. Pri menších zásobníkoch sa využíva prirodzené vrstvenie tepla, pri väčších objemoch sa často používa riadené vrstvenie pomocou stratifikačných prístavieb, ventilov, vložiek a podobne. Na vrstvenie má vplyv aj štíhlosť zásobníku. Vysoký a štíhly zásobník má lepšie vrstvenie ako široký, pretože nedochádza k výraznému premiešavaniu tekutiny. V praxi sú vysoké zásobníky obmedzené výškou priestoru, kde majú byť inštalované.

Na vrstvenie má vplyv aj pripojenie potrubia. Odber teplej vody sa uskutočňuje z vrchnej časti zásobníka, prívod studenej vody je v dolnej časti. Aby sa zabránilo premiešavaniu prívodom rýchleho prúdu, používajú sa rôzne hydraulické brzdy, doplnkové potrubie a iné.

Úplné odstránenie nepriaznivých vplyvov premiešavania vody v zásobníku a ostatných negatívnych vplyvov je možné pomocou predradeného monovalentého zásobníku, v ktorom sa ohrieva voda iba od solárnych panelov a následne sa presúva do bežného zásobníka, kde sa dohrieva voda, ak je to nutné (pomocou elektrického alebo plynového kotla), prevádza sa ochrana proti baktériám, prípadne cirkulácia. V každom prípade je nesmierne dôležitá izolácia zásobníku a vedenia. Nekvalitnou izoláciou narastajú straty, ktoré výrazne znížia efektívnosť. Izolačné materiály sa rôznia. Každý výrobca používa svoje špeciálne zloženie izolácia. *[8]*

2.4.2. Zásobníky so zmenou skupenstva látky

Takýto zásobník dokáže viac akumulovať teplo ako klasické zásobníky. Zmenu skupenstva z tuhého telesa na kvapalné sprevádza pohltenie skupenského tepla topenia – latentné teplo, o ktoré sa zväčšuje kapacita akumulácie. Zmena skupenstva z kvapaliny na plyn nie je vhodná, kvôli veľkej objemovej a tlakovej zmene. Používané látky musia mať vysokú hodnotu skupenského tepla topenia, vysokú tepelnú vodivosť a vhodne umiestnený bod topenia (40 až 50°C), ďalej musia byť netoxické, nekorodujúce a chemicky stále. Vhodnými kandidátmi sa javia byť mastné kyseliny, hydratované soli a parafínové vosky. *[8]* Takéto zásobníky majú dve významné výhody, vysokú akumulačnú schopnosť, tým vyžadujú menší objem zásobníku a využitie prebytku tepla v špičkách, čo bráni chodu „naprázdno“.

2.5. Výmenník tepla.

Tepelný výmenník sprostredkováva výmenu tepla medzi solárnym okruhom a zásobníkom, alebo medzi zásobníkom a koncovými spotrebičmi, a to bez vzájomnej interakcie teplonosných médií v jednotlivých okruhoch a v zásobníku. Aby prebiehala vzájomná výmena tepla, je nutný teplotný rozdiel medzi zahrievajúcim sa a ohrievacím médiom.

Samotný výmenník môže byť v solárnom systéme umiestnený samostatne, mimo zásobník, alebo v zásobníku a tvoriť so zásobníkom jeden celok. V niektorých špeciálnych prípadoch je výmenná tepelná plocha umiestnená v plášti zásobníku, jedná sa o dvojplášťové zásobníky. Ak je výmenník umiestnený priamo v zásobníku, je nutné ich umiestniť tak, aby sa podporovalo prirodzené prúdenie tekutiny, v prípade že sa jedná o nevrstvený zásobník. Tvarovo a materiálovo je nutné navrhovať výmenníky tak, aby sa teplo prenášalo cez ne čo najjednoduchšie a v dostatočnej miere, bez väčších strát. Steny výmenníka sa nemôžu degradovať vplyvom tepla, sily a chemického zloženia prúdiacej kvapaliny. Objem výmenníku by mal byť čo najmenší, aby sa čo najviac zredukovalo pôsobenie teplotnej zotrvačnosti. Prúdenie tekutiny vo výmenníku má byť opačné ako je prúdenie v zásobníku – protiprúd. Tento spôsob je výhodnejší z hľadiska tepelnej výmeny.

Ak je výmenník uzavretý a nemieša sa teplonosné médium z kolektorového okruhu s kvapalinou vo výmenníku tepla, jedná sa o tzv. uzavretý okruh. V otvorenom okruhu dochádza k premiešavaniu týchto kvapalín. Tento spôsob sa využíva napríklad na ohrev vody v bazéne. Využitie tohto spôsobu na ohrev TUV nespĺňa hygienické predpisy.

2.6. Regulácia a zabezpečovacie zariadenia

Ďalším prvkom zvyšujúcim využitie slnečného systému je regulátor. Bez regulácie by bola prevádzka solárneho systému nie len výrazne obmedzená, ale aj nebezpečná. *[1]* Veľmi premenlivý prísun energie počas roku a počas dňa, obmedzenie odberu tepla v čase, keď slnko nesvieti, vysoká / veľmi nízka teplota teplonosného média v kolektorovom okruhu, súlad primárneho a sekundárneho obehu podľa odberu tepla, zaistenie vysokej účinnosti, to je len niekoľko základných dôvodov pre zavedenie regulácie. Na trhu je v dnešnej dobe veľké množstvo rozmanitých regulačných prvkov. Najrozšírenejšia je automatická regulácia. Prednostne sú uvedené regulačné systémy pre okruh medzi kolektormi a zásobníkom. Okruh s koncovými spotrebičmi býva podobný, čo sa regulácie týka.

- **Samočinná regulácia.**

  Podmienkou je vyššia poloha zásobníka ako slnečných kolektorov a malý hydraulický odpor. Výhodou je jednoduchosť založená na prirodzenej cirkulácií ohriatej kvapaliny.

- **Regulácia s obehovým čerpadlom.**

  Regulátor prerušuje chod čerpadla podľa aktuálnej teploty na výstupe kolektora a v zásobníku. Ak je teplota v kolektore vyššia čerpadlo sa zapne, ak nižšia, čerpadlo je vypnuté. Zásobník musí byť schopný absorbovať veľa tepelnej energie, aby sa zabránilo prípadnému prehriatiu systému.

- **Regulácia zmenou prietoku kvapaliny výmenníkom tepla.**

  Zmenu zabezpečuje potrubie medzi vstupnou a výstupnou časťou kolektorového okruhu. Regulátor pri nízkej teplote v kolektore uzavrie prístup k zásobníku a čaká na zohriatie kvapaliny na vyššiu teplotu ako v zásobníku. Regulácia zmenou prietoku a obehovým čerpadlom sa využívala aj pri nízkych teplotách, keď je nutné zamedziť zamrznutiu kvapaliny v okruhu a následnému roztrhnutiu potrubia. Tento spôsob je však nevýhodný, pretože odoberá teplo zo zásobníka a preto sa nepoužíva. Ako ochrana sa buď systém na obdobie vysokých mrazov vypúšťa, alebo sa použije nemrznúca zmes ako teplonosné médium. *[1]*

Zabezpečovacie systémy slúžia k bezproblémovému chodu celého systému. Na ochranu proti zvýšenému tlaku v sústave sa používa expanzná nádoba (s membránou), keďže teplota v okruhu nedosiahne hodnoty teploty varu teplonosného média, ak sa jedná o menší solárny systém, je to postačujúce riešenie. Vo väčšom systéme sa používajú poistné ventily. Ďalej musia byť systémy vybavené vypúšťacím ventilom ovládaným teplotnou poistkou, automatickým odvzdušňovacím a zavzdušňovacím ventilom. V systéme by nemali chýbať spätné klapky, ktoré bránia reverznému prúdenie kvapaliny v prípade, že v kolektore je teplota nižšia ako v zásobníku.

2.7. Potrubie

Návrh spojovacieho potrubia medzi jednotlivými komponentmi systému musí byť prispôsobený viacerým podmienkam:

- Zamedzenie tepelných strát
- Odolnosť voči nepriaznivým vplyvom teplonosného média (korózia)
- Malý hydraulický odpor a dostatočný prietok.

2.8. Teplonosné médium

V systémoch pre sezónny ohrev sa využíva voda ako teplonosné médium. Jej výhodou je veľká merná tepelná kapacita (c = 4187 J/kgK), veľká tepelná vodivosť a malá viskozita, chemická stálosť, nízka cena... Nevýhod je tiež niekoľko, napríklad nízky bod varu a tuhnutia. Voda v zimnom období zamŕza a preto sa v prípade celoročného ohrevu využíva nemrznúca zmes, ktorá vyhovuje hygienickým štandardom. *„Při tepelném a hydraulickém výpočtu systémů je nutno přihlížet ke změnám fyzikálních parametrů vody s teplotou. Při teplotách 20 °C až 100°C se její fyzikální vlastnosti mění takto:*

- *hustota se zmenší o 4%,*
- *měrná tepelná kapacita se zvětší o 1%,*
- *měrná tepelná vodivost se zvětší o 14%,*
- *kinematická viskozita se zmenší o 70%,*
- *objemová roztažnost se zvětší o 260%.“ ([1], str. 81)*

Vysoké nároky sa kladú aj na chemickú čistotu vody (soli draslíka a horčíka), ktoré spôsobujú vytváranie nežiaduceho vodného kameňa. Soli môžu takisto zmeniť chovanie vody na elektrolyt a vytvoriť tzv. elektrolytickú koróziu. *„Celý kolektorový okruh by tedy měl být sestaven z částí zhotovených pouze z jedného kovu. Je nutno se vyhýbat kombinaci dvou nebo*

více kovů. Nebezpečí elektrolytické koroze je velké zejména u dvojice kovů hliník a měď.“ ([1], str.82) Proti vzniku korózie sa používajú inhibítory.

Cirkulácia teplonosnej kvapaliny môže byť prirodzená alebo nútená. Nútený obeh je vyvolaný čerpadlom, prirodzený je výsledkom rozdielnych fyzikálnych vlastností kvapaliny v okruhu, a to hustoty, ktorá sa mení s teplotou. Tento spôsob je obmedzený tým, že zásobník tepla, resp. výmenník musí byť vo vyššej polohe ako kolektory.

3. Návrh solárneho systému

Prístup k výpočtu solárneho systému som volil podľa výpočtu od *Cihelku [1]*. Systém je navrhnutý pre rodinný dom obývaný 4 osobami. Objekt sa nachádza v meste Brno, ale výpočet nie je problém upraviť pre iné miesto, podstatnými vstupnými údajmi sú priemerné mesačné teploty, dĺžka slnečného svitu, intenzita slnečného žiarenia a energetický zisk z 1 m^2 solárneho panela. V okolí objektu sa nenachádzajú žiadne výškové budovy, ani vysoké stromy, či iné prekážky, ktoré by zatieňovali plochu určenú na montáž slnečných kolektorov. Spotreba vody je približne 200 l denne, čiže 50 l na osobu. Samozrejme je to len orientačná hodnota, pre ktorú navrhujeme plochu solárnych kolektorov, skutočná spotreba vody kolíše v istom rozmedzí. Požiadavka na systém je, aby pokryl samostatne energiu na ohrev vody v čo najdlhšom období, minimálne však celé letné obdobie (V., VI., VII. a VIII. mesiac), a výrazne znížil náklady na ohrev vody. Ako okrajové mesiace uvažujem apríl (duben) a september (září). Ďalej sa požaduje návratnosť investície v čo najkratšom období a výrazné šetrenie nákladov počas celej životnosti systému, ktorý má životnosť podľa viacerých zdrojov až 30 rokov. Prevádzkové náklady sú v podstate nulové, avšak vždy treba počítať s poruchovosťou komponentov systému (napríklad čerpadlo, termostat...). Na druhú stranu stúpajúca tendencia nákladov na vykurovanie v podobe rastúcich cien plynu a elektriky môže spôsobiť rýchlejší návrat počiatočnej investície a vyššie zhodnocovanie systému. Veľkou výhodou je, že vo viacerých krajinách EU štát ponúka finančný príspevok na stavbu tepelného solárneho systému, ak spĺňa isté požiadavky a je zhotovený z certifikovaných súčastí. Vďaka týmto dotáciám sa výrazne skráti doba návratnosti systému na prijateľné hodnoty. Podľa informácií na stránke MH SR je dotácia na Slovensku pre rodinné domy 200 EUR za m^2 plochy kolektora do max. 8 m^2 celkovej plochy slnečných kolektorov. Nad 8 m^2 sa dotácia znižuje na 50 EUR za m^2. Pre byty je dotácia 100 EUR / m^2 do maximálne hodnoty 3 m^2/byt. (http://www.sea.gov.sk/energeticke_aktivity/program_pre_domacnosti/program_pre_domacnosti.pdf). V Českej republike je to 55 000 Kč, ak je systém využitý iba na ohrev TUV, ak je získané teplo využité aj na vykurovanie, výsledná dotácia môže byť až 65 000 Kč podľa Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků (http://www.sfzp.cz/soubor-ke-stazeni/12/3834-prilohy_ii_2009_schvalene_150109.pdf).

Výpočet začína zistením potrebnej energie na ohrev denne spotrebovanej vody. Tá sa prepočíta na mesačnú hodnotu vynásobením počtom dní každého mesiaca. Následne sa vypočíta zisk z 1 m^2 kolektorov pre okrajové obdobie (IV., IX. mesiac) a z uvedených hodnôt sa určí predbežná veľkosť plochy panelov. Tú zahrnieme do výpočtu zisku energie zo systému, vynásobíme počtom dní a dostaneme približné hodnoty možných energetických ziskov v každom mesiaci, odpočítame ich od energie potrebnej na ohrev daného množstva vody a všetky kladné hodnoty sčítame. Tým dostaneme energiu nutnú dodávať z prídavného zdroja tepla (plynový kotol, elektrická špirála a pod.) na celý rok. Rozdiel medzi súčtom energie potrebnej na ohrev vody a súčtom energie na dohrev udáva ročnú ušetrenú energiu vďaka solárnym panelom.

3.1. Základné parametre solárneho systému

Orientácia kolektorov..... juh (S)

Sklon kolektorov..... 30°

Objem zásobníka..... V_Z = 200 l

Vstupná teplota vody..... t_1 = 10°C

Výstupná teplota vody..... t_2 = 50 °C

Stredná teplota.....t_S = 30 °C

Hustota vody..... ρ_{H2O} = 995,6 kgm^{-3} (pri strednej teplote t_S = 30°C)

Merná tepelná kapacita vody..... c_{H2O} = 4180 $Jkg^{-1}K^{-1}$

Typ prídavného ohrevu..... plyn

3.2. Výpočet

3.2.1. Spotreba tepla na ohrev daného množstva vody

$$Q = c_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot V_z \cdot (t_2 - t_1) = 4180 \cdot 995,6 \cdot 0,2 \cdot (50 - 10) = 33292864\ J$$

$$Q = 33292864 \div 3600 = 9248\ Wh = 9,248\ kWh$$

Straty (10%).

$$Q_{spot} = 1,1 \cdot Q = 1,1 \cdot 9,248 = 10,173\ kWh$$

3.2.2. Denná energia dopadajúca na plochu 1 m^2

Teoreticky možná energia dopadajúca za deň $Q_{Sden.teor}$ ($kW.h.m^{-2}$) na plochu sklonenú pod uhlom 30° pre okrajové mesiace IV. a IX. (platí pre 50° severnej šírky a súčiniteľ znečistenia atmosféry Z = 3)

Apríl (Duben) ..... $Q_{Sden.teor}$ = 7,98 $kWhm^{-2}$

September (Září) ..... $Q_{Sden.teor}$ = 6,44 $kWhm^{-2}$

Tab. 3.1 : Teoreticky možná energia dopadajúca za deň na plochu v jednotlivých mesiacoch.([1], str. 34)

Úhel sklonu osluněné plochy α	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{S\,den\,teor}$ (kW.h.m^{-2})						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluněné plochy $a_s = \pm 0°$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

3.2.3. Pomerná doba slnečného svitu pre Brno

Apríl (Duben) ..... $\tau_S = 0,39$

September (Září) ..... $\tau_S = 0,50$

Tab. 3.2 : Pomerná doba slnečného svitu. ([1], str. 41)

Měsíc	Poměrná doba slunečního svitu $\bar{\tau} = \tau_{skut}/\tau_{teor}$ [1])							
	Praha	České Budějovice	Hradec Králové	Brno	Bratislava	Košice	Sněžka (1 602 m)	Lomnický štít (2 632 m)
I.	0,21	0,18	0,18	0,18	0,25	0,26	0,33	0,48
II.	0,32	0,29	0,27	0,31	0,35	0,31	0,33	0,47
III.	0,42	0,37	0,40	0,38	0,46	0,42	0,37	0,50
IV.	0,45	0,39	0,44	0,39	0,50	0,46	0,33	0,42
V.	0,51	0,43	0,50	0,48	0,56	0,53	0,40	0,36
VI.	0,54	0,46	0,51	0,53	0,59	0,54	0,38	0,33
VII.	0,55	0,49	0,52	0,56	0,66	0,58	0,39	0,37
VIII.	0,55	0,51	0,54	0,53	0,66	0,59	0,40	0,43
IX.	0,53	0,48	0,52	0,50	0,63	0,57	0,40	0,52
X.	0,37	0,34	0,37	0,37	0,47	0,47	0,30	0,60
XI.	0,21	0,22	0,19	0,23	0,25	0,27	0,31	0,46
XII.	0,14	0,15	0,17	0,12	0,20	0,23	0,28	0,48

3.2.4. Skutočná dopadajúca energia

$$Q_{Sden} = \tau_S \cdot Q_{Sden.teor}$$

Apríl (Duben) ..... $Q_{Sden} = 0,39 \cdot 7,98 = 3,11\, kWhm^{-2}$

September (Září) ..... $Q_{Sden} = 0,50 \cdot 6,44 = 3,22 kWhm^{-2}$

Stredná teplota vzduchu v čase slnečného svitu pre Brno

Apríl (Duben) ..... $t_v = 12°C$

September (Září)..... $t_v = 18,5°C$

Tab. 3.3 : Stredná teplota v dobe slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch. ([1], str. 50)

Místo	Střední teplota v době slunečního svitu t_v v jednotlivých měsících (°C)											
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Praha	2,2	3,4	6,5	12,1	16,6	20,6	22,5	22,6	19,4	13,8	7,3	3,5
České Budějovice	1,7	2,4	6,2	10,7	15,8	18,6	20,8	20,6	17,4	12,1	6,9	3,3
Hradec Králové	1,6	2,4	6,0	10,7	15,9	18,9	20,7	20,8	18,0	12,7	7,2	3,3
Brno	1,7	2,8	7,0	12,0	17,2	20,2	22,1	21,8	18,5	13,1	7,7	3,5
Bratislava	2,1	3,6	8,5	13,4	18,5	21,6	23,5	23,6	20,5	14,7	8,5	4,2
Košice	0,1	1,7	6,6	12,1	16,3	20,5	22,4	22,2	18,7	13,1	7,5	2,8
Sněžka (1 602 m)	−3,5	−3,6	−1,7	1,7	6,6	9,6	11,6	11,9	9,7	5,5	0,9	−2,0
Lomnický štít (2 632 m)	−6,9	−7,5	−5,8	−2,2	2,4	5,1	7,1	8,0	5,7	2,3	−2,6	−5,5

3.2.5. Stredná intenzita žiarenia

(južná orientácia, sklon 30°)

Apríl (Duben) ..... $I_{str} = 574 Wm^{-2}$

September (Září)..... $I_{str} = 537 Wm^{-2}$

Tab. 3.4 : Stredná intenzita slnečného žiarenia v jednotlivých mesiacoch. ([1], str. 51)

Úhel sklonu osluněné plochy α	Střední intenzita slunečního záření I_{sl} (W.m^{-2}) v jednotlivých měsících						
	XII.	I. XI.	II. X.	III. IX.	IV. VIII.	V. VII.	VI.
Azimutový úhel osluněné plochy a_s = ±0° (orientace na jih)							
0°	139	188	271	411	484	534	561
15°	227	278	371	485	540	581	597
30°	299	358	443	537	574	609	611
45°	344	412	490	558	580	600	590
60°	382	449	520	545	533	515	519
75°	392	472	526	520	463	410	394
90°	396	479	494	463	373	286	264

3.2.6. Účinnosť kolektorov s jedným krycím sklom

$$\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{t_S - t_v}{I_{str}}$$

Apríl (Duben) ..... $\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{30 - 12}{574} = 0,662$

September (Září)..... $\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{30 - 18,5}{537} = 0,722$

3.2.7. Reálna energia zachytená 1m^2 slnečného kolektora

$$Q_{Sden.real} = \eta_A \cdot Q_{Sden}$$

Apríl (Duben) ..... $Q_{Sden.real} = 0,662 \cdot 3,11 = 2,059\, kWhm^{-2}$

September (Září)..... $Q_{Sden.real} = 0,722 \cdot 3,22 = 2,325\, kWhm^{-2}$

3.2.8. Výsledná plocha slnečný kolektorov

Najmenej energie zachytí slnečný kolektor v mesiaci apríl (duben), preto výslednú plochu kolektora počítam práve pre tento mesiac (výpočet pre september (září) uvediem len pre porovnanie). Návrh vychádza z reálnej energie dopadajúcej na 1m^2 plochy kolektora, pretože táto hodnota najlepšie popisuje reálny stav.

Apríl (Duben) ..... $S = \frac{Q_{spot}}{Q_{Sden.real}} = \frac{10,173}{2,059} = 4,94\,m^2$

September (Září)..... $S = \frac{Q_{spot}}{Q_{Sden.real}} = \frac{10,173}{2,325} = 4,375\,m^2$

Podľa odbornej literatúry *[1]* je však použitie reálnej energie dopadajúcej v menej priaznivých ročných obdobiach finančne náročné, preto sa niekedy počíta plocha panelov podľa teoretickej možnej energie dopadajúcej počas slnečného dňa. Tá sa vynásobí iba účinnosťou a tak sa dosádza do vzorca na výpočet plochy.

Apríl (Duben) ..... $S = \frac{Q_{spot}}{Q_{Sden.teo.mož}} = \frac{Q_{spot}}{\eta_A \cdot Q_{Sden.teor}} = \frac{10,173}{0,662 \cdot 7,98} = 1,926\,m^2$

September (Září)..... $S = \frac{Q_{spot}}{Q_{Sden.teo.mož}} = \frac{Q_{spot}}{\eta_A \cdot Q_{Sden.teor}} = \frac{10,173}{0,722 \cdot 6,44} = 2,188\,m^2$

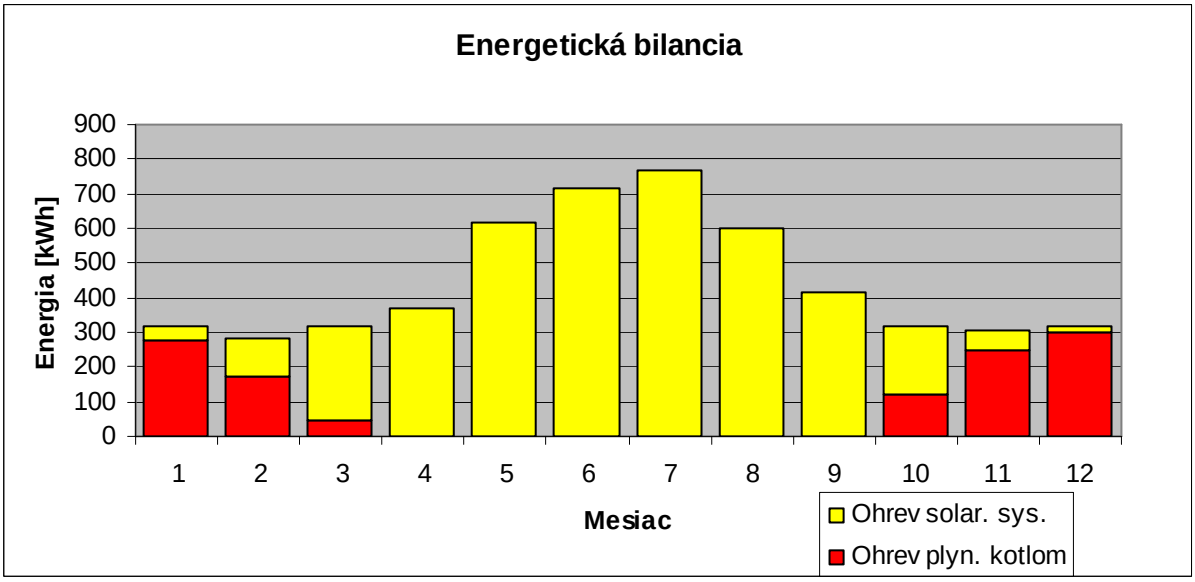
Medzi plochou vypočítanou podľa reálnej energie a teoretickej je výrazný rozdiel, a z hľadiska energetických ziskov je výhodnejšie voliť plochu približujúcu sa výpočtu podľa reálnej dopadajúcej energie. Tento spôsob zaručuje vyššiu presnosť výpočtu, lepší prehľad návratnosti investícií a šetrenia za energie. Plochu kolektorov je takisto nutné prispôsobiť veľkosti panelov dostupných na trhu. Rozmer absorpčnej plochy je podľa reálnej dopadajúcej energie približne 5 m^2(tento rozmer je možné dosiahnuť kombináciou panelov s rozmerom 2,5 m^2,čo je nezvyklý rozmer). Najväčšie množstvo panelov má rozmer absorpčnej plochy okolo 2 m^2, preto volím ako kompromis konečnú veľkosť absorpčnej plochy 6 m^2, čo nám zabezpečí dostatok energie aj v okrajových mesiacoch roku, v lete je možné využiť prebytok energie napríklad na ohrev vody v bazéne. Uvedený rozmer je finančne akceptovateľný a výhodný z hľadiska možnosti neskoršieho zväčšenia objemu zásobníka TUV.

Tab. 3.5 : Energetická bilancia pre jednotlivé mesiace.

Mesiac	Počet dni	$Q_{Spotreba}$ [kWh]	t_v [℃]	Δt [℃]	I_{str} [Wm^{-2}]	η_A	τ_S
I.	31	315,357	1,7	28,3	358	0,376	0,18
II.	28	284,839	2,8	27,2	443	0,482	0,31
III.	31	315,357	7,0	23,0	537	0,593	0,38
IV.	30	305,185	12,0	18,0	574	0,662	0,39
V.	31	315,357	17,2	12,8	609	0,724	0,48
VI.	30	305,185	20,2	9,8	611	0,754	0,53
VII.	31	315,357	22,1	7,9	609	0,772	0,56
VIII.	31	315,357	21,8	8,2	574	0,764	0,53
IX.	30	305,185	18,5	11,5	537	0,722	0,50
X.	31	315,357	13,1	16,9	443	0,621	0,37
XI.	30	305,185	7,7	22,3	358	0,476	0,23
XII.	31	315,357	3,5	26,5	299	0,318	0,12

Mesiac	$Q_{Sden.teor}$ [$kWhm^{-2}$]	$Q_{Sden.real}$ [$kWhm^{-2}$]	$Q_{S.kolek.}$ [kWh]	ΔQ [kWh]	Nedostatok energie
I.	2,96	0,200	37,232	278,125	278,125
II.	4,48	0,669	112,367	172,472	172,472
III.	6,44	1,451	269,929	45,429	45,429
IV.	7,98	2,060	370,764	-65,579	0,000
V.	9,56	3,322	617,854	-302,496	0,000
VI.	9,98	3,987	717,653	-412,468	0,000
VII.	9,56	4,134	768,901	-453,544	0,000
VIII.	7,98	3,232	601,239	-285,882	0,000
IX.	6,44	2,323	418,186	-113,002	0,000
X.	4,48	1,030	191,496	123,862	123,862
XI.	2,96	0,324	58,362	246,822	246,822
XII.	2,35	0,090	16,692	298,666	298,666

Graf 3.1. Ročná energetická bilancia.



Tab. 3.6 : Ročná energetická bilancia.

Ročná spotreba energie:	3713,079	kWh / rok
Energia dodaná ďalším zdrojom	1165,376	kWh / rok
Ušetrená energia	2547,703	kWh / rok

Vo výpočte ročnej tepelnej bilancie je použitá reálna dopadajúca energia. Keby sme počítali s teoretickou hodnotou dopadajúcej energie, ušetrená energia na ohrev by tvorila väčšie percento ako súčasných 68,61% a dodávali by sme počas roka menej energie z cudzieho zdroja ako 31,39%. Ak zvolíme „horší“ prístup s menej optimistickými hodnotami (reálnymi), v skutočnej prevádzke sa budú hodnoty ušetrenej energie viac približovať vypočítanej hodnote. Uvedená bilancia je aj tak veľmi výhodná.

Energia potrebná na mesačný ohrev daného objemu vody sa pohybuje okolo 300 kWh. Počas šiestich letných mesiacov (IV. až IX.) je potrebná energia pokrytá iba solárnymi panelmi. V okrajových mesiacoch (III. a X.) je dohrev potrebný minimálne. Na prelome rokov (XII. a I.) je prínos solárnych panelov takmer nulový. To potvrdzuje nutnosť sekundárneho zdroja tepla. Navrhnutý solárny systém má však viac ako 50% celoročnú účinnosť a počas šiestich sezónnych mesiacov je to 100% účinnosť. Vysoké prebytky energie v lete je možné využiť na ohrev vody v bazéne, k čomu by bolo potrebné špeciálne zariadenie.

3.3. Voľba solárneho systému

Na trhu je množstvo firiem ponúkajúcich kompletné solárne zostavy s inštaláciou. Ja som zvolil českú firmu Regulus, ktorá ponúka solárny set vyhovujúci požiadavkám (plocha 6m^2). Zostava NW-5 sol 300 KPC1P obsahuje 3 kusy solárnych panelov KPC1, zásobník s dvoma zmiešavacími hadmi a objemom 300 l R2GC 300. V nami zvolenej zostave je navrhovaný 200 l zásobník, preto pôvodný R2GC 300 nahradím zásobníkom R2GC 200 s objemom 200 l. Súčasťou solárneho setu je aj čerpadlová skupina, zmiešavacie ventily a ostatné potrebné súčasti.

K finančnému zhodnoteniu solárneho systému som pristupoval dvoma spôsobmi. Prvý spôsob ja založený na solárnom systéme ponúkanom pre český trh, druhý zahŕňa ponuku pre slovenský trh. Tento prístup som zvolil pre lepší prehľad situácie so slnečnými kolektormi v Slovenskej a Českej republike a pre porovnanie medzi ČR a SR. Solárny systém pre SR je od rovnakej firmy Regulus, ktorá má zastúpenie aj na Slovensku. Zostava sol 300 KPS 10 obsahuje pôvodne 2 slnečné kolektory typu KPS 10, ku ktorým sa pridá ešte jeden rovnaký typ, aby sme sa priblížili vypočítanej absorpčnej ploche 6 m^2. Zásobník s objemom 300 l nahradíme rovnako ako v zostave pre ČR menším, 200 l zásobníkom. Set je ponúkaný takisto so všetkým príslušenstvom okrem spojovacieho potrubia. Vybrané zostavy sú veľmi podobné a líšia sa len v druhu solárneho panelu a niektorých detailoch.

V ponuke obidvoch zostáv nie je uvedené spojovacie potrubie a izolácia, ktorá je individuálna pre každú montáž. Vo výslednej cene taktiež nie je zahrnutá samotná montáž systému. Ak chceme získať štátnu dotáciu, jednou s podmienok je montáž odbornou firmou, preto neuvažujeme vlastnoručnú montáž koncovým majiteľom. Pre lepší obraz o návratnosti investície som vyčlenil na spojovacie potrubie a montáž systému (plus spätné klapky, regulátor a podobne) čiastku 10000 Kč (resp. 400 EUR), ktorá sa započíta do celkových nákladov na solárny systém.

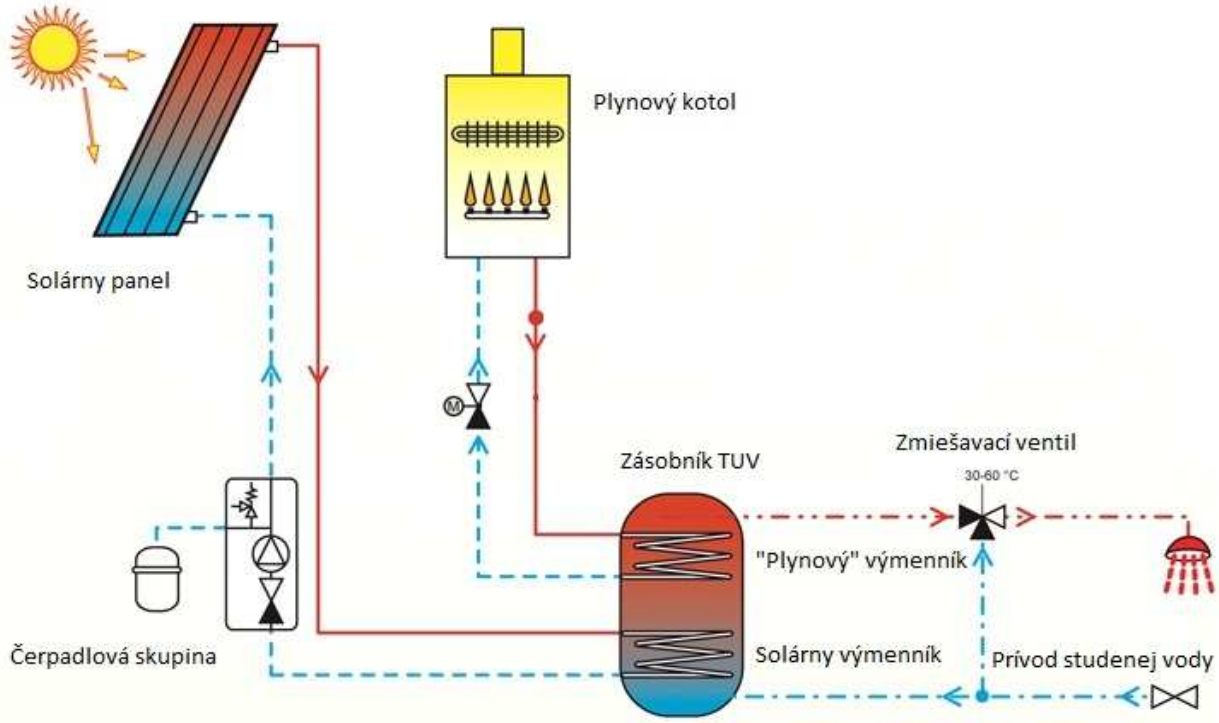
Tab. 3.7 : Cenový prehľad solárnych zostáv. [11]

Zostava	NW-5 sol 300 KPC1P (ČR)		sol 300 KPS 10 (SR)	
Komponent	Počet kusov - Typ	Cena [CZK]	Počet kusov - Typ	Cena [EUR]
Slnečný kolektor	3ks – KPC1	26670	3ks – KPS 10 ALP	1585,194
Hák do strechy	6ks – H - pozink	1560	6ks – H - pozink	61,104
Úchytky a prepojenie	1ks – S-UPC3	3800	1ks – S-UPS10-2	106,150
Prepojovacie diely	1ks - S-PDCT	680	1ks – S-PDS	10,967
Separátor vzduchu	1ks – EL43 3/4	680	1ks - 2800470	58,363
Odvzudšňovací ventil	1ks – OVSA1-3/8	369		
Kulový kohout–solárny	1ks – KK-MF3/8	260		
Čerpadlová skupina	1ks – S2 SRS3	14990	1ks - STDC	391,304
Príložný teplomer			1ks – 1B2.0-120°C	6,972
Expanzná nádoba	1ks - R8 18l	999	1ks – R8 18l	39,130
Nemrznúca kvapalina	2ks – Solarten 10l	1520	20l – KOLPS-10	61,100
Zásobník TUV	1ks - R2GC200	16900	1ks – R2GC200	661,966
Zónový 3-cestný ventil	1ks – SF20E3/4sp	1951	1ks – SF20-E3/4sp	76,420
Termostat. zmieš. vent.	1ks – MT52	1390	1ks – MT52	54,446
Výsledná cena		71769		3113,116

Ceny sú uvedené bez DPH.

3.3.1. Schéma zvoleného systému

Schematický nákres systému je pre obidve zostavy rovnaký.



Obr. 3.1 Schéma zvoleného solárneho systému. [11]

3.4. Finančná návratnosť systému

Všeobecne sa hovorí o solárnych paneloch ako o dobrej investícií. Nielenže šetrí peniaze za teplo, ale získané teplo nezanecháva žiadnu ekologickú stopu v podobe znečistenia životného prostredia. Jedná sa o „čistú“ výrobu tepelnej energie. To je významné plus, ale väčšina zákazníkov uvažujúcich o zriadení solárneho systému kladie na prvé miesto finančnú výhodnosť zariadenia.

Finančné zhodnotenie som spravil samostatne pre ČR a SR. Vyhodnotenie je oveľa presnejšie pre ČR, pretože miesto montáže solárnych panelov sa nachádza v Brne, tým je výpočet solárnych ziskov presnejší a tak aj finančná stránka systému je bližšia reálnej situácií. Výpočet pre SR uvádzam len pre porovnanie a pre približný prehľad výhodnosti systému aj na území Slovenskej republiky. Jediný rozdiel je v solárnych ziskoch, ktoré budú odlišné ako v uvedenom výpočte. „Směrem k východu se doba slunečního svitu prodlužuje.“ *([1], str. 39)* To znamená, že na Slovensku by mohli byť mierne lepšie podmienky pre zavedenie systému. Samozrejme je rozdiel či budú panely umiestnené v severnej alebo južnej oblasti. Na južnom Slovensku môžme uvažovať väčšie solárne zisky a tým aj finančné zisky ako pre uvedený výpočet. Ak by bol solárny systém umiestnený na serverom území SR, zisky budú pravdepodobne nižšie.

Pri finančnom zhodnotení systému uvažujeme životnosť systému priemerne 30 rokov. V obidvoch republikách poskytuje štát príspevok na solárny tepelný systém, preto zahŕňam do výpočtu aj túto čiastku. Získanie dotácie však nie je pravidlom, preto je uvedená návratnosť aj bez nej. Ako bolo vyššie spomenuté, do systému je zapojený kotol na plyn. Ceny plynu sa takisto líšia podľa poskytovateľov, tarifov, miest odberu a počas životnosti systému sa môžu výrazne meniť, preto je uvedený výpočet orientačný. Všeobecne ceny plynu stúpajú po istých časových obdobiach, preto je možné, že skutočná návratnosť systému bude rýchlejšia a finančné zhodnotenie bude väčšie.

Tab. 3.8 : Finančná návratnosť pre Českú republiku.

Finančná návratnosť		
sadzba za plyn (E.ON):	0,899	Kč/kWh
paušálny poplatok za plyn:	355,08	Kč/mes.
cena solárneho systému:	71769	Kč
montáž, spojovacie potrubie a iné:	10000	Kč
celková cena:	81769	Kč
Dotácia:	55000	Kč
Ročný poplatok za spotrebu plynu na ohrev TUV:	7599,02	Kč/rok
Poplatok za plyn na dohrev:	5308,63	Kč/rok
Ušetrený poplatok za plyn:	2290,39	Kč/rok
Návratnosť(s dotáciou):	11,7	rokov
Návratnosť(bez dotácie):	35,7	rokov
Ušetrené náklady počas 30 ročnej životnosti:	68711,56	Kč

Tab. 3.9 : Finančná návratnosť pre Slovenskú republiku.

Finančná návratnosť		
sadzba za plyn(SPP-D1):	0,0491	EUR/kWh
paušálny poplatok za plyn:	1,7427	EUR/mes.
cena solárneho systému:	3113,116	EUR
montáž, spojovacie potrubie a iné:	400	EUR
celková cena:	3513,116	EUR
Dotácia (do 8m^2) :	1200	EUR
Ročný poplatok za spotrebu plynu na ohrev TUV:	203,22	EUR/rok
Poplatok za plyn na dohrev:	78,13	EUR/rok
Ušetrený poplatok za plyn:	125,09	EUR/rok
Návratnosť(s dotáciou):	18,5	rokov
Návratnosť(bez dotácie):	28,1	rokov
Ušetrené náklady počas 30 ročnej životnosti:	3752,77	EUR

ceny plynu podľa [2] a [9]

Z tabuľky jasne vyplýva že systém neprináša veľmi výrazný finančný zisk a počas svojej životnosti sa pri uvedených cenách plynu takmer ani nepreplatí. Ak však získame štátnu dotáciu, návratnosť systému je pre ČR veľmi dobrá vďaka vyššej dotácií. Pre SR je to 18,5 rokov, čo je relatívne dlhá doba. Ak však porovnáme ušetrené náklady počas životnosti systému, je na tom lepšie systém pre Slovensko. Príčinou je najmä cena plynu a solárneho setu. Ak prerátame cenu z EUR na CZK (podľa kurzu mien k 20.4.2010), zostava od slovenského dodávateľa je drahšia o približne 6000 CZK. Cena plynu je v Česku lacnejšia, ale paušálny poplatok je vyšší, preto systém ušetrí menej nákladov počas životnosti v podmienkach ČR.

Optimalizáciou výpočtu by mohla spočívať v zväčšení zásobníka TUV, tým by sa znížila doba návratnosť systému a zväčšili by sa ušetrené náklady. Otázna je však využiteľnosť väčšieho objemu. Ak zvýšime objem na 250 l a zachováme veľkosť absorpčnej plochy

na 6m^2, cena systému sa zmení len minimálne. Zväčšenie absorpčnej plochy neuvažujeme, pretože cena solárneho panelu tvorí najväčšiu položku v zostave a tak by sa výrazne zvýšila cena systému. Pre väčšie objemy by však bolo zväčšenie plochy nevyhnutné. Väčší zásobník by zvýšil cenu zostavy na 73769 CZK (resp. 3591,456 EUR). Návratnosť by sa znížila na 10,7 rokov so štátnou dotáciou v ČR. Na Slovensku by sa návratnosť s dotáciou zvýšila z 18,5 na 18,9 rokov, ale zvýšili by sa aj ušetrené financie počas životnosti systému a jeho návratnosť bez dotácie by sa skrátila.. V tomto prípade by sa nám slovenský systém za životnosť preplatil aj bez štátneho príspevku s trojročnou rezervou, český by na to potreboval iba 1 rok navyše. Zvýšením objemu zásobníka na 300 l by sme sa dostali na návratnosť pod 10 (resp. 17) rokov a počas životnosti by sme ušetrili 90000 CZK (takmer 5000 EUR), pri uvedených cenách plynu. Je teda výhodnejšie ak domácnosť míňa viac vody, vtedy sa výhodnosť solárneho systému prejaví výraznejšie. Ak je však zásobník zbytočne predimenzovaný, a neminie sa uvedené množstvo vody, výhodnosť systému sa stráca, preto je veľmi dôležité poznať presnú spotrebu vody v domácnosti. Významnú rolu zohráva štátna dotácia, s ňou je systém prínosný aj s menším zásobníkom TUV, preto je dobré splniť všetky podmienky pre získanie príspevku, nie len pre uvedené riešenie, ale pre každý solárny systém.

4.Záver

Teoretická časť bakalárskej práce sa zaoberá tematikou solárnych systémov na ohrev TUV. Je to jeden z najjednoduchších, ale zároveň najrozšírenejších spôsobov využitia slnečnej energie. Vďaka bezemisnej prevádzke a finančnému zhodnoteniu sú práve solárne panely výhodnou investíciou nie len z dôvodu šetrenia nákladov na ohrev vody, ale aj z hľadiska životného prostredia, ktorého ochrana je dnes celosvetovo na prvom mieste. Výraznému rozšíreniu dnes bráni najmä vysoká počiatočná investícia na rozdiel od iných zdrojov tepelnej energie (kotle na plyn, elektrické ohrievače vody a podobne). Prevádzkové náklady sú však v prípade solárneho systému nulové, čo sa o ostatných konvenčných zdrojoch povedať nedá. Na území strednej Európy nie je dostatok slnečného žiarenia v zimnom období, čo prináša ďalšie negatívum solárnych panelov a to ich obmedzenú prevádzku počas zimy, kedy je ich prínos takmer nulový, preto je potrebné kombinovať solárny systém z ďalším zdrojom tepla. Vzhľadom na vysokú premenlivosť slnečného svitu, je technické využitie energie Slnka obmedzené, solárny systém neposkytuje okamžitú reakciu na požiadavky spotrebiteľa a preto je nutné energiu „ukladať“ do zásobníkov. Na druhej strane počas špičky intenzity žiarenia môže dôjsť k preťaženiu systému a poruche, čo je potrebné riešiť vhodným zabezpečovacím zariadením. Je to však akceptovateľná daň za výhody, ktoré systém ponúka.

Hlavnou časťou práce bolo navrhnúť solárny systéme na ohrev TUV v rodinnom dome nachádzajúcom sa v Brne. Uvažoval som spotrebu teplej vody okolo 200l, pričom sa malo jednať o 4 – člennú domácnosť. Optimalizácia predstavuje zvýšenie objemu zásobníka na 250 l, čo by prinieslo lepšie zhodnotenie systému. Podľa spotreby vody a energie na jej ohrev som vypočítal ideálnu absorpčnú plochu kolektorov v okrajových mesiacoch, ktorá bola 4,38 m^2 v septembri (září) a 4,94 m^2 v apríli (duben). S prihliadnutím na finančnú náročnosť, ponuku predajcov a ostatné faktory som zvolil absorpčnú plochu s rozmerom 6 m^2. Následným krokom bol výber solárnej zostavy. V tomto bode sa výpočet rozdelil na dva paralelne prebiehajúce návrhy, pre podmienky na českom a slovenskom trhu. Cieľom bolo porovnanie situácie v krajinách, pričom lokalitu umiestnenia som pre zjednodušenie nemenil. Brno sa nachádza relatívne blízko k hraniciam SR a má veľmi podobné slnečné podmienky ako napríklad Trenčín. Zvolená solárna zostava je od rovnakého výrobcu pre obe varianty – firmy Regulus, ktorá má zastúpenie v Česku aj na Slovensku. Najväčší rozdiel bol v cenách plynu, ktorý som zvolil ako prídavný zdroj tepla. Kým v Česku je paušálny poplatok za plyn vyšší

(355 Kč oproti 1,74 EUR), cena za kilowatthodinu plynu je nižšia. To sa prejavilo najmä na návratnosti systému. Kým v ČR sa pohybuje návratnosť bez dotácie na úrovni 36 rokov, v SR je to približne 28 rokov (pre 200 l zásobník). Ak uvažujeme životnosť systému 30 rokov, dostávame sa na hranicu finančnej výhodnosti systému. Je pravdepodobné, že sa ceny plynu budú počas prevádzky systému zvyšovať a tým sa bude skracovať finančné zhodnotenie, ale aj tak nemôžeme hovoriť o výraznej výhodnosti systému pre spotrebiteľa, pretože samotný ekologický prínos systému je nedostatočnou motiváciou na tak náročnú investíciu. Situáciu podstatne zlepšujú štátne dotácie, ktoré je možné získať v prípade správnej voľby a inštalácie systému. Podmienky na jej získanie sú rôzne a aj výška dotácie nie je jednotná. ČR ponúka dotáciu pre zvolený systém 55 000 Kč, v SR je príspevok obmedzený rozmerom absorpčnej plochy. Do 8 m^2 je to 200 EUR za 1 m^2 . Zahrnutím štátnej dotácie do výpočtu návratnosti systému sa dostaneme na veľmi priaznivé čísla, 11,7 rokov v ČR a 18,5 rokov v SR, čo je oveľa priaznivejšie. Systém ušetrí počas životnosti takmer 70 000 Kč (ČR) a 3750 EUR (SR). Energetický prínos je jednoznačný, systém počas roka pokryje viac ako 2/3 celkovej spotreby energie. Zostava spĺňa požiadavky, ktoré som uviedol v úvode výpočtu a môžme konštatovať, že solárne panely sú energeticky aj finančne výhodné a to v oboch krajinách, finančne najmä vďaka štátnym dotáciám, preto môžem len odporučiť solárny systém pre inštaláciu v domácnosti a nielen tam. Systém nájde výrazné uplatnenie aj v kempingových lokalitách, kúpaliskách, hoteloch či iných objektoch využívajúcich teplú vodu.

Solárny systém je možné využívať nie len na ohrev vody, ale aj na vykurovanie. Takýto systém je síce náročnejší na inštaláciu (veľké zásobníky tepla) a aj po finančnej stránke, jeho prínos je však vyšší. Ďalšou zaujímavou možnosťou je kombinácia solárneho systému s tepelným čerpadlom na ohrev vody a vykurovanie, čím by sme výrazne znížili náklady práve na tieto potreby. Nákup obidvoch zariadení sa ale pohybuje vo veľmi vysokých cenách. V každom prípade, solárne systémy majú budúcnosť a perspektívu na väčší prínos a v súčasnej dobe predstavujú rozumnú investíciu.

5. Zoznam použitej literatúry

Odborné publikácie

[1] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika*. 1.vydání. Praha : T.Malina, 1994. 208 s. ISBN 80-900759-5-9.

Internetové zdroje

[2] *CENNÍK* [online]. 30.11.2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.spp.sk/download/cenniky-domacnosti/Cennik%20DOM_D1_2010.pdf>.

[3] *Dotácie na solárne kolektory* [online]. 16.10.2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.tsu.sk/index.php?l=sk&od=0&n_id=23>.

[4] *KLIMATICKÉ PODMIENKY NA SLOVENSKU* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.slnecnaenergia.sk/podmienky.htm>.

[5] *Evacuated Tube Solar Heating Domestic Hot Water and Swimming Pools* [online]. 23.4. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.apid.fr/poolguy/solarsolair/index.htm>.

[6] MATUŠKA, Tomáš. *Trendy v solární tepelné technice (II) - Solární kolektory* [online]. 5.9.2005 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2702>.

[7] MATUŠKA, Tomáš. *Trendy v solární tepelné technice (III) - Solární kolektory* [online]. 12.9.2005 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2711>.

[8] MATUŠKA, Tomáš. *Trendy v solární tepelné technice (V) - Zásobníky tepla* [online]. 24.10.2005 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2799>.

[9] ONCAROVÁ, Jana. *Cena plynu 2010: Od 1. dubna plyn zdraží o 2,5 %* [online]. 31. 03. 2010 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.nazeleno.cz/energie/ceny-energii/cena-plynu-2010-od-1-dubna-plyn-zdrazi-o-2-5.aspx>.

[10] PETERKA, Jaroslav. *Solárni historie v ČR a SR* [online]. 20.4.2004 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/t.py?i=1940&h=2&t=2&pl=49>

[11] *Příklady solárních sestav s plochými slunečními kolektory* [online]. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.regulus.cz/pdf/Ploche-solarni-sestavy-CZ.pdf>.

[12] *Príklady solárnych zostáv s plochými slnečnými kolektormi* [online]. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.regulus.sk/solarne-zostavy.html>.

[13] *Program vyššieho využitia biomasy a slnecnej energie v domácnostiach* [online]. 20.4.2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.sea.gov.sk/energeticke_aktivity/program_pre_domacnosti/program_pre_domacnosti.pdf>.

[14] *SILNÉ A SLABÉ STRÁNKY* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.slnecnaenergia.sk/sass.htm>.

[15] *Slnečná energia* [online]. 2010 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.erania.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=14&Itemid=39> .

[16] *SLNEČNÁ ENERGIA* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.slnecnaenergia.sk/energia.htm>.

[17] *SLNEČNÉ KOLEKTORY* [online]. 2009 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.slnecnaenergia.sk/kolektory.htm>.

[18] *Směrnice Ministerstva životního prostředí o poskytování finančních prostředků ze Státního fondu životního prostředí ČR : Přílohy II* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.sfzp.cz/soubor-ke-stazeni/12/3834-prilohy_ii_2009_schvalene_150109.pdf>.

[19] *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe* [online]. 20.11.2008 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmaps/eur.htm>.

[20] *Solárna energia* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.bramacsolar.sk/index.php?page=solarna-energia>.

[21] *Solárne kolektory* [online]. 2009 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.envirotherm.sk/solarneKolektory.html>.

[22] *Solárny výmeník WGJ-S DUO FIT 220L* [online]. 2008 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.svetkotlov.sk/product_info.php?cPath=958_1023&products_id=7401&osCsid=f0134igeh9t83cc5ntig59hpp7>.

[23] *Sortiment* [online]. 2010 [cit. 2010-05-01]. Dostupné z WWW: <http://www.thermosolar.sk/>

[24] *SYSTÉM NA PRÍPRAVU TÚV* [online]. 2009 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://www.slnecnaenergia.sk/tuv.htm>.

[25] TOMČIAK, Ján. *Komponenty solárneho systému* [online]. 25.5.2004 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z WWW: <http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1955&h=13&pl=49>.

[26] *Typická inštalácia solárneho systému* [online]. 2010 [cit. 2010-04-23]. Dostupné z WWW: <http://www.intersolar.sk/Sposoby-pouzitia>.

6. Zoznam použitých skratiek

ČR	Česká republika
EU	Európska únia
MH	Ministerstvo hospodárstva
SPP	Slovenský plynárenský priemysel
SR	Slovenská republika
š.p.	štátny podnik
TUV	teplá úžitková voda
TSU	Technický skúšobný ústav

7. Zoznam použitých symbolov

Označenie veličiny	Jednotka	Názov
c	[J/kgK]	merná tepelná kapacita
c_{H2O}	[J/kgK]	merná tepelná kapacita vody
F´	[-]	súčiniteľ účinnosti kolektor
I_{STR}	[W/m^2]	stredná intenzita žiarenia
n	[-]	index lomu
Q	[J]	spotreba vody na ohrev daného množstva vody
ΔQ	[kWh]	rozdiel potrebnej a získanej energie
Q_{Sden}	[kWh/m^2]	skutočná energia zachytená 1m^2 slnečného kolektora
$Q_{Sden.real}$	[kWh/m^2]	reálna energia zachytená 1m^2 slnečného kolektora
$Q_{Sden.teor}$	[kWh/m^2]	teoretická možná energia zachytená 1m^2 slnečného kolektora
$Q_{S.kolek}$	[kWh]	reálna energia zachytená výslednou plochou slneč. kolektorov
Q_{spot}	[kWh]	celková spotrebovaná energia na ohrev vody so stratami
S	[m^2]	plocha slnečných kolektorov
t_1	[°C]	vstupná teplota vody
t_2	[°C]	výstupná teplota vody
t_V	[°C]	stredná teplota vzduchu v dobe slnečného svitu
T_m	[°C]	stredná teplota teplonosnej látky
T_a	[°C]	amplitúdová teplota teplonosnej látky
U	[V/m^2.K]	súčiniteľ prestupu tepla kolektorom
V_Z	[m^3]	objem zásobníka TUV
α	[-]	pohltivosť slnečného žiarenia absorbérom
ε	[-]	emisivita (pomerná žiarivosť)
η_A	[-]	účinnosť kolektoru s jedným krycím sklom
λ	[W/mK]	súčiniteľ tepelnej vodivosti
ρ_{H2O}	[kg/ m^3]	hustota vody
τ	[-]	priepustnosť slnečného žiarenia zasklením
τ_S	[-]	pomerná doba slnečného svitu

8. Zoznam obrázkov, tabuliek a grafov.

Zoznam obrázkov

Obr. 1.1 Rozklad slnečného žiarenia. [15] *11*

Obr. 1.2 Intenzita slnečného žiarenia. [20] *12*

Obr. 1.3 Intenzita slnečného žiarenia na Slovensku. [19] *13*

Obr. 1.4 Intenzita slnečného žiarenia v Česku. [19] *13*

Obr. 1.5 Slnečný systém v Kojetíne. [15] *15*

Obr. 1.6 Slnečný systém v Pliešoviciach. [15] *15*

Obr. 2.1 Schéma solárneho systému. [26] *18*

Obr. 2.2 Štruktúra solárneho panelu. [15] *19*

Obr. 2.3 Povrch solárneho panelu s mikroštruktúrou. [7] *23*

Obr. 2.4 Plochý solárny kolektor. [21] *24*

Obr. 2.5 Vákuový solárny kolektor. [17] *25*

Obr. 2.6 Princíp činnosti vákuovej trubice. [5] *25*

Obr. 2.7 Zásobník TUV. [22] *27*

Obr. 3.1 Schéma zvoleného solárneho systému. [11] *40*

Zoznam tabuliek

Tab. 1.1 : Príklad množstva dopadajúceho slnečného žiarenia na 1 m^2 pri optimálnom sklone pre Slovenskú republiku.[4] *14*

Tab. 3.1 : Teoreticky možná energia dopadajúca za deň na plochu v jednotlivých mesiacoch.[1] *33*

Tab. 3.2 : Pomerná doba slnečného svitu.[1] *33*

Tab. 3.3 : Stredná teplota v dobe slnečného svitu v jednotlivých mesiacoch.[1] *34*

Tab. 3.4 : Stredná intenzita slnečného žiarenia v jednotlivých mesiacoch.[1] *35*

Tab. 3.5 : Energetická bilancia pre jednotlivé mesiace *37*

Tab. 3.6 : Ročná energetická bilancia *38*

Tab. 3.7 : Cenový prehľad solárnych zostáv *39*

Tab. 3.8 : Finančná návratnosť pre Českú republiku *41*

Tab. 3.9 : Finančná návratnosť pre Slovenskú republiku *42*

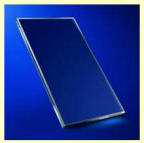
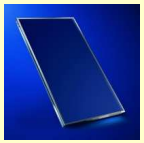
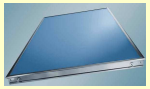
Zoznam grafov

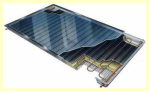
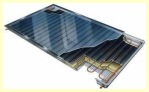
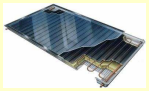
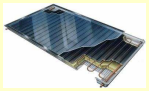
Graf 3.1 : Ročná energetická bilancia *38*

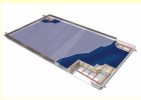
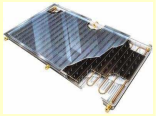
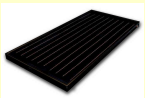
9. Zoznam príloh

Príloha 1: Prehľad solárnych panelov na trhu (schválených TSU Piešťany).

Príloha 1: Prehľad solárnych panelov na trhu (schválených TSU Piešťany).

Výrobca (Cena)	*Cena*	*Model*	*Rozmery HxWxD [mm]*	*Hmotnosť [kg]*	*Absorpčná plocha [m^2]*	*Povrch/ Materiál absorbéra*	*Ostatné informácie*	*Obrázok*
Schüco InternationalKG	-----	CTE 520 CH (plochý kvapalinový)	2152x1252x93	49	2,52	Selektívny /Cu plech	Tepelný výkon: 2kW Max. operačný tlak: 10bar Stagnačná teplota: 211°C Inštalácia: Vertikálne Účinnosť (η):80,8% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95%	
	-----	CTE 520 CH1 (plochý kvapalinový)	2152x1252x93	49	2,52	Selektívny / Cu plech	Tepelný výkon: 2kW Max. operačný tlak: 10bar Stagnačná teplota: 213°C Inštalácia: Horizontálne Účinnosť (η):80,8% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95%	
	831€	SchücoSol K (plochý kvapalinový)	2039x1139x80	44	2,15	Selektívny / Cu plech	Tepelný výkon: 1,7kW Max. operačný tlak: 10bar Stagnačná teplota: 209°C Inštalácia: Vertikálne/Horizont. Účinnosť (η):79,9% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95%	

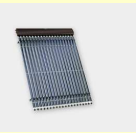
THERMO/ SOLAR Žiar s.r.o	-----	TS101 (plochý kvapalinový)	2040x1060x100	42,2	1,78	Selektívny (ALOx čierny)/ Al-Mg plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 170,5°C Inštalácia: Vertikálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):80% Emisivita (ε): 13% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	
	-----	TS111 (plochý kvapalinový)	2040x1300x100	51,9	2,24	Selektívny (ALOx čierny)/ Al-Mg plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 170,5°C Inštalácia: Vertikálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):80% Emisivita (ε): 13% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	
	424€	TS300 (plochý kvapalinový)	2040x1040x75	36,1	1,78	Selektívny (ALOx čierny)/ Al plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 170°C Inštalácia: Vertikálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):81% Emisivita (ε): 13% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	
	626€	TS310 (plochý kvapalinový)	2040x1040x95	39	1,78	Selektívny (BlueTec modrý)/ Al plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 190°C Inštalácia: Vertikálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):81% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	

	472€	TS330 (plochý kvapalinový)	1040x2040x75	37	1,78	Selektívny (ALOx čierny)/ Al plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 170°C Inštalácia: Horizontálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):81% Emisivita (ε): 13% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	
	786€ / 954€	TS400 (plochý kvapalinový)	2040x1040x75	45,3	1,7	Selektívny (ALOx/BlueTec)/ Al plech s Cu rúrkami.	Stagnačná teplota: 224°C Inštalácia: Vertikálne Spojenie: Paralelne Účinnosť (η):81% Absorbivita(α): 95% Emisivita(ε):5(BT)/13(ALOx)% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok Vákuová izolácia	
ENERGETYKA SOLARNA ENSOL	375€ / 405€	ES1H/2,0S, ES1H/2,0B (plochý kvapalinový)	2007x1006x85	38	1,97	Selektívny (BlueTec eta plus)/ Cu plech	Stagnačná teplota: 208°C Účinnosť (η):77% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95% Zisk: 525 kWh/m^{2}rok	
REGULUS	528€	KPS 10 ALP (plochý kvapalinový)	2044x1144x80	44	2,34 (plocha kolektora)	Selektívny (Sunselect)/ Cu plech	Max. operačný tlak: 6bar Inštalácia: Horizontálne/Vertik.	

	587€	KPW2 (plochý kvapalinový)	1930x1160x90	39	2,24 (plocha kolektora)	Selektívny Eta plus/ Cu plech	Max. operačný tlak: 10bar Inštalácia: Horizontálne/Vertik. Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95% Životná ziskovosť: 20000 kWh/m2	
Apricus Solar	-----	AP-10 (vákuový trubicový)	1980x796x156	35	0,8	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. operačný tlak: 8bar Stagnačná teplota: 245°C Emisivita (ε): 8% Absorbivita(α): 92% Vákuum v trubici:$5x10^{-3}$Pa Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo+pokovená	
	987€	AP-20 (vákuový trubicový)	1980x1496x156	64	1,6	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. operačný tlak: 8bar Stagnačná teplota: 245°C Emisivita (ε): 8% Absorbivita(α): 92% Vákuum v trubici:$5x10^{-3}$Pa Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo+pokovená Zisk: 600 kWh/m^2rok	
	1382 €	AP-30 (vákuový trubicový)	1980x2196x156	95	2,4	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. operačný tlak: 8bar Stagnačná teplota: 245°C Emisivita (ε): 8% Absorbivita(α): 92% Vákuum v trubici:$5x10^{-3}$Pa Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo Zisk: 600 kWh/m^2rok	

ZHEJIANG SHENTAI SOLAR ENERGY	1050 €	SCM 12 (vákuový trubicový)	dĺžka:1790	41	0,964	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. pracovná teplota:280°C Výdatnosť panela (55st.C vody za 1 deň): 85-120 l Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92% Počet trubíc:12ks	
	810€	SCM 15 (vákuový trubicový)	dĺžka:1790	56	1,199	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. pracovná teplota:280°C Výdatnosť panela (55st.C vody za 1 deň): 105-150l Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92% Počet trubíc:15ks	
		SCM 20 (vákuový trubicový)	dĺžka:1790	64	1,603	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Max. pracovná teplota:280°C Výdatnosť panela (55st.C vody za 1 deň): 140-200l Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92% Počet trubíc:20ks	
HEWALEX	334€	KS 2000 SLP (plochý kvapalinový)	2018x1037x89	39	1,82	Selektívny Čierny chróm/Cu plech	Účinnosť (η):81,1% Emisivita (ε): 10% Absorbivita(α): 96%	

	360€	KS 2000 TLP (plochý kvapalinový)	2018x1037x89	40	1,82	Selektívny TiNOX Classic/Cu plech	Účinnosť (η):80,2% Emisivita (ε): 5% Absorbivita(α): 95%	
Zhejiang Ejai Solar Technology	500€ (s dotá-ciou 170€)	YYJ-C01-20 (vákuový trubicový)	priemer trubice:58 výška:1800	-----	1,65	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Počet trubíc:20ks borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92%	
	606€ (s dotáciou 192€)	YYJ-C01-25 (vákuový trubicový)	priemer trubice:58 výška:1800	------	2,07	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Počet trubíc:25ks borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92%	
	706€ (s dotáciou 210€)	YYJ-C01-30 (vákuový trubicový)	priemer trubice:58 výška:1800	------	2,48	Sklenená vákuová trubica/Cu teplonosné trubky	Počet trubíc:30ks borosilikátové sklo Absorbivita(α): 92%	
Viessmann	3712 € (so zásobníkom)	Vitosol 100-F (plochý kvapalinový)	2380x1056x72	43	2,32	Selektívny	Účinnosť (η):74,3% Max. operačný tlak: 6bar Stagnačná teplota: 193°C Inštalácia: Vertikálne/Horizont.	

	2789 €	Vitosol 200-F (plochý kvapalinový)	2380x1056x90	52	2,32	Selektívny Sol-Titan/ Cu plech	Účinnosť (η):79% Max. operačný tlak: 6bar Stagnačná teplota: 202°C Inštalácia: Vertikálne/Horizont.	
	3790 €	Vitosol 200-T (vákuový trubicový)	2043x1418x143	61	2,01	Sklenená vákuová trubica/absorbér so Sol - Titánovým povlakom	Účinnosť (η):78,9% Max. operačný tlak: 6bar Stagnačná teplota: 295°C Inštalácia: Vertikálne/Horizont. Počet trubíc:20ks Priamy prietok. Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo	
	4049 €	Vitosol 300-T (vákuový trubicový)	2040x1420x143	58	2	Sklenená vákuová trubica/absorbér so Sol - Titánovým povlakom	Účinnosť (η):80,9% Max. operačný tlak: 6bar Stagnačná teplota: 273°C Inštalácia: Vertikálne Počet trubíc:20ks Suché napojenie Dvojrúrkový výmenník tepla Materiál skl. trubky: tvrdené borosilikátové sklo	
Bramac	2101 €	BSD4E (plochý kvapalinový)	2360x2380	120	4,1	Selektívny /Cu plech	Absorbivita(α): 95% Emisivita (ε): 5% Účinnosť (η):81% počet panelov:2	

	2958 €	BSD6E (plochý kvapalinový)	3260x2380	180	6,1	Selektívny /Cu plech	Absorbivita(α): 95% Emisivita (ε): 5% Účinnosť (η):81% počet panelov:3	
	3820 €	BSD8E (plochý kvapalinový)	4310x2380	240	8,1	Selektívny /Cu plech	Absorbivita(α): 95% Emisivita (ε): 5% Účinnosť (η):81% počet panelov:4	
	4969 €	BSD10E (plochý kvapalinový)	5360x2380	300	10,1	Selektívny /Cu plech	Absorbivita(α): 95% Emisivita (ε): 5% Účinnosť (η):81% počet panelov:5	