



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

SROVNÁVACÍ STUDIE FOTOTERMICKÉHO A FOTOVOLTAICKÉHO ZPŮSOBU OHŘEVU TEPLÉ VODY

COMPARATIVE STUDY OF HOT WATER SYSTEM WITH PHOTOVOLTAIC AND PHOTOTHERMAL
PANELS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MILAN JUNAS

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Bc. JAN FIŠER, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Milan Junas

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:

Srovnávací studie fototermického a fotovoltaického způsobu ohřevu teplé vody

v anglickém jazyce:

Comparative study of hot water system with photovoltaic and photothermal panels

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Využití fotovoltaických panelů jako zdroje energie pro ohřev teplé užitkové vody je v posledních letech stále častějším jevem. Díky poklesu cen panelů v posledních letech klesla cena instalací s PV panely na stejnou nebo dokonce nižší cenu než u fototermických systémů. Porovnáním vybraných parametrů systémů s PV panely a fototermickými panely se zabývá tato bakalářská práce.

Cíle bakalářské práce:

Pro konkrétní objekt proveďte srovnávací studii instance fototermického a fotovoltaického systému pro přípravu teplé vody. Porovnejte oba systémy z pohledu energetických zisků (úspor energie) ve vybrané lokalitě, technické náročnosti instalace a náročnosti provozní údržby.

Seznam odborné literatury:

- [1] Karel Srdečný: Solární termické systémy – slepá vývojová větev?, <http://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>
- [2] Bronislav Bechník: Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory?, <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>
- [3] Wolf: Fotonvoltaický systém pracující do odporové zátěže, <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/fotovoltaicky-system-pracujici-do-odporove-zateze.html>
- [4] A. Luque, S. Hegedus: Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Wiley. 2003. ISBN: 0-471-49196-9
- [5] Cihelka, J.: Solární tepelná technika, Nakl. T. Malina, Praha 1994

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bc. Jan Fišer, Ph.D.

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

V Brně, dne 20. 11. 2013



doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.

Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.

Děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavnou témou tejto bakalárskej práce je porovnanie dvoch spôsobov ohrevu vody, ktoré využívajú k ohrevu energiu získanú so slnečného žiarenia a to fototermickým a fotovoltaiickým spôsobom. Obidva systémy sú v práci porovnané z pohľadu technickej, finančnej a prevádzkovej náročnosti. Ako základ pre porovnanie bude slúžiť fototermický systém inštalovaný na konkrétnom rodinnom dome, ktorý je obývaný trojčlennou rodinou.

Podľa vykonanej analýzy spotreby energie k ohrevu vody a údajov z výpočtového modelu PVGIS bol vytvorený a zostavený fotovoltaiický systém, ktorý sa skladá s konkrétnych komponentov tak, aby bol schopný nahradiť stávajúci fototermický a zabezpečiť tak potrebné množstvo energie pre ohrev vody v danom rodinnom dome. Následne bolo vykonané finančné porovnanie jednotlivých systémov, s ktorých vyplýva, že vhodná voľba pre rodinný dom je aj vďaka klesajúcim cenám fotovoltaiický systém. Ten prevažuje nie len po finančnej stránke, ale aj po stránke náročnosti na inštaláciu, množstve komponentov, samotnej údržbe a náročnosti na prevádzku.

Kľúčové slová

fototermika, fotovoltaiika, ohrev vody, teplá úžitková voda, porovnanie

ABSTRACT

The main topic of this bachelor thesis is to compare two methods of water heating that use to the energy acquired by solar photovoltaic and photothermal method for heating. Both systems are in thesis compared in terms of technical, financial and operational performance. As a basis for comparison will serve a photothermal system installed on a family house, which is inhabited by a three-member family.

According to the analysis conducted energy consumption for water heating and data PVGIS computational model was created and a photovoltaic system was built, which consists of specific components so as to be able to replace an existing photothermal system and provide much-needed energy for water heating in the family house. Subsequently, a financial comparison of different systems was carried out, from which it is clear that an appropriate choice for the family house is also due to falling prices the photovoltaic system. The PV system prevails not only financially, but also on the difficulty of installation, number of components, the actual maintenance and operating performance.

Keywords

photothermics, photovoltaics, water heating, hot domestic water, comparison

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

JUNAS, M. *Srovnávací studie fototermického a fotovoltaického způsobu ohřevu teplé vody*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 46 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Bc. Jan Fišer, Ph.D..

ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému Srovnávací studie fototermického a fotovoltaického spôsobu ohřevu teplé vody vypracoval samostatne a pod vedením Ing. Bc. Jan Fišer, Ph.D., s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených v zozname použitej literatúry tejto práce.

V Brně dňa 26.05.2014

Milan Junas

POĎAKOVANIE

Touto cestou by som sa chcel poďakovať Ing. Bc. Janovi Fišerovi, Ph.D. za cenné pripomienky, rady, ústretový prístup pri vypracovávaní bakalárskej práce a pri jednotlivých konzultáciách.

OBSAH

ÚVOD.....	9
1 PROBLEMATIKA SYSTÉMOV OHREVVU TEPLEJ VODY	10
1.1 Ohrev vody.....	10
1.1.1 Využitie a potreba teplej vody.....	10
1.1.2 Základné spôsoby ohrevu vody	12
1.1.3 Záujem verejnosti o solárny ohrev	14
1.2 Solárny spôsob - systémy v súčasnosti	14
1.2.1 Fototermika.....	16
1.2.2 Fotovoltaika.....	18
1.3 Solárne systémy určené k ohrevu vody.....	19
1.3.1 Fototermický systém ohrevu vody	20
1.3.2 Fotovoltaický systém ohrevu vody.....	20
1.3.3 Fotovoltaika a cenová bilancia	21
1.4 Dôvody pre inštaláciu fotovoltaického systému na rodinný dom.....	22
2 NÁVRH ADEKVÁTNEHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	24
2.1 Fototermický systém inštalovaný v rodinnom dome	24
2.1.1 Prevádzka fototermického systému.....	24
2.1.2 Zostava	24
2.1.3 Lokalita - poloha.....	25
2.1.4 Fotodokumentácia	26
2.2 Návrh Fotovoltaického systému.....	27
2.2.1 Program PVGIS - využitie dát.....	27
2.2.2 Fototermický systém – výpočet.....	29
2.2.3 Fotovoltaický systém – výpočet	32
2.2.4 Konkrétne prvky pre realizáciu navrhnutého systému	33
2.2.5 Fotodokumentácia	34
3 ZHODNOTENIE SYSTÉMOV A ICH VHODNOSŤ	35
3.1 Porovnanie fototermického a fotovoltaického systému	35
3.1.1 Porovnávací tabuľka komponent systémov	35
3.2 Vyhodnotenie vytvoreného fotovoltaického systému.....	36
3.2.1 Parametre	36
3.2.2 Cenová relácia	36
3.3 Odporúčenie správnej voľby systému.....	37
ZÁVER	38
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	39

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV	41
ZOZNAM OBRÁZKOV	42
ZOZNAM TABULIEK	43
ZOZNAM PRÍLOH.....	44
PRÍLOHY	45

ÚVOD

V dôsledku rýchleho rozvoja ekonomík a spoločnosti v priebehu dvadsiateho storočia došlo po celom svete k výraznému nárastu spotreby energie. Netýka sa to len priemyslu, ale aj domácností, kde sa s rozvojom technológií zvyšuje životný komfort a pohodlie. So zvyšujúcou sa celkovou celosvetovou spotrebou energií, ktorej cena má v dlhšom časovom období stúpajúci trend, nastáva v priemysle a v domácnostiach snaha o znižovanie spotreby a efektívnejšie využitie energie. Motiváciou k týmto opatreniam je aj ochrana životného prostredia, pretože väčšina energie sa produkuje za pomoci fosílnych palív, ktorých ťažba a spaľovanie výrazne zaťažuje životné prostredie. Pri hľadaní nových možností využitia alternatívnych zdrojov energie sa v súčasnej dobe veľká pozornosť sústreďuje predovšetkým na tzv. obnoviteľné zdroje, ktoré majú väčšinou veľmi malé prevádzkové náklady a ich prevádzka má väčšinou len minimálny dopad na životné prostredie. Jednou s takýchto energií je energia slnečného žiarenia.

Energetické štúdie nám ponúkajú jasný pohľad na spotrebu domácností v jednotlivých oblastiach ako sú: vykurovanie, ohrev teplej úžitkovej vody, varenie, svietenie, používanie bielej techniky a ostatných prevažne elektronických zariadení. Vďaka týmto dátam vieme, že spotreba energie vynaložená na ohrev teplej vody predstavuje 20-30 %, čiže je to druhý najväčší spotrebiteľ energie v domácnostiach, hneď po vykurovaní a jeho váha v súčasnosti stále rastie. V dnešnej dobe sa zavádzajú mnohé inovačné opatrenia, ktoré šetria energie na prípravu teplej úžitkovej vody (ďalej už len TÚV), ako sú solárne kolektory alebo tepelné čerpadlá. Súčasťou týchto opatrení je tiež snaha o zvýšenie efektivity nie len zdrojov tepla, ale aj zásobníkov TÚV.

Na stále väčšom počte striech rodinných, bytových domov či rôznych podnikov a fabriek sa v dnešnej dobe objavujú fototermické a fotovoltaické zariadenia, ktoré aj týmto spôsobom lákajú o záujem širokej verejnosti. Solárne moduly sa stále viac a viac podieľajú na utváraní striech a fasád budov. Ceny zariadení rapídne klesajú nie len vďaka rastúcej efektívite a klesajúcim nákladom výrobného procesu, ale európsky výrobcovia fotovoltaiky sa tiež nachádzajú pod tlakom hospodárskej recesie a konkurencie ázijských výrobcov. To všetko ovplyvňuje cenovú reláciu jednotlivých systémov, ktoré sú dnes na trhu k dispozícii.

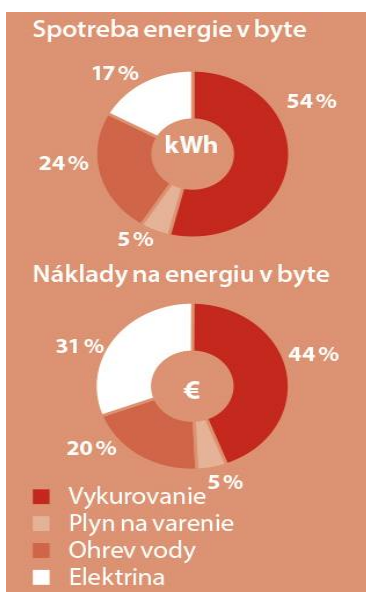
V tejto práci sa budem zaoberať dvomi spôsobmi ohrevu vody, ktoré využívajú k ohrevu energiu získanú so slnečného žiarenia a to fototermickým a fotovoltaickým spôsobom. Obidva systémy sú v práci porovnané z pohľadu technickej, finančnej a prevádzkovej náročnosti. Ako základ pre porovnanie bude slúžiť fototermický systém inštalovaný na konkrétnom rodinnom dome obývaným trojčlennou rodinou.

1 PROBLEMATIKA SYSTÉMOV OHREVVU TEPLEJ VODY

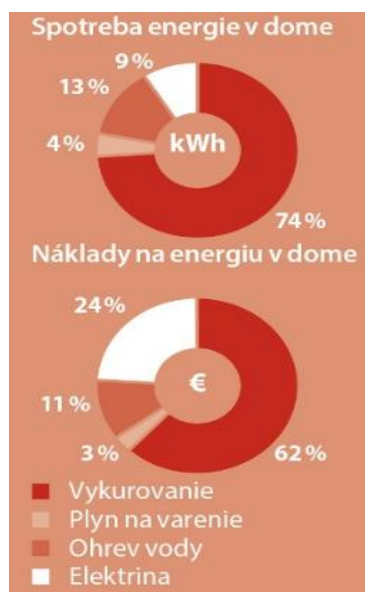
1.1 Ohrev vody

Význam ohrevu pitnej vody stúpa pri neustálom raste životného komfortu a zároveň na druhej strane pri snahe znížiť spotrebu energie spôsobenú týmto rastom. Práve energia sa stáva v posledných rokoch rozhodujúcim kritériom pre návrh a dimenzovanie spôsobu prípravy teplej vody. Mať doma tečúcu teplú vodu je pre nás skutočnosť, ktorú berieme ako samozrejmú a neoddeliteľnú súčasť nášho života.

Na základe merania v praxi sa uvádza, že priemerná domácnosť na ohrev TÚV vynaloží minimálne 10 % až o 30 % zo spotrebovanej energie v závislosti od druhu domácnosti. Ak to prerátame na financie, pridáme k číslu, ktoré sa rozhodne oplatí minimalizovať a to správnym návrhom, údržbou a hospodárením s teplou vodou. Tak ako neexistuje univerzálna domácnosť, tak neexistuje ani univerzálny návod, aký spôsob ohrevu vody zvoliť. Závisí to od spotrebiteľských nárokov, požadovanej teploty vody, rozloženia jej čerpania počas dňa, spôsobu, ktorým môžeme vodu ohrievať, aj od priestorov, ktoré máme k dispozícii. [1]



Obr. 1.1 Spotreba energie v byte [2]



Obr. 1.2 Spotreba energie v dome [2]

1.1.1 Využitie a potreba teplej vody

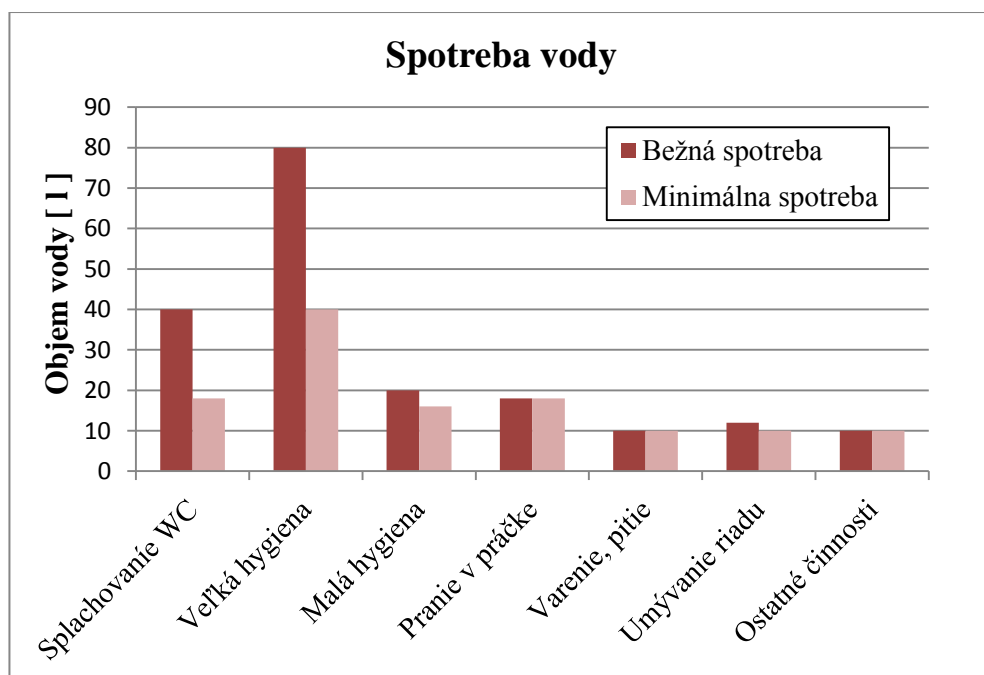
Teplá voda patrí k neodmysliteľnému štandardu našich domácností. Základnou požiadavkou na zariadenia, ktoré slúžia k príprave teplej vody je ich bezpečnosť, ľahká obsluha pri splnení hygienických požiadaviek. Teplá voda by sa mala dostať na konkrétne miesto potreby čo najkratšou možnou cestou, aby sa minimalizovali tepelné straty, spôsobené distribúciou vody. [4]

Existuje niekoľko spôsobov jej prípravy. Pri výbere je dôležité mať na zreteli aké množstvo teplej vody a v akých časových intervaloch je potreba. Na základe toho zvolíme správny a najefektívnejší druh technológie pre prípravu TUV. Prevádzka domácnosti, rodinného domu či bytu, je z hľadiska činností, pre ktoré je potrebná voda, celkom jednoznačne definovaná. Ide o osobnú hygienu, ktorú môžeme rozdeliť na používanie WC, očistu celého tela (sprchovanie, kúpanie), umývanie rúk, pranie v automatickej práčke a predovšetkým ako surovinu a pre prípravu jedla a pitia. Do ostatných činností, ktoré vyžadujú potrebu vody môžeme zahrnúť napríklad upratovanie, zalievanie izbových rastlín, umelé vlhčenie vzduchu a mnoho ďalších. [1], [4]

V tabuľke (1.1) a v obrázku (1.3) sú zhrnuté hodnoty celkovej dennej spotreby vody (teplá aj studená) pre jednotlivé činnosti. Bežná spotreba vody vychádza z hodnôt daných štandardným vybavením výtokovými armatúrami, minimálna je potom teoreticky najnižšia možná hodnota spotreby vody dôležitá k zaisteniu funkcie pre danú činnosť. [4]

Činnosť	[l.os ⁻¹ .den ⁻¹]	[l.os ⁻¹ .den ⁻¹]
	Bežná spotreba	Minimálna spotreba
Splachovanie WC	40	18
Veľká hygiena (sprchovanie)	80	40
Malá hygiena (umývanie rúk)	20	16
Pranie v práčke	18	18
Varenie, pitie	10	10
Umývanie riadu	12	10
Ostatné činnosti	10	10
Celkom(l)	190	122

Tabuľka 1.1 Rozdelenie dennej spotreby vody [4]



Obr. 1.3 Celková denná spotreba vody

1.1.2 Základné spôsoby ohrevu vody

Teplú vodu možno získať viacerými spôsobmi. Navrhuje sa ten, ktorý vyhovuje miestnym podmienkam, druhu stavby, kritériám na spotrebu energie ako aj želaniu konkrétneho objednávateľa. Norma STN 83 0616 určuje akostné požiadavky na teplú úžitkovú vodu. [3]

Príprava teplej vody môže byť centrálna, skupinová alebo individuálna. Pri centrálnej je z jedného tlakového ohrievača zásobovaný teplou úžitkovou vodou celý dom, pri skupinovej jeden tlakový ohrievač zásobuje iba susediace odberné miesta. Pri individuálnej príprave je inštalovaný ohrievač bezprostredne pri každom odbernom mieste. Tieto spôsoby prípravy je možné riešiť akumuláčnymi čiže zásobníkovými alebo prietokovými ohrievačmi. Všetky zariadenia a ich časti musia spĺňať príslušné ustanovenia noriem STN 06 0803 a STN 06 0320. Pre jednotlivé spôsoby ohrevu podľa množstva použitej tepelnej energie a podľa objemu teplej vody potrebnej v určitom čase treba zvoliť vhodnú konštrukciu a veľkosť ohrievača. Jednotlivé zariadenia sa môžu vzájomne kombinovať, tým zároveň zefektívniť celkový požadovaný efekt. [1], [3]

Základné druhy ohrievačov vody:

Akumulačné ohrievače ohrievajú vodu do zásoby. Pri nastavení optimálnej teploty by obsah bojlera mal vydržať počas celého dňa až do ďalšieho odberu. Akumulačný ohrievač dokáže poskytnúť vodu so stabilnou teplotou a vo veľkom množstve za krátky čas. Ak je akumuláčny ohrievač správne umiestnený, nastavený a udržiavaný, je tento spôsob ohrevu veľmi ekonomický. Energia sa však míňa nielen na ohrievanie neskôr spotrebovanej vody, ale spotrebuje sa aj pri tepelných stratách, ktoré vznikajú únikom tepla cez bojler. V každom prípade je lepšie, ak je bojler umiestnený vo vykurovaných (alebo temperovaných) miestnostiach, ako by mal byť v chladných priestoroch (napríklad v pivnici). Ďalšie teplo uniká stáťím a postupným ochladzovaním vody v potrubí medzi bojlerom a miestom spotreby. Preto je veľmi dôležité, aby sa čo najbližšie k ohrievaču nachádzal najpoužívanejší spotrebič (obyčajne umývadlo). Akumulačný ohrievač má väčšie priestorové nároky ako prietokový. Pri jeho výbere treba vybrať optimálnu veľkosť. Zásobníkové ohrievače sa dajú veľmi dobre kombinovať s obnoviteľnými zdrojmi energie (solárnymi kolektormi, tepelnými čerpadlami). [1], [3]

Elektrické zásobníkové ohrievače ohrievajú vodu v akumuláčnej nádrži zvyčajne medzi 22. hodinou večer a 6. hodinou ráno, teda v čase nízkeho zaťaženia elektrizačnej sústavy, keď je cena elektrickej energie nižšia. V prípade nárazovej vyššej spotreby vody dokážu vodu rýchlo ohriať, keď uvedú do činnosti prídavné vyhrievacie teleso. Optimálna teplota nastavená v elektrickom ohrievači vody je 55 až 60 °C. Zároveň elektrickému zásobníkovému ohrievaču vody treba zabezpečiť dostatočný servis – v miestach s tvrdou vodou je nevyhnutné zabezpečiť odstraňovanie nánosov vodného kameňa na vykurovacom telese aj termostate. Vtedy je vhodné pouvažovať o inštalácii magnetickej, elektromagnetickej, elektrostatickej alebo ultrazvukovej fyzikálnej úpravy vody na prívode vody pred bojlerom. [1], [3]

Priamo-výhrevné plynové zásobníkové ohrievače sú samostatné telesá ohrievajúce vodu pomocou plynového horáka. Sú nezávislé od plynového kotla. Spaliny odchádzajú najčastejšie do komína, je možné napojiť aj cirkuláciu teplej vody. [1]

Nepriamo-výhrevné plynové zásobníkové ohrievače sa používajú v spojení s plynovým kotlom a obyčajne sa nachádzajú v jeho blízkosti. Plynový kotol zohrieva vodu využívanú vo vykurovacom systéme (ústrednom kúrení), táto horúca voda prechádza aj zásobníkom na teplú vodu pomocou výmenníka tepla – vyhrievacej špirály, ktorá odovzdáva teplo vode v nádrži. Počas vykurovacieho obdobia je tento spôsob odovzdávania tepla ideálny, v lete však môže byť neefektívny, lebo kotol sa častejšie automaticky vypína a zapína, a teda sa môže rýchlejšie opotrebovať. [1]

Kombinované (bivalentné) zásobníkové ohrievače majú v sebe okrem priameho vykurovacieho telesa (najčastejšie odporového elektrického) aj vykurovaciu špirálu, v ktorej sa nachádza voda z vykurovacieho systému (zohrievaná kotlom na zemný plyn). Vo vykurovacom období sa zohrieva voda v zásobníku pomocou vykurovacej špirály. Mimo vykurovacieho obdobia sa obyčajne využíva elektrický ohrev. [1], [3]

Prietokové ohrievače tvoria druhú veľkú skupinu ohrievačov vody. Na rozdiel od akumuláčnych pripravujú vodu na okamžitú spotrebu a nezohrievajú žiadnu vodu navyše. Keďže sú priestorovo nenáročné, môžu sa nachádzať v tesnej blízkosti miest spotreby. Vďaka tomu sa minimalizujú tepelné straty. Voda sa zohrieva ihneď po otvorení kohútika. Vo všeobecnosti sa považujú za hygienickejšie, lebo zohriata teplá voda sa ihneď spotrebuje, neskladuje sa v zásobníku. Prietokové ohrievače sú menšie, preto ich možno použiť aj ako doplnkový zdroj teplej vody, ak je miesto odberu vzdialené od hlavného zásobníkového. Zväčša však vyžadujú vyššie investičné náklady. Zároveň ohrejú menšie množstvo vody, ktoré využijeme jednorazovo. [1], [3]

Elektrické prietokové ohrievače zvyčajne vedú okamžite poskytnúť také množstvo vody s teplotou 38 °C (l/min), ktoré sa rovná polovici elektrického príkonu prietokového ohrievača (kW). Podľa množstva vody, ktorú potrebujeme, si teda musíme vybrať ohrievač so zodpovedajúcim príkonom. Na umývanie alebo obyčajné sprchovanie bežný príkon prietokových ohrievačov vody postačí. [1]

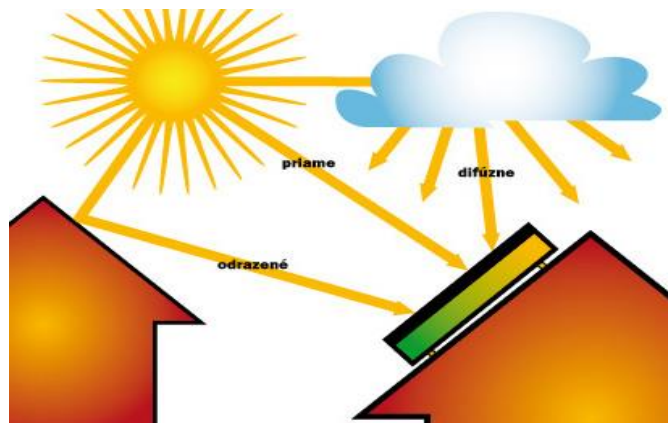
Plynové prietokové ohrievače sú vhodné na prípravu teplej vody v menších množstvách a v nepravidelných časoch odberu. Pracujú iba vtedy, keď ich potrebujeme, vďaka ich veľkosti ich môžeme umiestniť tam, kam chceme. Prietokový ohrev sa dá riešiť ako súčasť plynového kotla alebo ako samostatné zariadenie. Ak je odber ohriatej vody vyšší, je potrebný ohrievač s vyšším výkonom kotla. [1]

Solárne systémy na prípravu teplej vody sú veľmi perspektívnym spôsobom ohrevu vody. V našich zemepisných šírkach ich, žiaľ, nemožno použiť ako jediný zdroj ohrevu vody, avšak pri dobrom návrhu by mohli pokryť až dve tretiny spotreby vody (prakticky všetku teplú vodu od mája do septembra). Hoci najmodernejšie kolektory dokážu dodávať isté množstvo teplej vody aj počas zamračených či zimných dní, je potrebné zaistiť dodávku tepla aj z iných zdrojov ako ohrevom vykurovacou vodou z plynového kotla, alebo priamym ohrevom elektrickým vykurovacím telesom, prípadne tepelným čerpadlom. Celý solárny systém pozostáva z kolektorov (slnečné kolektory), zo zásobníka (bojlera) s výmenníkom tepla, z čerpadla s obehovou sústavou, z riadiacej solárnej jednotky a z vyrovnávacej expanznej nádoby (táto zostava platí pre fototerminický systém). Zásobník by mal zodpovedať asi dvoj- až trojdňovej spotrebe teplej vody, aby sa pokryla spotreba, aj keď sú menej slnečné dni. [1], [3]

1.1.3 Záujem verejnosti o solárny ohrev

V súčasnej dobe ceny neobnoviteľných zdrojov energie (ropa, uhlie, zemný plyn,...) z dlhodobého hľadiska vytrvalo rastú. Každý z nás si uvedomuje, že k svojmu životu potrebuje energiu, či už vo forme tepla, svetla, pohonných hmôt resp. jej rôznych foriem. Súčasný spôsob využívania energie z týchto zdrojov je časovo ohraničený. Preto sa čoraz viac zvyšuje všeobecný záujem o využívanie energie s obnoviteľných zdrojov, pomocou ktorých by sme mohli výrazne znížiť vplyv na životné prostredie, ktoré je v súčasnej dobe značne zaťažované využívaním klasických neobnoviteľných zdrojov energie.

Jedným zo zdrojov obnoviteľnej energie je Slnko. Energiu prenáša do svojho okolia v podobe slnečného žiarenia, ktorého časť ľudské oko vníma ako svetlo. Túto energiu môžeme využiť napríklad na vykurovanie objektu, alebo pri zachytení vhodným systémom ju môžeme použiť na ohrev TÚV. K tomu nám poslúžia aktívne slnečné systémy, iným slovom slnečné zberače = kolektory. Tie slúžia k zachytávaniu slnečného žiarenia a jeho premenu na druh energie, ktorý využijeme k ohrevu vody. Z tohto hľadiska sa zároveň aj delia na hlavné skupiny a to na fototermické a fotovoltaické systémy. Slnečné žiarenie teda môžeme využiť dvomi základnými spôsobmi. Buď získavať teplo v solárnych termických kolektoroch, alebo ako elektrinu vo fotovoltaických paneloch. Ak sa zameriame iba na ohrev vody, sú najdôležitejšími parametrami solárneho systému závislosť výkonu na klimatických podmienkach v danom mieste a čase. Dominantnú úlohu má samozrejme teplota okolia a intenzita slnečného žiarenia, taktiež v menšej miere aj množstvo zrážok a vietor. [7]



Obr. 1.4 Slnečné žiarenie ako druh energie [11]

1.2 Solárny spôsob - systémy v súčasnosti

Celková doba slnečného žiarenia (bez oblačnosti) na území Slovenska je približne od 1400 do 1700 hod/rok. Na plochu jedného štvorcového metra dopadne ročne priemerne 1100 kWh energie. Z týchto čísiel je vidieť, že pri dobrej účinnosti solárneho systému sa dá získať z pomerne malej plochy (menšej ako je strecha rodinného domu) pomerne veľké množstvo energie. Energiu slnečného žiarenia možno využiť:

- Aktívnou premenou solárneho žiarenia na teplo pomocou vzduchových alebo kvapalinových kolektorov.

- Aktívnu premenou solárneho žiarenia na elektrickú energiu fotovoltaiickými článkami.
- Solárno-termickou pasívnou premenou slnečného žiarenia na teplo vhodným architektonickým návrhom budovy (podobný prípad ako funguje skleník). [8]



Obr. 1.5 Rozdelenie využitia slnečného žiarenia [5]

V podmienkach strednej Európy je možné využívať solárnu energiu aktívnymi alebo pasívnymi systémami. Pasívne systémy sa dajú veľmi dobre využiť predovšetkým pri budovaní nových stavieb, kde sa im prispôbuje celé architektonické riešenie, no možné veľké využitie je aj u stavieb staršieho dáta vybudovaním sklenených prístavieb (príkladom môže byť sklenená veranda). Solárne systémy sa u nás budujú väčšinou dodatočne k už existujúcim objektom. Preto majú ten najväčší význam aktívne solárne systémy, ktoré získavajú energiu kvapalinovými kolektormi alebo pomocou fotovoltaiických článkov. Tie sa dajú takmer vždy dodatočne nainštalovať a využívať hlavne pre ohrev úžitkovej vody a výrobu el. energie či pri ústrednom kúrení. [6]

Najlepších výsledkov pri premene slnečného žiarenia na využiteľnejšiu formu energie sa však najčastejšie dosiahne kombináciou rôznych systémov. Dôvodom sú rozdielne výhody a nevýhody jednotlivých systémov. Technické obmedzenia pre inštaláciu menších solárnych systémov, napríklad pre rodinné domy, sú malé a záleží iba na finančných možnostiach. Investície do týchto zariadení sa rozhodne vyplatí, hlavne z dlhodobého pohľadu. Ďalšou výhodou je určitá nezávislosť na dodávkach tepelnej energie. [6]



Obr. 1.6 Ukážky pasívneho využitia slnečného žiarenia (1) Záhradný skleník (2) Presklená fasáda domu (3) Presklená južná fasáda domu [6]



Obr. 1.7 Ukážky aktívneho využitia slnečného žiarenia (1) Fotovoltaické panely na streche (2) Zásobník teplej vody (3) Jednookruhový solárny systém [6]

1.2.1 Fototermika

Zariadeniam k priamej premene slnečného energie na teplo sa hovorí rôzne, ako napríklad termické, fototermické, solárne, slnečné. Ich základom je solárny (slneční) kolektor, ktorý žiarenie zhromažďuje, pohlcuje a mení ho na teplo, odvádzané pomocou kvapaliny alebo vzduchu k miestu využitia či uloženia. Solárne kolektory môžeme charakterizovať a rozdeliť podľa rôznych hľadísk. Podľa tvaru sa delí na ploché, trubicové a koncentračné. Podľa spôsobu prenosu tepla rozlišujeme kolektory kvapalinové, teplovzdušné a kombinované. [8], [10]

Najbežnejším typom je plochý kvapalinový kolektor. Jeho základnými stavebnými prvkami sú absorbér, skriňa, izolácia a krycie sklo s ktorých každý má svoje opodstatnenie.

Stavebné prvky kvapalinového kolektoru:

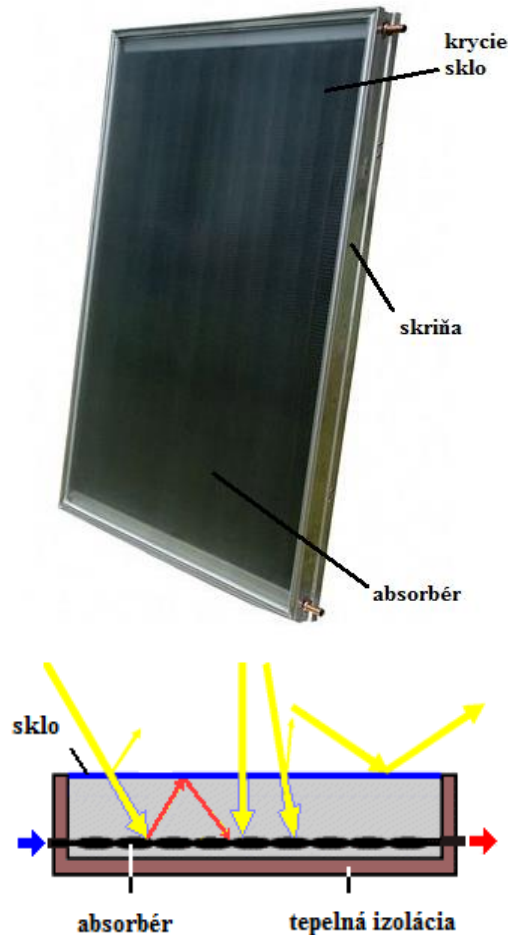
Absorbér - vyrobený z medeného alebo hliníkového plechu, kde k jeho zadnej strane sú pripájané, nalisované medené trubky. Povrch absorbéra je upravený tak, aby pohlcovao čo najviac slnečného žiarenia. Kvalitné typy majú na povrchu tzv. selektívny spektrálny náter, ktorý pohlcuje až 96 % žiarenia a pritom teplo iba minimálne vyžaruje. Tieto nátery umožňujú využiť nielen priame, ale aj rozptýlené slnečné svetlo a sú vhodné pre celoročné využitie. Získané teplo sa odvádza vodou alebo nemrznúcou kvapalinou prúdiacou v trúbkách. [10]

Skriňa - kovová, plastová alebo drevená nádoba pre uloženie absorbéra a ďalších prvkov. Musí byť dostatočne robustná, slúži k spoľahlivému uchyteniu kolektoru na strechu či stenu budovy a chráni jednotlivé prvky pred nepriaznivými poveternostnými vplyvmi. [10]

Izolácia - obmedzuje tepelné straty a bráni úniku tepla z absorbéra stenami skrine. Najčastejšie sa používa tepelná izolácia z minerálnej vlny alebo polyuretánu. Musí odolávať teplotám do 200 °C a nesmie prijať z okolitého prostredia vlhkosť. [10]

Krycie sklo - obmedzuje tepelné straty prednej steny kolektoru. Viditeľné svetlo im ľahko prechádza a v absorbére sa mení na teplo. Dlhovlnné tepelné žiarenie však sklo

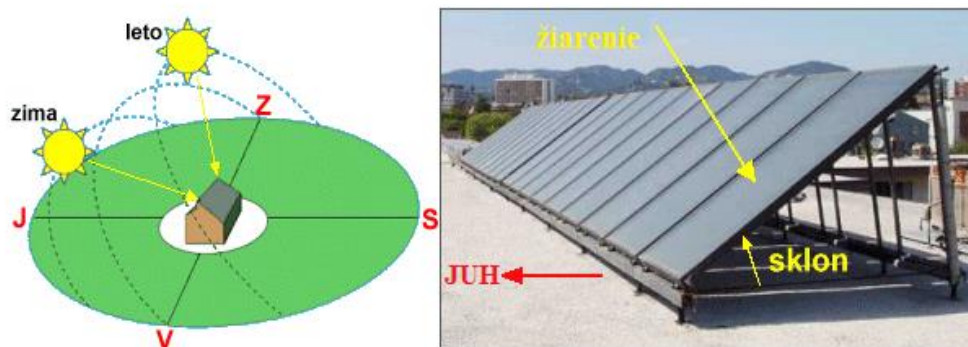
neprepustí von. Vnútri kolektora vzniká skleníkový jav, pri ktorom sa zvyšuje teplota prúdiacej kvapaliny. Používa sa špeciálne bezpečnostné sklo s veľkou priepustnosťou a dlhou životnosťou. Býva taktiež kalené a je veľmi tvrdé, čo zabezpečuje odolnosť voči krúпам a pod.. [10]



Obr. 1.8 Plochý kvapalinový kolektor [6]

Pri inštalácii kolektoru na streche, stene budovy alebo na voľnom teréne je potreba splniť niekoľko podmienok:

- **Konštrukcia** - musí byť dostatočne pevná, aby dobre odolávala rôznym prírodným vplyvom (vietor, sneh). Kolektor by mal byť čo najbližšie miestu spotreby ohriatej vody, aby sa čo najviac obmedzili tepelné straty v rozvodnom potrubí. Prívodné trubky musia byť opatrené dobrou tepelnou izoláciou.
- **Orientácia kolektoru** - najvhodnejšie je natočenie smerom na juh alebo juhozápad, aby sa využila najväčšia intenzita slnečného žiarenia v období okolo poludnia.
- **Sklon kolektoru** - ideálne by bolo, keby na plochu absorbéru dopadalo žiarenie stále kolmo. Výška slnka nad obzorom sa však mení nielen behom dňa, ale aj v priebehu roka. V lete je slnko nad obzorom vyššie ako v zime. V lete by bol vhodný sklon kolektoru 30° od vodorovnej roviny, v zime okolo 60° . Obvykle sa ako kompromis volí sklon v rozmedzí $35^\circ - 45^\circ$ (platí pre strednú Európu). [10]



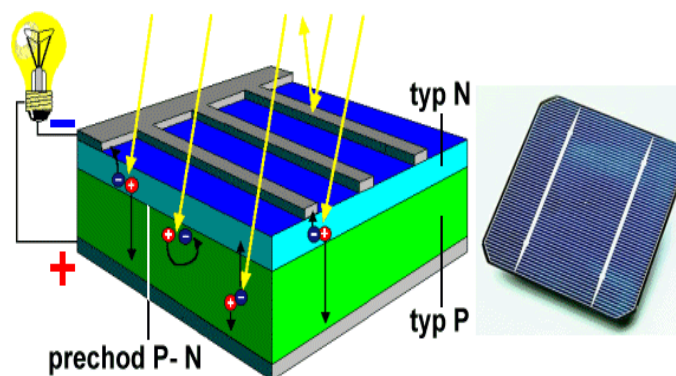
Obr. 1.9 Správna orientácia a sklon kolektorov [6]

Samotný kolektor pre praktické využitie slnečnej energie nestačí. Zahriata teplotná kvapalina musí získané teplo preniesť na miesto spotreby. Kvapalina, ohriata v solárnom kolektore, sa privádza do zásobníku alebo výmenníku tepla, súčasťou inštalácie sú ventily, obehové čerpadlo, regulační a ďalšie technické prvky. Všetky súčasti tvoria solárny systém. [10]

1.2.2 Fotovoltaika

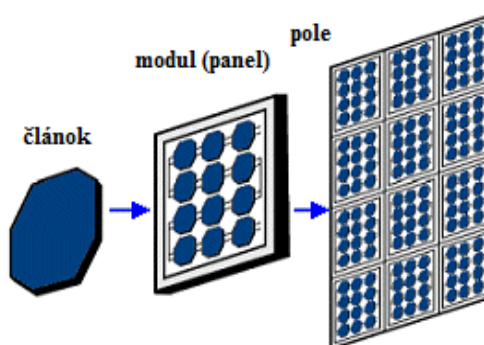
Fotovoltaický jav bol prvý krát pozorovaný už v roku 1839, no trvalo viac ako 120 rokov, kým prišlo k jeho širšiemu praktickému využitiu. Zásadný prelom spôsobil rozvoj polovodičové techniky. Najpoužívanejším materiálom pre výrobu fotovoltaických (solárnych, slnečných) článkov je kremík, ktorý dosahuje pomerne vysokej účinnosti premeny energie žiarenia. Fotovoltaické zdroje dnes nachádzajú uplatnenia v mnohých oblastiach. Od malých solárnych článkov k napájaniu kalkulačky, väčších solárnych panelov slúžiacich ako zdroj elektrickej energie v miestach bez pripojenia k sieti až po veľké fotovoltaické systémy schopné dodávať energiu do bežnej rozvodnej siete. V porovnaní s inými zdrojmi elektrickej energie má prevádzka fotovoltaického zariadenia celú radu ekologických a prevádzkových výhod. [9]

Fotovoltaický článok je v podstate polovodičová dióda. Jeho základom je tenká kremíková doštička s vodivosťou typu P. Na ňu sa pri výrobe vytvorí tenká vrstva polovodiča typu N, obe vrstvy sú oddelené tzv. prechodom P-N. Osvetlením článku vznikne v polovodiči vnútorný fotoelektrický jav a v polovodiči sa z kryštálovej mriežky začnú uvoľňovať záporné elektróny. Na prechode P-N sa vytvorí elektrické napätie, ktoré dosahuje u kremíkových článkov veľkosti zhruba 0,5 V. Energia dopadajúceho svetla sa v článku mení na elektrickú energiu. [6], [9]



Obr. 1.10 Princíp fotovoltaiického článku [6]

Jediný fotovoltaiický článok má iba veľmi malé využitie. Preto sa články podľa požadovaného napätia a odoberaného prúdu spájajú a vytvárajú fotovoltaiický modul (panel). Spojením viacerých modulov vzniká rozmerné fotovoltaiické pole, ktoré sa inštaluje napríklad na strechu alebo fasádu budovy. Pre dosiahnutie vysokej životnosti sa moduly ukladajú do hermeticky uzatvorených puzdirov, ktoré sú opatrené vysoko priehľadným a tvrdeným sklom. [6], [9]



Obr. 1.11 Fotovoltaiický článok [6]

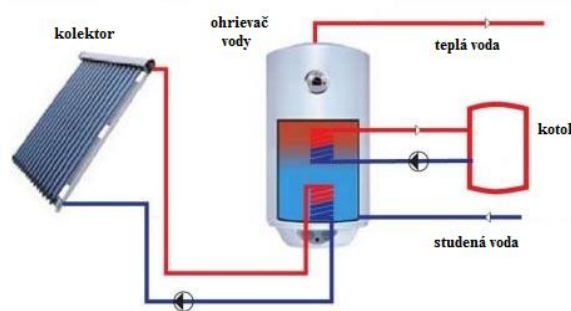
1.3 Solárne systémy určené k ohrevu vody

Do tejto kategórie patria jednoznačne aktívne solárne sústavy. Majú vo svete nezastupiteľné miesto medzi alternatívnymi (obnoviteľnými) zdrojmi energie, a to nie len v oblastiach s vysokou celoročnou pomernou dobou slnečného svitu, ale aj v krajinách s omnoho menším ožiarением a pomernou dobou slnečného svitu ako má Slovenská či Česká republika. V posledných rokoch je vidieť v oboch krajinách nárast inštalovanej plochy jednotlivých druhov kolektorov určených k využitiu slnečného žiarenia, kde jedným z možných riešení je premena žiarenia slúžiaca k ohrevu vody. Každý z týchto systémov, využívajúci slnečnú energiu má svoje výhody a nevýhody a zároveň optimálne technické riešenia, ktoré je nutné dodržať alebo sa k nim aspoň čo najviac priblížiť, aby sme docielili technicky i ekonomicky výhodných prevádzkových podmienok.

1.3.1 Fototermický systém ohrevu vody

Princíp výroby teplej vody v solárnom zariadení je nasledovný. Vyžiarená slnečná energia sa v kolektore premení na teplo a zohreje teplonosnú kvapalinu, ktorá ho potrubím pomocou cirkulačného čerpadla preniesie do výmenníka tepla. Väčšina ročného slnečného žiarenia v oblasti strednej Európy dopadne na zemský povrch v mesiacoch apríl až september. Vo zvyšnom období je v našich podmienkach treba vodu zohrievať alebo dohrievať prídavnými zariadeniami ako napr. plynový kotol. V tomto prípade hovoríme o bivalentnom systéme. Štandardná solárna sústava pre aktívne využitie slnečnej energie obsahuje:

- kolektory pre zachytenie slnečného žiarenia
- nosnú konštrukciu
- akumuláciu nádobu (solárny zásobník)
- obehové čerpadlo
- potrubie s tepelnou izoláciou
- elektronický regulátor
- expanznú nádobu
- ostatné časti (armatúry zabezpečovaci, uzatvárajúcu ap.) [10], [12]



Obr. 1.12 Princíp fototermického systému pre ohrev vody [12]

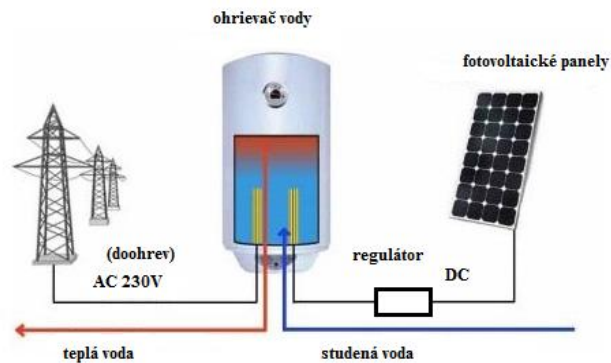
1.3.2 Fotovoltaický systém ohrevu vody

Princíp výroby teplej vody fotovoltaickými systémami je jednoduchší z hľadiska vybavenia oproti predchádzajúcemu fototermickému spôsobu. Slnečné žiarenie sa na ploche fotovoltaického panelu premení na jednosmerný elektrický prúd (DC), ktorý následne slúži k napájaniu elektrickej ohrievacej špirály v zásobníkovom ohrievači, resp. zásobníku vody. Pre efektívnu prevádzku systému je potreba zaistenie optimálneho pracovného bodu, neustálu prevádzku generátora v bode maximálneho výkonu. Túto funkciu nám v prípade systému pre ohrev vody zaisťuje regulátor. [13]

Zásobník vody je možné použiť ako samostatný elektrický ohrievač vody. Pracuje na princípe dvoch samostatných elektrických okruhov. Prvý je napojený na elektrickú energiu zo siete (AC 230 V) a druhý je napojený na elektrickú energiu z fotovoltaických panelov. Obidva okruhy môžu pracovať súčasne alebo každý samostatne. Pripojenie na zdroj elektrickej energie zo siete garantuje ohrev vody počas dlhodobo nepriaznivého počasia. Pomocou termostatu sa nastaví požadovaná teplota vody. Pri dosiahnutí prednastavenej teploty sa automaticky vypína prívod elektrickej energie zo siete a v ohrievači vody sa ďalej

zohrieva voda elektrickou energiou z fotovoltaických panelov (ohrev až na max. teplotu 75 °C). Ohrievače vody sa dajú využiť aj na pripojenie nočného prúdu. V takejto variante v noci zohrieva vodu zdroj lacného nočného prúdu a cez deň vyrobený prúd z fotovoltaických panelov. Štandardná fotovoltaická sústava pre aktívne využitie slnečnej energie obsahuje:

- vhodne zapojené fotovoltaické panely
- nosnú konštrukciu
- ohrievač vody (zásobník)
- elektronický regulátor
- termostat
- ostatné časti (kabeláž, vstupný rozvádzač, napäťová ochrana ap.) [13], [14]



Obr. 1.13 Princíp fotovoltaického systému pre ohrev vody [14]

1.3.3 Fotovoltaika a cenová bilancia

Donedávna bol ohrev vody fotovoltaickými panelmi celkom drahý, na to aby mohol konkurovať klasickým termickým kolektorom. Táto situácia sa však zmenila v rokoch 2008 až 2010, kedy nastal prudký rozvoj v dôsledku zavedenia dotačných programov a garantovanej výkupnej ceny elektriny vyrobenej v PV elektrárnach. Na základe masívneho dopytu po PV paneloch, predovšetkým z krajín EÚ, nastal taktiež prudký rozvoj výrobných kapacít PV panelov (predovšetkým v Číne). Tým fotovoltaika otvára veľa možností pre jej využitie čoho dôsledkom je, že ohrev vody fotovoltaikou sa stal rovnako investične náročným ako pri využití termických solárnych systémov. Kedysi kozmická technológia sa dnes dá kúpiť veľmi lacno vďaka dotáciám, ktoré do fotovoltaiky prúdili nielen z európskych krajín, ale aj z USA a Japonska. Dovážané PV panely do krajín EÚ boli dokonca tak lacné, že Európska komisia musela prikročiť od 04.06.2013 k zavedeniu antidumpingového cla, ktoré má cenu fotovoltaiky zvýšiť, upraviť trh s ňou a podporiť európske výrobné odvetvie. [15], [16], [17]

„ Európska komisia dnes uložila dočasné antidumpingové clá na dovoz solárnych panelov a kľúčových komponentov (t. j. článkov a doštičiek) z Číny. Pri prešetrovaní sa zistilo, že čínske solárne panely sa predávajú do Európy za oveľa nižšiu cenu, než je ich bežná trhová hodnota. Clá budú uložené s cieľom zmierniť ujmu spôsobenú európskemu výrobnému odvetviu v dôsledku tejto nekalej obchodnej praktiky (t. j. dumpingu).” [17]

Cena u jednotlivých fotovoltaických panelov sa v súčasnosti pohybuje od 0,40 €/Wp u tenkostenných až do cca 0,80 €/Wp u kvalitných kryštalických vyrobených v EU alebo v Japonsku. V prepočte na plochu panelov sa ceny pohybujú od 20 €/m² až do 200 €/m². Podľa názorov expertov nie sú tieto uvedené ceny dlhodobu udržateľné. Pre porovnanie cena solárnych tepelných kolektorov sa pohybuje najčastejšie od 150 do 250 €/m², a v prípade vákuových trubkových kolektorov aj podstatne vyššie. Ceny kolektorov v posledných rokoch viac menej stagnujú, zatiaľ čo ceny fotovoltaických panelov výrazne klesali. [16]

PRICE INDEX		pvXchange YOUR PV MARKETPLACE		
March 2013				
Module type, Origin	€/Wp	Trend from February 2013	Trend from March 2012	
Crystalline modules				
Germany	0.79	1.28%	↓	-22.55%
China	0.55	3.77%	↓	-25.68%
Japan	0.81	-1.22%	↓	-19.00%
Thin film modules				
CdS/CdTe	0.55	1.85%	↓	-9.84%
a-Si	0.42	0.00%	=	-26.32%
a-Si/u-Si	0.51	0.00%	=	-28.17%

Obr. 1.14 Ceny fotovoltaických panelov na spotovom trhu (pvXchange) [16]

1.4 Dôvody pre inštaláciu fotovoltaického systému na rodinný dom

Zámerom pre zhotovenie fotovoltaického systému je jeho porovnanie z hľadiska výhod, funkčnosti, náročnosti na montáž a v neposlednom rade s finančnou stránkou potrebnou pre inštaláciu a prevádzku s fototerickým systémom už inštalovaným na konkrétnom rodinnom dome. Dôsledkom pre porovnanie sú veľmi nízke nákupné ceny, ktoré nadobudol fotovoltaický systém za posledných niekoľko rokov a samozrejme jeho výhody spojené s nízkou náročnosťou systému, ktoré sú veľmi výrazné oproti už zmienenom fototerickom systéme. Ako každý už spomínaný dostupný systém pre ohrev vody, má aj fotovoltaický systém svoje hlavné výhody a nevýhody.

Výhody fotovoltaického systému:

- výrazne jednoduchšia inštalácia a rozvod energie
- rozvod energie až ku spotrebiču (bojleru) s nízkymi stratami
- absencia rozvodov teplotnosného média
- vyššia účinnosť v zimných mesiacoch, keď je nedostatok energie (účinnosť FV panelov rastie s klesajúcou teplotou)
- nie je potreba riešiť riziko letného prehriatia, stagnácie alebo zimného zamrznutia kolektorov
- okamžitá dodávka tepelnej energie do vody v zásobníku, nie je tu tepelná zotrvačnosť teplotnosného média
- dodávka tepelnej energie aj za nízkeho slnečného žiarenia
- nízke prevádzkové náklady, vysoká spoľahlivosť [14], [15], [20]

Nevýhody fotovoltaického systému:

- potreba výrazne vyššej plochy pre inštaláciu (cca 3-násobnú oproti termickým kolektorom pri uvažovanej rovnakej celoročnej vyťažnosti systému)

- citlivosť na čiastočné tienenie oproti termickým kolektorom
- potreba správneho návrhu pre konkrétny prípad (správne dimenzovanie) a odborná montáž
- nebezpečenstvo úrazu elektrickým prúdom pri poruche, nehode alebo neodbornej manipulácii so systémom [14], [15], [20]

2 NÁVRH ADEKVÁTNEHO FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

2.1 Fototermický systém inštalovaný v rodinnom dome

Fototermický systém bol inštalovaný na rodinnom dome firmou Thermo/Solar Žiar s.r.o. v roku 2009 a od tohto okamihu je v prevádzke. Rodinný dom je obývaný trojčlennou rodinou pre ktorú bol zmienou firmou navrhnutý a uvedený do prevádzky. Hlavným dôvodom pre inštaláciu bolo zníženie nákladov na ohrev vody, ktorý bol dovtedy v danom objekte realizovaný iba prostredníctvom plynového kotla. Medzi ďalšie dôvody patrila možnosť výroby teplej vody iným spôsobom a taktiež získanie istej nezávislosti na používaní jedného zdroja tepla.

2.1.1 Prevádzka fototermického systému

Celý fototermický systém slúži výhradne k ohrevu vody a to prevažne v letných mesiacoch (uvažované obdobie apríl až september). V ostatných mesiacoch a pri nevhodných klimatických podmienkach vodu dohrieva plynový kotol, ktorý zároveň slúži ako prostriedok ohrevu vody pre ústredné vykurovanie, ktoré ostalo zachované po inštalácii fototermického systému. Celkový systém teda môžeme považovať za bivalentný.

2.1.2 Zostava

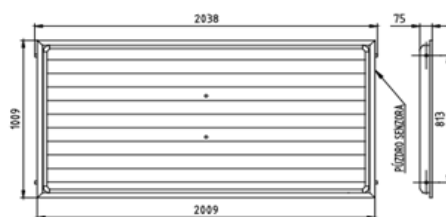
Fototermický systém inštalovaný v rodinnom dome pozostáva zo základných častí:

- 3 x solárny kolektor Heliostar 320 N2L
- Hliníková konštrukcia
- Ohrievač vody (bojler) TS-T 300/2, objem 300 litrov
- Expanzná nádoba 18 l, 6 bar
- Obehové čerpadlo - čerpadlová jednotka
- Riadiaca jednotka DC11
- Inštalatérsky materiál (med'. trubky, vodoinštalatérsky mat. , obloženie, reg. teploty, absorpčný odplyňovač, elektroinštalácia,...)

Solárny kolektor Heliostar 320 N2L

Popis kolektora - plochý kolektor s medenými rúrkovými vývodmi určený na horizontálnu montáž v solárnych systémoch s obehovým čerpadlom. Pozostáva s kompaktnej lisovanej skrine, v ktorej je pomocou zasklievacieho rámu z nekorodujúcich hliníkových profilov upevnené bezpečnostné solárne sklo. Absorbér zostavený z lisovaných profilov z hliníkovej zliatiny s vysoko-selektívnou konverznou vrstvou má zavalcovaný meander z medenej rúrky. [18]

Technické údaje:



Pódorysná plocha	2,03 m ²
Absorpčná plocha	1,77 m ²
Skladobný rozmer	2040x1040 mm
Krycie sklo	bezpečnostné, solárne, hrúbka 4 mm
Pripojovacie vývody	rúrkové Ø18 mm
Skríňa kolektora	výlisok z nekorodujúceho Al-Mg plechu
Púzdro senzora	pre senzor Ø4 mm alebo Ø6 mm
Tepelná izolácia	minerálna plsť
Celkový kvapalinový obsah	1,6 l
Celková hmotnosť	45kg
Konverzná vrstva	vysokoselektívna na báze oxidu hlinitého pigmentovaného koloidným niklom
Slničná absorpčivosť $\alpha_{AM1,5}$	min 0,94
Tepelná emisivita $\epsilon_{62^{\circ}\text{C}}$	max. 0,17
Optická účinnosť	80%
Pracovná teplota	pod 100°C
Kľudová teplota pri žiarení 1000W/m ² a teplote okolia 25°C	178°C
Maximálny pretlak teplonosnej kvapaliny	600kPa
Doporučený prietok teplonosnej kvapaliny	30 –100l/h na jeden kolektor
Energetický zisk*	700-930 kWh/rok

Obr. 2.1 Technické údaje [18]

2.1.3 Lokalita - poloha

Rodinný dom sa nachádza v meste Senica na západnom Slovensku. Fototermický systém je inštalovaný na streche objektu a je tvorený tromi solárnymi panelmi, ktoré sú umiestené na hliníkových profiloch. Sklon inštalovaných kolektorov je 35 °, sú orientované na juhovýchod s azimutom 140 °.

Súradnice GPS:

48.67481521

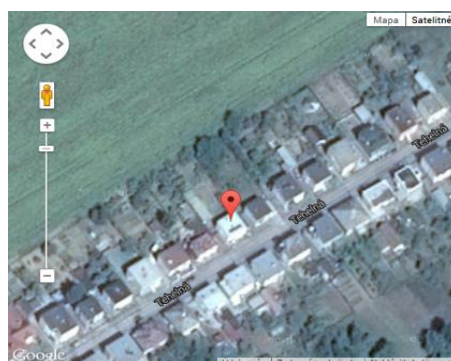
48°40'29.334756"N

17.346519712

17°20'47.4709616"E



Obr. 2.2 Pohľad na rodinný dom z ulice



Obr. 2.3 Satelitný pohľad na rodinný dom

2.1.4 Fotodokumentácia



Obr. 2.4 Fototermické kolektory na streche rodinného domu



Obr. 2.5 Pohľad na fototermické kolektory z ulice pred rodinným domom



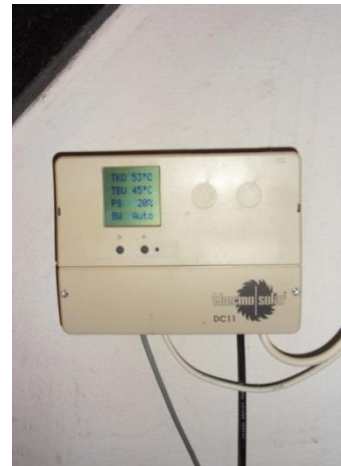
Obr. 2.6 Pohľad na vybavenie technickej miestnosti rodinného domu (vpravo plynový kotol)



Obr. 2.7 Jednotlivé rozvody vody a teplonosnej kvapaliny



Obr. 2.8 Ohrievač vody (bojler) TS-T 300/2



Obr. 2.9 Riadiaca jednotka DC11

2.2 Návrh Fotovoltaického systému

Pri návrhu fotovoltaického systému vychádzame z už inštalovaného fototermického systému na rodinnom dome. Zostavenie a jednotlivé výpočty sú realizované tak, aby sa zachovala funkčnosť daného systému a bola dokázaná jeho plná náhrada a funkčná schopnosť pri vytvorení nového fotovoltaického systému tak, aby bolo zaručené splnenie základných požiadaviek a očakávaní obyvateľov na množstvo a kvalitu TÚV. Základom jednotlivých výpočtov sú dáta získané pomocou programu PVGIS.

2.2.1 Program PVGIS - využitie dát

Program Photovoltaic Geographical Information System, v skratke (PVGIS) je výpočtový model vytvorený výskumným centrom Európskej komisie. Zameriava sa priamo na využitie pre fotovoltaické aplikácie, umožňuje kalkuláciu výroby elektrickej energie v konkrétnom mieste a to kdekoľvek v Európe alebo v Afrike. Je k dispozícii pre všetkých

online a zadarmo. Výpočtový model využíva pri výpočtoch údaje zo satelitných meraní a taktiež údaje získané v jednotlivých pozemných meteo-staniciach. [19]

Pri výpočtoch pre jednotlivé druhy solárnych systémov sú požívané hodnoty veličín, potrebné k výpočtu a sú získané z modelu PVGIS. Jeho dôveryhodnosť a schopnosť poskytnúť vierohodné informácie a dáta je doložené výskumom, ktorého výsledky sú uvedené v odbornej literatúre [19]. Zároveň v prílohe (č. 1.) je uvedený celkový výstup z tohto modelu. Výsledky modelu sú vypočítané pre presnú polohu rodinného domu zadanú GPS súradnicami a s určením typu solárnych kolektorov, uhlu skonu a orientácie. Tá je rovnaká ako už má nainštalovaný fototerminický systém. Výstupom s výpočtového modelu je tabuľka (2.1) s príslušnými hodnotami. Následne sú zdôraznené hodnoty, s ktorými sa počíta v obrázku (2.1).

Legenda k tabuľke (2.1):

Ed - Priemerná denná produkcia elektrickej energie daná systémom (kWh)

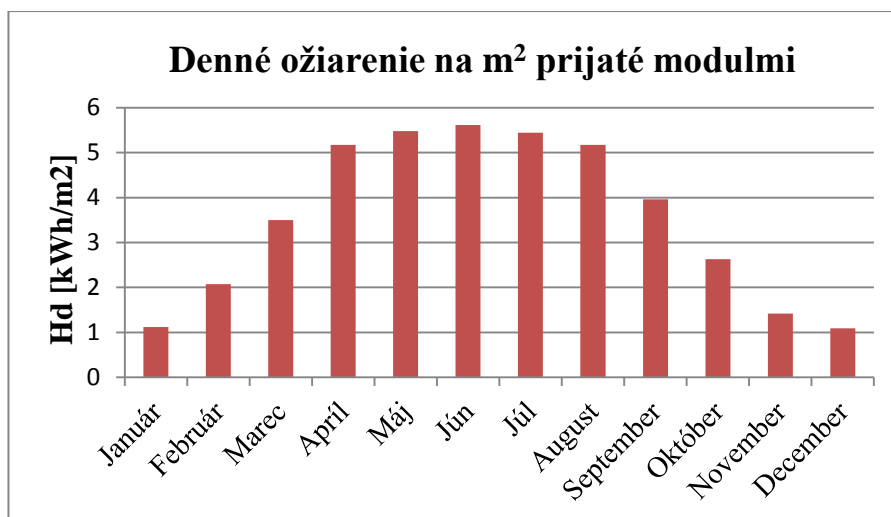
Em - Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie daná systémom (kWh)

Hd - Priemerné denné ožiarenie na meter štvorcový prijaté modulmi (kWh/m²)

Hm - Priemerná mesačná hodnota ožiarenia na meter štvorcový prijatá modulmi (kWh/m²)

Mesiac	Sklon: 39°		Orientácia: -40°	
	Ed	Em	Hd	Hm
Január	0,94	29,1	1,12	34,6
Február	1,71	47,9	2,07	57,9
Marec	2,81	87,1	3,5	109
Apríl	3,99	120	5,17	155
Máj	4,11	127	5,48	170
Jún	4,15	125	5,61	168
Júl	4	124	5,44	169
August	3,83	119	5,17	160
September	3,01	90,4	3,96	119
Október	2,07	64,2	2,63	81,5
November	1,16	34,8	1,42	42,7
December	0,91	28,02	1,09	33,8
Ročný priemer	2,73	83	3,56	108
Celkovo za rok	996		1300	

Tabuľka 2.1 Výsledné hodnoty elektrickej energie a slnečného ožiarenia



Obr. 2.10 Priemerné denné ožiarenie na meter štvorcový prijaté modulmi

2.2.2 Fototermický systém – výpočet

Výpočet celkovej plochy kolektorov pre ohrev vody pri maximálnom využití systému

Obdobie: od Apríla do Septembra

Spotreba vody: 3 osoby v rodinnom dome

Teploty ohrevu vody: z $t_1 = 10\text{ °C}$ na $t_2 = 70\text{ °C}$

Riešenie:

- denná spotreba tepla pre ohrev úžitkovej vody

$$Q_{\text{spotr}} = c_w \cdot q_w \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \text{ [J]} \quad \text{kde: merná tepelná kapacita vody } c_w = 4180 \text{ J/kgK}$$

$$Q_{\text{spotr}} = 74654633 \text{ J} \quad \text{hustota vody pri teplote } (40\text{ °C}) \text{ } q_w = 992,22 \text{ kg/m}^3$$

$$= 20737,4 \text{ Wh} \quad \text{objem zásobníku } V = 0,3 \text{ m}^3$$

$$\text{rozdiel teplôt } t_2 - t_1: t_1 = 10\text{ °C}, t_2 = 70\text{ °C}, t = 60\text{ °C}$$

$$Q_{\text{spotr}} = 20,7 \text{ kWh}$$

- hodnoty energie dopadajúcej na plochu 1 m^2 za deň, hodnoty Hd z PVGIS

$$\text{Apríl } Q_{\text{den}} = 5,17 \text{ kWh/m}^2$$

$$\text{September } Q_{\text{den}} = 3,96 \text{ kWh/m}^2$$

- najnepriaznivejší s týchto mesiacov je september, preto plochu počítame s hodnotou tohto mesiaca, zároveň predpokladáme tepelné straty spôsobené zásobníkom a rozvodovým potrubím na 10 %

$$P = 0,1 \text{ [-]}$$

- celková plocha kolektorov

$$S = (1+P) \cdot Q_{\text{spotr}}/Q_{\text{den}}$$

$$S = 5,75 \text{ m}^2$$

Pri tomto výpočte bolo uvažované maximálne využitie systému, kde následne plocha vyšla $5,75 \text{ m}^2$. Účinnosť fototermyckých panelov sa pohybuje v rozmedzí 60 až 80 %. Výrobca udáva reálnu účinnosť 70 %, preto sú hodnoty H_d z tabuľky (2.1) vynásobené touto účinnosťou a označené ako R_h . Následne je prepočítaná plocha potrebných panelov pre vypočítanú spotrebu tepla na ohrev úžitkovej vody pri maximálnom využití systému. Výsledky sú v tabuľke (2.2). [18]

- hodnoty H_d z tabuľky (2.1) sú vynásobené účinnosťou a označené ako R_h

$$R_h = H_d \cdot \eta \quad \text{kde: konkrétna účinnosť } \eta \text{ [%]}$$

- celková plocha kolektorov

$$C_p = Q_{\text{spotr}}/R_h \text{ [m}^2\text{]}$$

Legenda k tabuľke (2.2 až 2.7):

R_h - Reálna hodnota H_d pri účinnosti - 70 % (kWh/m²)

C_p - Celková plocha panelov (m²)

D_e - Dodaná energia - kontrolný výpočet (kWh)

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
R_h (kWh/m ²)	0,78	1,45	2,45	3,62	3,84	3,93	3,81	3,62	2,77	1,84	0,99	0,76
C_p (m ²)	26,403	14,286	8,449	5,720	5,396	5,271	5,436	5,720	7,468	11,244	20,825	27,130
D_e (kWh)	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7

Tabuľka 2.2 Hodnoty pre plochý kolektor, absorbér - hliníková zliatina s účinnosťou 70 %

Tabuľka (2.2) a jej výsledky potvrdzujú, že daná firma, ktorá inštaláciu realizovala vykonala správne dimenzovanie z technického hľadiska. Celková plocha C_p odpovedá približne ploche fototermyckého systému inštalovanom na rodinnom dome, ktorá má celkovú hodnotu ($3 \cdot 1,77 \text{ m}^2$) $S = 5,31 \text{ m}^2$. Systém je schopný v daných podmienkach a v období od apríla do septembra, kedy uvažujeme rentabilnú dobu prevádzky zabezpečiť potrebné množstvo energie pre každodenný ohrev 300 l teplej vody. Toto dimenzovanie je však nevhodné z hľadiska požadovaného množstva teplej vody pre osoby, žijúce v rodinnom dome, kde je objem vody 300 l zbytočný. Reálna spotreba vody obyvateľov rodinného domu je uvedená v tabuľke (2.3). Následne je realizovaný nový výpočet s hodnotami, ktoré odpovedajú reálnej spotrebe vody v rodinnom dome.

Činnosť	[l.os ⁻¹ .den ⁻¹]	[l.os ⁻¹ .den ⁻¹]
	Studená voda	Teplá voda
Splachovanie WC	15	0
Veľká hygiena (sprchovanie)	10	20
Malá hygiena (umývanie rúk)	5	5
Pranie v AP	18	0
Varenie, pitie	5	5
Umývanie riadu	5	5
Ostatné činnosti	5	0
Celkom (I)	63	35

Tabuľka 2.3 Skutočná spotreba vody v rodinnom dome na 1 osobu za deň

Výpočet celkovej plochy kolektorov pre ohrev vody pri skutočnej spotrebe

Obdobie: od Apríla do Septembra

Spotreba vody: 3 osoby v rodinnom dome

Teploty ohrevu vody: z $t_1 = 30\text{ °C}$ na $t_2 = 70\text{ °C}$

- teplotu t_1 uvažujeme 30 °C z dôvodu udržania sa teploty v zásobníku

- množstvo vody: 1 osoba = 35 l

3 osoby = 105 l

- vo výpočte uvažujeme s 2-dennou spotrebou vody (koeficient súčasnosti $k = 0,7$)

- Koeficient súčasnosti zavádzame z dôvodu nevyčerpania daného množstva vody pre jednotlivé osoby v jednom dni a z dôvodu nepriaznivého počasia v jednom z dvoch uvažovaných dňoch spotreby vody

- celkové množstvo vody $V = 0,7 \cdot 2 \cdot 105 = 147\text{ l}$

Riešenie:

- denná spotreba tepla pre ohrev úžitkovej vody

$$Q_{\text{spotr}} = c_w \cdot q_w \cdot V \cdot (t_2 - t_1) \text{ [J]} \quad \text{kde: merná tepelná kapacita vody } c_w = 4180 \text{ J/kgK}$$

$$Q_{\text{spotr}} = 24284442 \text{ J} \quad \text{hustota vody pri teplote } (50\text{ °C}) \quad q_w = 988,04 \text{ kg/m}^3$$

$$= 6745,678 \text{ Wh} \quad \text{objem zásobníku } V = 0,147 \text{ m}^3$$

$$\text{rozdiel teplôt } t_2 - t_1: t_1 = 30\text{ °C}, t_2 = 70\text{ °C}, t = 40\text{ °C}$$

$$Q_{\text{spotr}} = 6,75 \text{ kWh}$$

- hodnoty H_d z tabuľky (2.1) sú vynásobené účinnosťou a označené ako R_h

$$R_h = H_d \cdot \eta \quad \text{kde: konkrétna účinnosť } \eta \text{ [%]}$$

- celková plocha kolektorov

$$C_p = Q_{\text{spotr}} / R_h \text{ [m}^2\text{]}$$

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rh (kWh/m ²)	0,78	1,45	2,45	3,62	3,84	3,93	3,81	3,62	2,77	1,84	0,99	0,76
Cp (m ²)	8,610	4,658	2,755	1,865	1,760	1,719	1,773	1,865	2,435	3,666	6,791	8,847
De (kWh)	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75

Tabuľka 2.4 Hodnoty pre plochý kolektor, absorbér - hliníková zliatina s účinnosťou 70 %

S výpočtu celkovej plochy kolektorov a z tabuľky (2.4) možno vyčítať, že pre fungovanie 3-člennej rodiny v rodinnom dome by stačil fototermický systém s plochou približne 2m² aby zabezpečil množstvo energie potrebnej k ohrevu vody pri jej skutočnej spotrebe.

2.2.3 Fotovoltaický systém – výpočet

Pri výpočte fotovoltaického systému uvažujeme rovnako ako pri fototermickom systéme s použitím hodnôt z výpočtového modelu PVGIS a vychádzaním so skutočnej spotreby vody 3-člennej rodiny v rodinnom dome.

Výpočet celkovej plochy kolektorov pre ohrev vody pri skutočnej spotrebe

Obdobie: od Apríla do Septembra

Spotreba vody: 3 osoby v rodinnom dome

Teploty ohrevu vody: z t₁ = 30 °C na t₂ = 70 °C

- teplotu t₁ uvažujeme 30 °C z dôvodu udržania sa teploty v zásobníku

- množstvo vody: 1 osoba = 35 l

3 osoby = 105 l

- vo výpočte uvažujeme s 2-dennou spotrebou vody (koeficient súčasnosti k = 0,7)

- Koeficient súčasnosti zavádzame z dôvodu nevyčerpania daného množstva vody pre jednotlivé osoby v jednom dni a z dôvodu nepriaznivého počasia v jednom z dvoch uvažovaných dňoch spotreby vody

- celkové množstvo vody V = 0,7 · 2 · 105 = 147 l

Riešenie:

- denná spotreba tepla pre ohrev úžitkovej vody

$Q_{\text{spotr}} = c_w \cdot q_w \cdot V \cdot (t_2 - t_1)$ [J] kde: merná tepelná kapacita vody c_w = 4180 J/kgK
hustota vody pri teplote (50 °C) q_w = 988,04 kg/m³

$Q_{\text{spotr}} = 24284442$ J objem zásobníku V = 0,147 m³
= 6745,678 Wh rozdiel teplôt t₂-t₁: t₁ = 30 °C, t₂ = 70 °C, t = 40 °C

Q_{spotr} = 6,75 kWh

- hodnoty Hd z tabuľky (2.1) sú vynásobené účinnosťou a označené ako Rh

Rh = Hd · η kde: konkrétna účinnosť η [%]

- celková plocha kolektorov

$$C_p = Q_{\text{spotr}}/R_h \text{ [m}^2\text{]}$$

U fotovoltaických panelov máme možnosť výberu pri dimenzovaní s viacerými možnými výrobnými prevedeniami, ktoré každá z nich má svoju danú účinnosť. Preto sú v nasledujúcich tabuľkách (2.5 až 2.7) spracované hodnoty pre jednotlivé druhy panelov s ich reálnymi účinnosťami, uvádzanými výrobcami a literatúrou. Typy fotovoltaických panelov:

- Monokryštalický článok, účinnosť 11-16 %, počítané s 13 %
- Polykryštalický článok, účinnosť 10-15 %, počítané s 12 %
- Amorfný článok, účinnosť 4-7 %, počítané s 5 % [20]

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rh (kWh/m ²)	0,15	0,27	0,46	0,67	0,71	0,73	0,71	0,67	0,51	0,34	0,18	0,14
Cp (m ²)	46,360	25,084	14,835	10,043	9,475	9,255	9,545	10,043	13,112	19,743	36,566	47,636
De (kWh)	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75

Tabuľka 2.5 Hodnoty pre Monokryštalický článok s účinnosťou 13 %

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rh (kWh/m ²)	0,13	0,25	0,42	0,62	0,66	0,67	0,65	0,62	0,48	0,32	0,17	0,13
Cp (m ²)	50,223	27,174	16,071	10,880	10,265	10,027	10,340	10,880	14,205	21,388	39,613	51,606
De (kWh)	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75

Tabuľka 2.6 Hodnoty pre Polykryštalický článok s účinnosťou 12 %

Mesiac	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rh (kWh/m ²)	0,06	0,10	0,18	0,26	0,27	0,28	0,27	0,26	0,20	0,13	0,07	0,05
Cp (m ²)	120,536	65,217	38,571	26,112	24,635	24,064	24,816	26,112	34,091	51,331	95,070	123,853
De (kWh)	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75

Tabuľka 2.7 Hodnoty pre Amorfný článok s účinnosťou 5 %

Pre výhodnú inštaláciu na rodinný dom s hľadiska inštalovanej plochy panelov podľa jednotlivých výsledkov vyplýva, že ideálny výber bude medzi Monokryštalickými alebo Polykryštalickými panelmi.

2.2.4 Konkrétne prvky pre realizáciu navrhnutého systému

Vytvorený fotovoltaický systém, ktorý spĺňa podmienky pozostáva so základných častí:

- 8 x Polykryštalický článok Schutten 240 Wp
- Kompletná zostava na uchytenie FV panelov - hliníková konštrukcia

- Ohrievač vody (Družstevní závody Dražice) LX ACDC/M+K 160 A,B,C
- MPPT Tracker + menič 2 kW
- Elektroinštalácia

2.2.5 Fotodokumentácia



Obr. 2.11 Fotovoltaický panel Schutten 240 Wp [21]



Obr. 2.12 MPPT Tracker + menič 2 kW [22]



Obr. 2.13 Kompletná zostava na uchytenie FV panelov [23]



Obr. 2.14 Ohrievač vody (Družstevní závody Dražice) LX ACDC/M+K 160 A,B,C [24]

3 ZHODNOTENIE SYSTÉMOV A ICH VHODNOSŤ

3.1 Porovnanie fototerického a fotovoltaického systému

Nový vytvorený fotovoltaický systém bol navrhnutý podľa reálneho a funkčného fototerického systému s využitím údajov slnečného žiarenia pre konkrétne miesto a konkrétny rodinný dom. Fotovoltaický systém bol vytvorený za účelom náhrady za už stávajúci fototerický systém, no oba systémy majú svoje odlišnosti a to po stránke komponentov, čiže tu vnika výrazný a viditeľný rozdiel. Zároveň z toho vyplýva aj náročnosť na udržanie si bezporuchovej prevádzky jednotlivých komponentov, kde pri fototerickom systéme je pravdepodobnosť výskytu poruchy vyššia, z dôvodu spomínaného väčšieho počtu komponentov a ich vyššej náročnosti na funkciu. Ďalšou dôležitou časťou je údržba a chod systému, kde je náročnosť jednoznačne na strane fototerického systému. To ovplyvňuje možnosti inštalácie jednotlivých systémov a asi to najdôležitejšie a to finančnú stránku, čiže cenu jednotlivého systému, ktorá sa líši v závislosti od množstva a druhov komponentov u oboch to systémom. V kapitole (3.1.1) je uvedená porovnávací tabuľka, kde sú uvedené druhy komponentov pre jednotlivý systém, ich potreba v systéme a cenová relácia daného komponentu.

3.1.1 Porovnávací tabuľka komponent systémov

	Fototerický systém		Fotovoltaický systém	
Druh komponenty:	Obsahuje:	Cena:	Obsahuje:	Cena:
Kolektor	ÁNO 1 x solárny kolektor Heliostar 320 N2L	1 x 14310 = 14310 Kč (530 €)	ÁNO 8 x Polykrystalický článok Schutten	8 x 4830 = 38640 Kč (1432 €)
Konštrukcia	ÁNO Hliníková konštrukcia	7500 Kč (278 €)	ÁNO Hliníková konštrukcia	9450 Kč (350 €)
Ohrievač vody	ÁNO TS-T 300/2	24300 Kč (900 €)	ÁNO LX ACDC/M+K 160 A.B.C	17101 Kč (634 €)
Expanzná nádob	ÁNO Expanzná nádob 18l, 6bar	945 Kč (35 €)	NIE	
Obehové čerpadlo	ÁNO Čerpadlová jednotka	1350 Kč (50 €)	NIE	
Riadiaca jednotka	ÁNO Riadiaca jednotka DC11	7290 Kč (270 €)	ÁNO MPPT Tracker + menič 2kW	5990 Kč (222 €)
Elektroinštalácia	ÁNO	4050 Kč (150 €)	ÁNO	6750 Kč (250 €)
Vodoinštalatérsky materiál	ÁNO Materiál + tepelné obloženie	13500 Kč (500 €)	NIE	
Teplosná kvapalina	ÁNO Solaren 35l	2295 Kč (85€)	NIE	
Montáž	ÁNO Kompletizácia systému	12150 Kč (450 €)	ÁNO Kompletizácia systému	5400 Kč (200 €)
Celková cena: (1 € = 27 Kč)		87696 Kč (3248 €)		83376 Kč (3088 €)

3.2 Vyhodnotenie vytvoreného fotovoltaického systému

Vytvorený fotovoltaický systém bol navrhnutý tak, aby plne nahradil už stávajúci nainštalovaný fototermický systém. Ten bol nainštalovaný na rodinnom dome firmou, ktorá ho navrhla správne po technickej a funkčnej stránke pre zabezpečenie správneho fungovania na danom mieste a pre dané podmienky. Fototermický systém je však predimenzovaný čo sa týka stránky využitia a spotreby teplej vody z hľadiska jej spotrebiteľov, približne o 1/2 čo nám dokázali aj jednotlivé výpočty v kapitole (2.2), v ktorej sú prevedené výpočty pre uvažovanú maximálnu a reálnu spotrebu v konkrétnej domácnosti pre konkrétny systém. Preto bola vykonaná redukcia, kde už následne vytvorený fotovoltaický systém uvažuje reálnu spotrebu vody v domácnosti. Nový systém je plnohodnotnou náhradou už fungujúceho a je nadimenzovaný pre zabezpečenie požadovaného množstva teplej vody.

3.2.1 Parametre

Vytvorený fotovoltaický systém pozostáva z jednotlivých spomínaných častí: Polykryštalický článok Schutten 240 Wp v počte 8 kusov, kompletná zostava na uchytenie FV panelov - hliníková konštrukcia, ohrievač vody (Družstevní závody Dražice) LX ACDC/M+K 160 A,B,C, MPPT Tracker + menič 2 kW a elektroinštalácia.

Konkrétny fotovoltaický článok Schutten:

Rozmery (D x Š x V) 1640 x 992 x 40 mm

Hmotnosť 19,50 kg

Menovitý výkon 240 W

Napätie pri max. výkone 29,8 V

Prúd v pri max. výkone 8,05 A

Napätie naprázdno 36,9 V

Skratový prúd 8,65 A

Technológia modulu - polykryštalická

Pri zostavení bolo vychádzané s výpočtov spotreby vody a celkovej plochy pre fotovoltaický systém v kapitole (2.2). Následne hodnoty pre konečnú plochu polykryštalických panelov pre funkčné obdobie od apríla do septembra sú rovné výslednej ploche približne 11 m², kde jednotlivé hodnoty pre daný mesiac sú uvedené v tabuľke (2.6). Funkčná plocha 1 panelu Schutten, ktorá je určená na dopad slnečného žiarenia a jeho premenu je približne 1,5 m², z čoho vychádzame a pre konkrétny systém je následne potreba celkový počet 8 kusov. Tento počet panelov je schopný plnohodnotne dodať potrebné množstvo energie na ohrev vody pri reálnej spotrebe pre konkrétny rodinný dom.

3.2.2 Cenová relácia

Zostava:

- | | | |
|------------------------------|----------|----------|
| • 8 x Polykryštalický článok | 38640 Kč | (1432 €) |
| • Hliníková konštrukcia | 9450 Kč | (350 €) |

• Ohrievač vody (DZD)	17101 Kč	(634 €)
• MPPT Tracker + menič 2kW	5990 Kč	(222 €)
• Elektroinštalácia	6750 Kč	(250 €)
• Montáž	<u>5400 Kč</u>	<u>(200 €)</u>

Celková cena: 83376 Kč (3088 €)

Celková cena fotovoltaického systému aj s uvažovanou cenou montáže pre konkrétny prípad rodinného domu a s danými podmienkami slnečného svitu a spotrebu energie je 83376 Kč čo je približne 3088 € pri uvažovanom prepočtovom kurze (1 € = 27 Kč).

3.3 Odporúčenie správnej voľby systému

Po zosumarizovaní všetkých zistených informácií ohľadom oboch solárnych systémov určených k ohrevu vody a s jednotlivých výpočtových výsledkov realizovaných pre oba systémy, s ktorých fototermický je reálne nainštalovaný na rodinnom dome a fotovoltaický je vytvorený imaginárne na základe parametrov už spomínaného fototermického systému vyplýva, že oba systémy spĺňajú všetky podmienky pre zaistenie prevádzky a naplnenia svojej funkčnej podstaty. Inštalovaný fototermický systém je predimenzovaný z technického hľadiska, a s výsledkov vyplýva, že by na splnenie svojej funkcie v konkrétnom prípade stačil iba polovičný systém, čo by sa samozrejme odrazilo aj na cene, za ktorú bol daný systém zakúpený a nainštalovaný. Fotovoltaický systém, ktorý bol navrhnutý pre reálnu spotrebu a konkrétne podmienky v rodinnom dome je schopný podľa výpočtov plnohodnotnej náhrady stávajúceho systému v celom rozsahu. Samozrejme nemôžeme zabúdať ani na jednotlivé rozdiely v technickej stránke oboch systémov, respektíve ich výhody a nevýhody, kde sú odlišnosti v náročnosti na inštaláciu, daných komponentoch, poprípade v priestorovej využiteľnosti a na jednotlivé prevedenia systémov, ktoré následne ovplyvňujú výslednú cenovú reláciu. Pri zvážení všetkých faktov je vhodnou voľbou, s pohľadom na dnešnú dobu a veľký rozvoj fotovoltaiky, fotovoltaický systém, ktorý má predsa len viac kladných vlastností a je menej náročný pre údržbu a jeho prevádzku a samozrejme v posledných rokoch menej cenovo náročný.

ZÁVER

Hlavnou témou tejto práce bolo porovnanie fototermického spôsobu ohrevu vody nainštalovanom na rodinnom dome v porovnaní s vytvoreným fotovoltaickým systémom pri uvažovaní požiadaviek a s využitím konkrétnych údajov a hodnôt pre konkrétny rodinný dom. Fototermický systém, ktorý bol nainštalovaný v rodinnom dome bol firmou navrhnutý správne pre zabezpečenie funkcie ohrevu vody na danom mieste. Pri danom návrhu sa počítalo s ohrevom vody v objeme 300 l, čo predstavuje 20,7 kWh spotrebovanej energie. Výsledná plocha kolektorov následne vyšla 5,75 m² čo približne aj sedí s návrhom a inštaláciou firmy, ktorá na rodinný dom navrhla systém s plochou kolektorov 5,31 m². Tento návrh však podľa výpočtov a reálnej spotreby teplej vody obyvateľmi rodinného domu ukazuje, že systém je zbytočne predimenzovaný a pre zabezpečenie množstva energie na ohrev vody by postačoval iba polovičný systém z hľadiska objemu vody v zásobníku. Z tohto dôvodu bola spravená redukcia a vytvorený fotovoltaický systém bol navrhnutý podľa reálnych údajov o spotrebe v domácnosti a s využitím dát o dopade slnečného žiarenia na konkrétny rodinný dom. Tá uvažuje objem vody 147 l, čo predstavuje 6,75 kWh spotrebovanej energie. Výsledná plocha má hodnotu 1,875 m², z čoho vyplýva, že na ohrev vody v rodinnom dome obývaným trojčlennou rodinou by postačil fototermický systém s plochou kolektorov s účinnosťou 70 % približne 2 m².

Vytvorený fotovoltaický systém bol navrhnutý podľa redukcie a pracuje s rovnakými hodnotami ako pri fototermickom systéme. Výsledná plocha má veľkosť 1,875 m² pri 100 % účinnosti panelov. Pri uvažovaní konkrétnej účinnosti pre daný druh panelov následne vychádza hodnota plochy panelov približne 10 m² pre monokryštalický článok s účinnosťou 13 %, 11 m² pre polykryštalický článok s účinnosťou 12 % a 25 m² pre amorfný článok s účinnosťou 5 %. Uvažovaná veľkosť plochy je pre pracovné obdobie od apríla do septembra, kedy uvažujeme priaznivé meteorologické podmienky v závislosti na oblasti strednej Európy.

Podľa všetkých výsledkov a s využitím výpočtového modelu PVGIS bol nakoniec vytvorený a zostavený fotovoltaický systém, ktorý sa skladá z konkrétnych komponentov tak, aby bol schopný nahradiť stávajúci fototermický a zabezpečiť tak potrebné množstvo energie pre ohrev vody v danom rodinnom dome. Podrobnejší odhad výkonu systému pre celý typický klimatický rok by bolo možné urobiť iba na základe simulácie dynamického chovania systému. Takáto štúdia by mohla byť zaujímavým námetom pre tému diplomovej práce.

Následne bolo vykonané aj finančné porovnanie jednotlivých systémov, s ktorých vyplýva, že vhodná voľba pre rodinný dom je fotovoltaický systém. Ten prevažuje nie len po finančnej stránke, ale aj po stránke náročnosti na inštaláciu, množstve komponentov, samotnej údržbe a náročnosti na prevádzku.

Veľký rozvoj v oblasti produkcie PV panelov v posledných rokoch otvoril mnoho oblastí, kde možno fotovoltaiku využiť ako zdroj energie. Ich relatívne nízke ceny a postupné zdokonaľovanie po technickej stránke nám do budúcnosti prinesie pravdepodobne priaznivé výsledky. Tie by mohli napomôcť k zmierneniu negatívneho dopadu ľudskej činnosti na životné prostredie a tým aj ochrániť toto prostredie, ktoré nás obklopuje a je neodmysliteľnou podmienkou pre náš život.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] MACINSKÁ, Jana. *Teplá voda bez kompromisov* [online]. 2013 [cit. 2014-03-05]. Dostupný z: <http://mojdom.zoznam.sk/cl/10027/1338248/Tepla-voda-bez-kompromisov>
- [2] SIEA/ERDF. *Ako v domácnosti spotrebu tepla na vykurovanie a ohrev vody* [online]. 2013 [cit. 2014-02-05]. Dostupný z: <http://www.siea.sk/letaky/c-4595/ako-v-domacnosti-znizit-spotrebu-tepla-na-vykurovanie-a-ohrev-vody/>
- [3] KOSTOLNÁ, Mária. *Technologické zariadenia nízkoenergetických a pasívnych domov* 1.vyd. Bratislava: Antar, 2009, 112 s. ISBN 978-80-970039-0-4.
- [4] KOUBKOVÁ, Ilona. *Spotřeba vody v bytových domech v kontextu modernizace bytových jader* [online]. [cit. 2014-03-06]. Dostupný z: <http://www.tzb-info.cz/3767-spotreba-vody-v-bytovych-domech-v-kontextu-modernizace-bytovych-jader>
- [5] *TZB HAUSTECHNIK: Solárne chladenie v budovách s využitím slnečnej energie*. Bratislava: JAGA GROUP, s.r.o., 2013, roč. 2013, č. 3. ISSN 1210-356X.
- [6] KUSALA, Jaroslav. *Solární energie* [online]. 2006 [cit. 2014-03-07]. Dostupný z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/solar.htm>
- [7] CIHELKA, Jaromír. *Solární tepelná technika* 1.vyd. Praha: Nakladatelství T. Malina, 1994, 208 s. ISBN 80-900759-5-9
- [8] *Fototermika* [online]. 2003-2009 [cit. 2014-03-08]. Dostupný z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fototermika>
- [9] *Fotovoltaika pro každého* [online]. 2003-2009 [cit. 2014-03-08]. Dostupný z: <http://www.czrea.org/cs/druhy-oze/fotovoltaika>
- [10] LADENER, Heinz a Frank SPÄTE. *Solární zařízení* 1.vyd. Praha: Grada Publishing a.s., 2003, 268s. ISBN 80-247-0362-9
- [11] ENERGOPORTÁL. *Energia zo slnka* [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupný z: <http://www.priateliazeme.sk/cepa/eportal/energiaslnka>
- [12] ŠOUREK, Bořivoj. *Přímé využití sluneční energie – systémy využívající fototermální kapalinové kolektory I* [online]. 2010 [cit. 2014-03-10]. Dostupný z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/6518-prime-vyuziti-slunecni-energie-systemy-vyuzivajici-fototermalni-kapalinove-kolektory-i>
- [13] WOLF, Petr a Benda VÍŤEZSLAV. *Optimalizace fotovoltaického systému pro přípravu teplé vody* [online]. 2013 [cit. 2014-03-15]. Dostupný z: <http://elektro.tzb-info.cz/teorie-elektrotechnika/10697-optimalizace-fotovoltaickeho-systemu-pro-pripravu-teple-vody>
- [14] WOLF, Petr a Benda VÍŤEZSLAV. *ČVUT Praha: Fotovoltaický systém pro přípravu teplé užitkové vody* [online]. 2014 [cit. 2014-03-20]. Dostupný z: <http://www.solarninovinky.cz/?zpravy/2014030602/cvut-praha-fotovoltaicky-system-pro-pripravu-teple-uzitkove-vody>

- [15] SRDEČNÝ, Karel. *Solární termické systémy – slepá vývojová větev?* [online]. 2013 [cit. 2014-03-20]. Dostupný z: <http://oze.tzb-info.cz/10475-solarni-termicke-systemy-slepa-vyvojova-vetev>
- [16] BECHNÍK, Bronislav. *Příprava teplé vody - fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory?* [online]. 2013 [cit. 2014-03-20]. Dostupný z: <http://voda.tzb-info.cz/priprava-teple-vody/10453-priprava-teple-vody-fotovoltaika-nebo-solarni-tepelne-kolektory>
- [17] EUROPEAN COMMISSION-MEMO /13/497. *Oznam: EÚ uložila dočasné antidumpingové clá na čínske solárne panely* [online]. 2013 [cit. 2014-03-20]. Dostupný z: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-13-497_sk.htm
- [18] THERMO/SOLAR. *Solárne systémy HELIOSTAR – Návod na projektovanie, montáž, obsluhu a údržbu* [online]. 2010 [cit. 2014-03-25] Dostupný z: <http://www.thermosolar.sk/?run=content&id=19>
- [19] SRDEČNÝ, Karel. *Fotovoltaika v budovách - dosavadní zkušenosti probudoucí rozvoj* 1.vyd. Praha: Nakladatelství EkoWATT, centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, 2009, 40 s. ISBN 978-80-87333-04-4
- [20] HASELHUHN, Ralf. *Fotovoltaika – budovy jako zdroj proudu* 1.vyd. Ostrava: Nakladatelství HEL, 2010, 176 s. ISBN 978-80-86167-33-6
- [21] MYPOWER.CZ. *Fotovoltaický panel Schutten 240Wp* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupný z: <http://shop.mypower.cz/fotovoltaick-panel-schutten-240wp-1364#.U0bKWkaKApA>
- [22] MYPOWER.CZ. *MPPT Tracker + menič 2kW* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupný z: <http://shop.mypower.cz/mppt-tracker-m-ni-2kw-2255#.U0bJ0kaKApB>
- [23] MYPOWER.CZ. *Kompletní sada pro uchycení 12 FV panelů* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupný z: <http://shop.mypower.cz/kompletn-sada-pro-uchycen-12-fv-panel-1033#.U0bOo0aKApA>
- [24] DRAŽICE. *Fotovoltaické ohřívače vody - bojlerů* [online]. [cit. 2014-03-28]. Dostupný z: <http://www.dzd.cz/cs/ohrivace-vody-bojlery/fotovoltaicke-ohrivace-vody>

ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV

Symbol	Jednotka	Veličina
c_w	J/kgK	Merná tepelná kapacita vody
q_w	kg/m ³	Hustota vody pri strednej teplote
V	m ³	Objem zásobníku
t_2	°C	Horná hodnota teploty vody (teplá voda)
t_1	°C	Spodná hodnota teploty vody (studená voda)
Qspotr	kWh	Denná spotreba tepla
Qden	kWh/m ²	Energia zachytená plochou 1 m ² za deň
P	-	Tepelné straty
S	m ²	Plocha kolektorov
Ed	kWh	Priemerná denná produkcia elektrickej energie daná systémom
Em	kWh	Priemerná mesačná produkcia elektrickej energie daná systémom
Hd	kWh/m ²	Priemerné denné ožiarenie na meter štvorcový prijaté modulmi
Hm	kWh/m ²	Priemerná mesačná hodnota ožiarenia na meter štvorcový prijatá modulmi
Rh	kWh/m ²	Reálna hodnota Hd pri účinnosti
Cp	m ²	Celková plocha panelov
De	kWh	Dodaná energia - kontrolný výpočet
TÚV	-	Teplá úžitková voda
PVGIS	-	Program Photovoltaic Geographical Information System
FV	-	(photothermics) Fototermické panely
PV	-	(photovoltaics) Fotovoltaické panely

ZOZNAM OBRÁZKOV

- Obr. 1.1 Spotreba energie v byte
- Obr. 1.2 Spotreba energie v dome
- Obr. 1.3 Celková denná spotreba vody
- Obr. 1.4 Slnéčné žiarenie ako druh energie
- Obr. 1.5 Rozdelenie využitia slnečného žiarenia
- Obr. 1.6 Ukážky pasívneho využitia slnečného žiarenia (1) Záhradný skleník (2) Presklená fasáda domu (3) Presklená južná fasáda domu [6]
- Obr. 1.7 Ukážky aktívneho využitia slnečného žiarenia (1) Fotovoltaické panely na streche (2) Zásobník teplej vody (3) Jednookruhový solárny systém
- Obr. 1.8 Plochý kvapalinový kolektor
- Obr. 1.9 Správna orientácia a sklon kolektorov
- Obr. 1.10 Princíp fotovoltaického článku
- Obr. 1.11 Fotovoltaický článok
- Obr. 1.12 Princíp fototermitického systému pre ohrev vody
- Obr. 1.13 Princíp fotovoltaického systému pre ohrev vody
- Obr. 1.14 Ceny fotovoltaických panelov na spotovom trhu (pvXchange)
- Obr. 2.1 Technické údaje
- Obr. 2.2 Pohľad na rodinný dom z ulice
- Obr. 2.3 Satelitný pohľad na rodinný dom
- Obr. 2.4 Fototermitické kolektory na streche rodinného domu
- Obr. 2.5 Pohľad na fototermitické kolektory z ulice pred rodinným domom
- Obr. 2.6 Pohľad na vybavenie technickej miestnosti rodinného domu (vpravo plynový kotol)
- Obr. 2.7 Jednotlivé rozvody vody a teplotosnej kvapaliny
- Obr. 2.8 Ohrievač vody (bojler) TS-T 300/2
- Obr. 2.9 Riadiaca jednotka DC11
- Obr. 2.10 Priemerné denné ožiarenie na meter štvorcový prijaté modulmi
- Obr. 2.11 Fotovoltaický panel Schutten 240 Wp
- Obr. 2.12 MPPT Tracker + menič 2 kW
- Obr. 2.13 Kompletná zostava na uchytenie FV panelov
- Obr. 2.14 Ohrievač vody (Družstevní závody Dražice) LX ACDC/M+K 160 A,B,C

ZOZNAM TABULIEK

- Tabuľka 1.1 Rozdelenie dennej spotreby vody
- Tabuľka 2.1 Výsledné Hodnoty elektrickej energie a slnečného ožiarenia
- Tabuľka 2.2 Hodnoty pre plochý kolektor, absorbér - hliníková zliatina s účinnosťou 70 %
- Tabuľka 2.3 Skutočná spotreba vody v rodinnom dome na 1 osobu za deň
- Tabuľka 2.4 Hodnoty pre plochý kolektor, absorbér - hliníková zliatina s účinnosťou 70 %
- Tabuľka 2.5 Hodnoty pre Monokryštalický článok s účinnosťou 13 %
- Tabuľka 2.6 Hodnoty pre Polykryštalický článok s účinnosťou 12 %
- Tabuľka 2.7 Hodnoty pre Amorfný článok s účinnosťou 5 %

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha č.1. Výstup s hodnotami výpočtového modelu PVGIS

PRÍLOHY

Výstup s hodnotami výpočtového modelu PVGIS



EUROPEAN COMMISSION

Photovoltaic Geographical Information System

European Commission
Joint Research Centre
Ispra, Italy

Performance of Grid-connected PV

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 48°40'29" North, 17°20'47" East, Elevation: 195 m a.s.l.
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.9% (using local ambient temperature)
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.0%
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%
Combined PV system losses: 23.2%

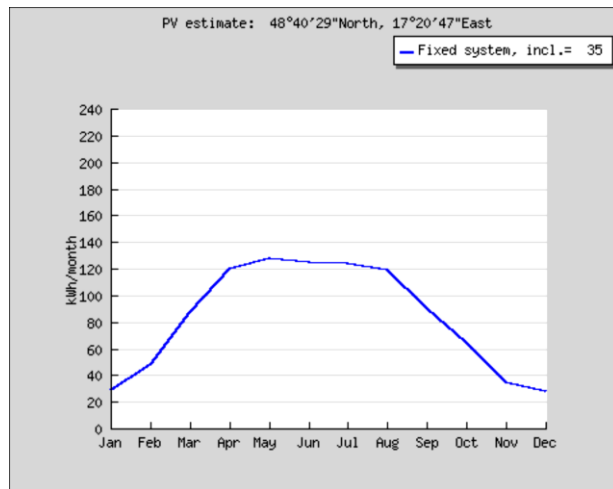
Fixed system: inclination=35 deg., orientation=-40 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	0.94	29.1	1.12	34.6
Feb	1.71	47.9	2.07	57.9
Mar	2.81	87.1	3.50	109
Apr	3.99	120	5.17	155
May	4.11	127	5.48	170
Jun	4.15	125	5.61	168
Jul	4.00	124	5.44	169
Aug	3.83	119	5.17	160
Sep	3.01	90.4	3.96	119
Oct	2.07	64.2	2.63	81.5
Nov	1.16	34.8	1.42	42.7
Dec	0.91	28.2	1.09	33.8
Year	2.73	83.0	3.56	108
Total for year		996		1300

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

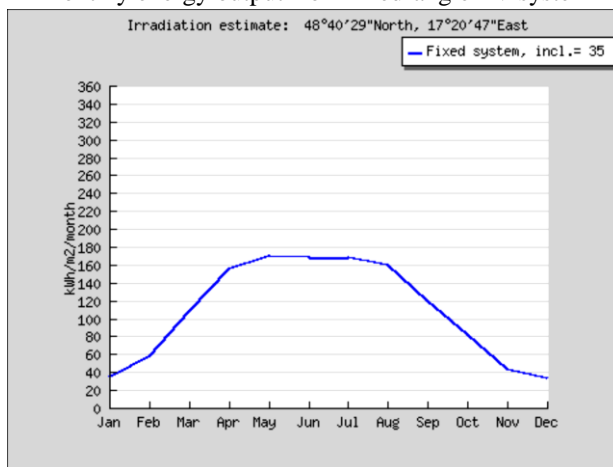
Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

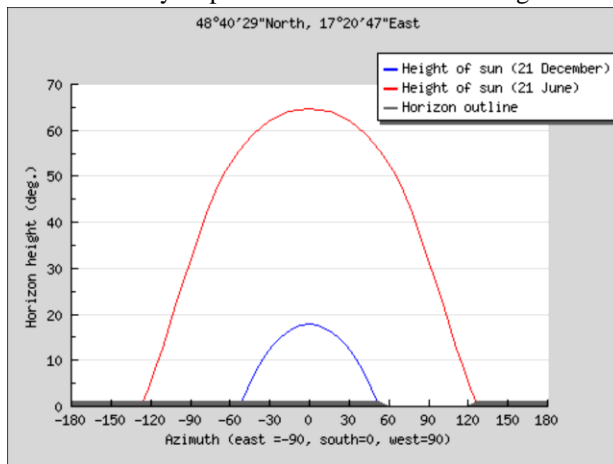
Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



Monthly energy output from fixed-angle PV system



Monthly in-plane irradiation for fixed angle



Outline of horizon with sun path for winter and summer solstice

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:
 The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.
 This information is:
 - of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
 - not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
 - not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).
 Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.