

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука

Саша Д. Лукић

**КОРИШЋЕЊЕ RETSCREEN СОФТВЕРА ЗА АНАЛИЗУ
ГРЕЈАЊА ВОДЕ У СТАМБЕНОМ ОБЈЕКТУ СОЛАРНИМ
КОЛЕКТОРИМА**

мастер рад

Крагујевац, 2012.

Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Обновљиви извори енергије 1

Број индекса: 326/2010

Саша Д. Лукић

**КОРИШЋЕЊЕ RETSCREEN СОФТВЕРА ЗА АНАЛИЗУ
ГРЕЈАЊА ВОДЕ У СТАМБЕНОМ ОБЈЕКТУ СОЛАРНИМ
КОЛЕКТОРИМА**

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Вања Шуштершич, ванр.проф. - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог рада кандидат треба да да преглед коришћења соларних колектора и да на конкретном примеру једног домаћинства испита могућност инсталације соларних колектора за грејање потрошне топле воде. Уједно, неопходно је да у софтверском пакету RETScreen уради техно-економску анализу.

Препоручена литература:

- [1] Lukić N., Babić M.: „*Solarna Energija*“, Mašinski fakultet, 2008
- [2] Luis Castaner, Santiago Silvestre: „*Modelling Photovoltaic Systems using PSpice*“, Universidad Politecnica de Cataluna, Barcelona, 2002.
- [3] Карловић Иван: „Моделирање производње електричне енергије из енергије сунца“, дипломски рад, Факултет електротехнике и рачунарства, Свеучилиште у Загребу, 2008

Крагујевац, 22.06.2012.

ментор:

Др Вања Шуштершич, ванр. проф.

Резиме

У овом раду описане су врсте соларних колектора као и њихова примена за загревање воде на стамбеном објекту у Ждраљници. Дати су детаљни подаци о климатским условима за Крагујевац, као и подаци о објекту над којим је вршена анализа. Уз помоћ софтверског пакета RETScreen урађена је финансијска и еколошка анализа примене ове врсте обновљивих извора енергије за загревање воде.

Кључне речи: обновљиви извори енергије, соларна енергија, соларни колектори, RETScreen

Abstract

This paper describes the types of solar collectors and their application to heat water in a residential facility in Ždraljica. Featuring a detailed look at climate for Kragujevac, and the data on the object over which the analysis was performed. With the help of RETScreen software package performed the financial and environmental analysis of this type of renewable energy to heat water.

Keywords: renewable energy, solar energy, solar collectors, RETScreen

Садржај

1. Увод.....	7
2. Сунце.....	8
2.1. Физичке карактеристике	9
3. Соларна енергија.....	10
3.1. Анализа сунчевог зрачења	11
3.2. Сунчево зрачење на површини Земље	11
3.3. Спектри сунчевог зрачења	16
3.3.1. Стандардни АМ1,5 спектар сунчевог зрачења.....	17
3.3.2. Стандардни АМ0 спектар и његово поређење са спектром зрачења црног тела.....	18
4. Одређивање положаја Сунца	22
4.1. Сунчено зрачење на хоризонталну површину	25
4.2. Сунчево зрачење на нагнуту површину.....	26
5. Коришћење Сунчеве енергије.....	27
6. Соларни системи	28
6.1. Пасивни соларни систем	28
6.2. Активни соларни системи	29
7. Подела пријемника соларне енергије.....	33
7.1. Соларни колектори	33
7.2. Незастакљени, водени соларни колектори	35
7.3. Равни, водени, застакљени соларни колектори.....	35
7.4. Бојлерски водени соларни колектори	36
7.5. Вакуумски водени соларни колектори.....	37
7.6. Апсорпција Сунчевог зрачења у соларном колектору	38
7.6.1. Апсорбер.....	40
7.6.2. Покривне плоче соларних колектора	40
7.6.3. Термоизолација	40
7.7. Инсталација соларних панела	41
7.7.1. Постављање колектора	42
7.7.2. Количина топлоте потребна за загревање воде.....	42
7.7.3. Максимална снага соларног система (колектора и бојлера).....	43
7.7.4. Површина измењивача топлоте.....	43
7.7.5. Проток течности.....	43

7.7.6.	Тестирање равних колектора	44
7.7.7.	Услови за одређивање тренутне ефикасности колектора	44
7.7.8.	Одређивање тренутне ефикасности колектора	45
7.7.9.	Одређивање дневне ефикасности соларног система са равним колекторима.....	46
8.	Прорачун потребног броја соларних колектора.....	47
9.	Објекат над којим је вршена анализа	50
10.	Основне климатске карактеристике на територији Србије.....	53
11.	RETScreen	55
11.1.	Увод у програм RETScreen	55
11.2.	Унос података у програм.....	57
11.2.1.	Почетна страна	57
11.2.2.	Енергетски модел (Energy Model)	60
11.2.3.	Анализа трошкова (Cost Analysis).....	62
11.2.4.	Анализа емисије (Emission Analysis).....	63
11.2.5.	Анализа финансија (Financial Analysis)	64
12.	Спецификација материјала.....	67
ЗАКЉУЧАК		69
ЛИТЕРАТУРА.....		70

1. Увод

Цена сирове нафте која је премашила 120 долара по барелу, стално поскупљење природног гаса и све скупља електрична енергија само су врх леденог брега светске енергетске кризе у којој су мале земље, попут Србије, колатерална штета глобалних енергетских вођа који диктирају правила и одлучују колико ће коме припасти од “енергетског колача”. Да би се ослободили зависности енергије фосилних горива многе земље се оријентишу ка алтернативним изворима енергије, посебно ка Сунчевој енергији.

Практично сва енергија, коју човек користи, осим нуклеарне и геотермалне, потиче од Сунца. Термоелектране, возила, па и животиње биљоједи користе енергију Сунца, коју су биљке фотосинтезом претвориле у хемијску. Ветар, који данас све више и више користе као извор енергије, постоји због Сунчеве енергије, која се у атмосфери претвара у кинетичку.

Сунце је нама најближа звезда те, непосредно или посредно, извор готово све расположиве енергије на Земљи. Ова се енергија у виду светлости и топлоте шири у свемиру, па тако један мали део долази и до Земље. Сунчева енергија је бесплатан и било где доступан извор енергије. Ову енергију користимо одувек и свакодневно, а да тога најчешће нисмо ни свесни. Поред традиционалног коришћења, данас се енергија сунчевог зрачења најчешће користи на следећа два начина:

- Соларни колектори – системи који претварају сунчеву енергију у топлотну енергију воде (или неке друге течности). Системи за грејање воде могу бити отворени, у којима вода коју треба загрејати пролази директно кроз колектор, или затворени, где колектор представља измењивач топлоте.
- Фотонапонски системи – на принципу фотонапонског ефекта директно претварају сунчеву енергију у електричну. Фотонапонски системи се могу користити као самостални или додатни извори енергије. Као самостални извори енергије користе се за напајање потрошача који немају приступ електроенергетској мрежи, нпр. пловни објекти, сателити, мање куће у планинским пределима и сл. Као додатни извор енергије, фотонапонски системи могу да раде у комбинацији са електроенергетском мрежом у циљу уштеде електричне енергије.

Сунчева енергија је бесплатна, али уређаји који претварају сунчеву енергију у друге видове енергије нису. Трошкови одржавања и погона су мали, али је цена уређаја релативно висока и време повратка инвестиције релативно дуго.

2. Сунце



Слика 1. Сунце

Сунце (слика 1) је средишња звезда Сунчевог система око које кружи 8 планета и њихови сателити, 5 патуљастих планета, астероиди, комете, метеори и честице космичке прашине. У Сунцу се налази око 99,8 % масе Сунчевог система. Енергија Сунца у виду сунчеве светлости омогућава живот на Земљи путем процеса фотосинтезе и утиче на климу и време на Земљи.

Сунце се састоји од водоника (око 74% његове масе или 92% његове запремине), хелијума (око 24% масе и 7 % запремине) и мале количине осталих елемената, укључујући гвожђе, никл, кисеоник, силицијум, сумпор, магнезијум, угљеник, неон, калцијум и хром.

Сунце припада спектралној класи G2V. G2 означава да је температура на површини приближно 5.500 °C (5.780 K), што му даје белу боју, мада се Сунце чини жуто због атмосферског расипања, које уклања таласе краћих таласних дужина (плаву и љубичасту светлост) и оставља спектар фреквенција које људско око опажа као жуто. Ово расипање даје околном небу његову плаву боју. Када се Сунце налази ниско на небу расипа се још више светлости, па се Сунце чини наранџасто или црвено. Сунчев спектар садржи линије јонизованих и неутралних метала, као и врло слабе воденикове линије. Слово V (римски број 5) у ознаци спектралне класе показује да је Сунце звезда главног низа. Ово значи да оно генерише своју енергију нуклеарном фузијом језгара водоника у хелијум. Сунце је некада било сматрано малом и безначајном звездом, али данас је познато да је оно светлије од 85 % звезда у галаксији Млечни пут, од које су већина црвени патуљци.

Сунце кружи око центра галаксије Млечни пут на удаљености од приближно 26-27.000 светлосних година од центра галаксије, и креће се у правцу сазвежђа Лабуд. Оно обиђе један круг око центра галаксије за око 225-250 милиона година (једна галактичка година). За њену орбиталну брзину се сматрало да износи 220 ± 20 km/s, али новије процене дају 251 km/s. Ово износи једну светлосну годину сваких 1194,5 година или једну астрономску јединицу сваких 7 дана.

2.1. Физичке карактеристике

Сунце је звезда главног низа спектралног типа G2, што значи да је нешто већа и топлија од просечне звезде, но недовољно велика да би припадала тзв. "дивовима". Животни век звезда овог спектралног типа је око 10 милијарди година, а будући да је Сунце старо око 5 милијарди година, налази се у средини свог животног циклуса.

Сунце ротира, али има такозвану диференцијалну ротацију, тј. ротира слојевито, односно, период ротације није исти на хелиографском екватору и половима.

У средишту Сунца у термонуклеарним реакцијама (нуклеарна фузија) водоник се претвара у хелијум. Сваке секунде у нуклеарним реакцијама учествује $3,8 \cdot 10^{38}$ протона (водоникових језгара). Ослобођена енергија бива израчена са сунчеве површине у облику електромагнетног зрачења и неутрина, и мањим делом као кинетичка и топлотна енергија честица сунчевог ветра и енергија сунчевог магнетног поља.

Због екстремно високих температура, материја је у облику плазме. Последица тога је да Сунце не ротира као чврсто тело. Брзина ротације је већа на екватору, него у близини полова, због чега долази до искривљења силница магнетског поља, ерупција гаса са сунчеве површине и стварања сунчевих пега и проминенција (протуберанци). Ове појаве називамо сунчевом активношћу. [1]

Основни подаци:	
Пречник	1 392 000 km
Маса	$1,9891 \times 10^{30}$ kg
Просечна густина	$1,411 \text{ g/cm}^3$
Површинска температура	5780 K
Време обиласка око средишта галаксије	$2,2 \times 10^8$ година
Јачина гравитационог поља на површини	274 N/kg

Табела 1. Основни подаци

Хемијски састав:	
Водоник	73,46 %
Хелијум	24,58 %
Кисеоник	0,77 %
Угљеник	0,29 %
Гвожђе	0,16 %
Неон	0,12 %
Азот	0,09 %
Силицијум	0,07 %
Магнезијум	0,05 %
Сумпор	0,04 %

Табела 2. Хемијски састав

3. Соларна енергија

Соларна енергија је енергија сунчевог зрачења коју примећујемо у облику светла и топлоте којом нас наша звезда свакодневно обасипа. Сунце је највећи извор енергије на Земљи. Сем непосредног зрачења које греје Земљину површину и ствара климатске услове у свим појасевима, ово зрачење је одговорно и за стално обнављање енергије ветра, морских струја, таласа, водних токова и термалног градијента у океанима. Поступком фотосинтезе се сунчева енергија претвара у биљну масу која на тај начин постаје претворена енергија у целулозу или други облик угљених хидрата. Енергија која потиче из посредног и непосредног сунчевог зрачења се сматра обновљивим извором енергије јер се њеним коришћењем не ремети значајно равнотежа тока материје и енергије у природи.

Сва конвенционална, фосилна, горива су такође један облик енергије сунчевог зрачења. Међутим, ова енергија је акумулирана и у дугим процесима геолошких и хемијских трансформација заробљена под површином Земље у облику нафте, гаса или угља.

Ова енергија се може искористити на разне начине и употребити као топлотна, електрична, хемијска или механичка енергија.

Најједноставнији начин је сакупљање топлотне енергије, помоћу соларних колектора који дају топлу воду или топао ваздух, а који се могу користити за грејање топле воде за домаћинство, базене, радијаторе или подно грејање. Још у време античких Грка је писац Ксенофонт описао како се паметним грађењем може искористити сунчева енергија за грејање кућа зими. Данас се у зградама топлотна енергија Сунца користи пасивним и активним захватом коришћењем архитектонских и грађевинских техника.

Напредни начин је непосредна производња електричне енергије фотонапонским ћелијама. Овај начин подразумева да се постављањем панела полупроводничких особина и излагањем сунчевом зрачењу непосредно добија електрични напон односно електрична енергија.

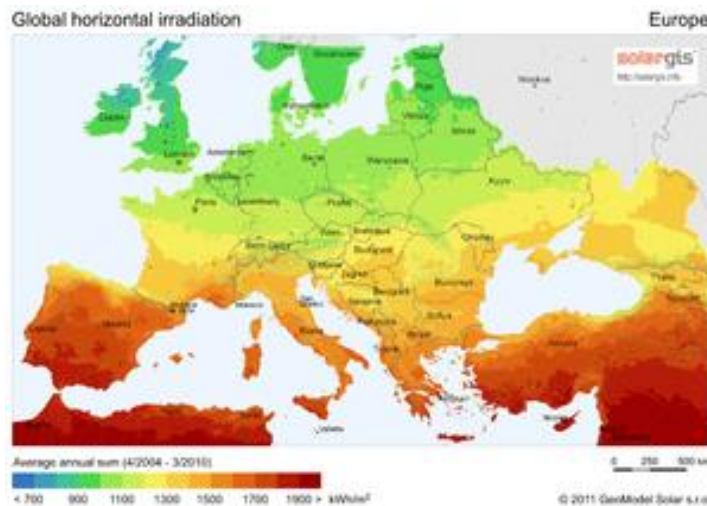
Соларна енергија је у последње време стекла велику популарност као обновљиви извор енергије који са собом не доноси загађење повезано с фосилним горивима. [2]

3.1. Анализа сунчевог зрачења

Сунце је звезда у чијем језгру се као у фузионом реактору дешава нуклеарна фузија, процес у коме се сваке секунде око 3 тоне масе претвара у енергију зрачења која се потом емитује у околни простор. Током овог претварања водоника у хелијум се ослобађа $3,86 \cdot 10^{20}$ MW. Интензитет овог зрачења опада са квадратом удаљености од Сунца.

Рачунајући да је површина пројекције Земље око 128 милиона km^2 , а доток енергије Сунца до Земље око $117 \cdot 10^9$ MW или око 10^9 TWh годишње, добија се да годишње на Земљу Сунце шаље 25 пута више енергије него што износе резерве свих фосилних горива.

На просечној удаљености планете Земље од Сунца, у зависности од сунчевих активности, на управну површину у свакој секунди пада између 1307 и 1393 W/m^2 . Ово зрачење се зове екстратерестрично јер је у питању зрачење доступно изван земљиног ваздушног омотача. Соларна константа је просечна густина снаге зрачења Сунца по јединици површине изнад површине Земље у свемиру. Прихваћено је да је вредност соларне константе $S_0 = 1353 \pm 21 \text{ W/m}^2$.



Слика 3. Карта сунчевог зрачења Европе

3.2. Сунчево зрачење на површини Земље

Због велике удаљености Земље и Сунца може се сматрати да се сунчево зрачење пре уласка у Земљину атмосферу састоји од снопа паралелних електромагнетских таласа. Услед деловања са гасовима и честицама у атмосфери сунчево зрачења се може упити (око 18 %), одбити (око 10 %) или више - мање несметано проћи кроз атмосферу (око 70 %).

Приликом проласка кроз атмосферу долази до апсорпције сунчевог зрачења, и то x и у зрака у јоносфери, ултраљубичастог зрачења у озонском омотачу и инфрацрвеног зрачења у нижим слојевима атмосфере. Поред апсорпције, део сунчевог зрачења се расејава на сувом ваздуху, воденој пари и честицама нечистоћа које се налазе у ваздуху. Због апсорпције и расејавања, долази до слабљења енергије сунчевог зрачења која доспева до површине Земље. Степен овог слабљења зависи од физичких и хемијских карактеристика атмосфере, као и од дужине пута сунчевог зрачења кроз Земљину атмосферу. Пут светлости кроз атмосферу за неку локацију еквивалентиран је масом зрака АМ (од *Air Mass*), о чему ће више говора бити у наставку. На путу кроз земљину атмосферу изгуби се око 25 % – 50 % интензитета сунчевог зрачења од оног које је доспело на руб атмосфере.

Расејавањем сунчевог зрачења на атомима и молекулима гасова и честицама нечистоћа у ваздушном омотачу Земље, настаје дифузно зрачење. Када сунчево зрачење на свом путу доспе до молекула гаса или честице, побуђује је на титрање и зрачење, чиме побуђена честица постаје извор електромагнетског зрачења специфичне таласне дужине. Примљену енергију, молекул односно честица, предаје неједнако у свим правцима, део се одбија назад у свемир, а део се распршује на Земљи. Дифузно зрачење расте са повећањем облачности, водене паре и честица нечистоћа у атмосфери. Укупно сунчево зрачење које доспева до површине Земље састоји се од две компоненте: прва, као што је већ наведено, представља дифузно зрачење, а друга потиче директно са површине Сунца (директно зрачење). Директно зрачење краткоталасног је карактера, за време сунчаног дана манифестује се као комбинација жућкастог светлосног снопа и топлоте. Треба напоменути да директно сунчево зрачење не утиче на повишење температуре ваздуха.

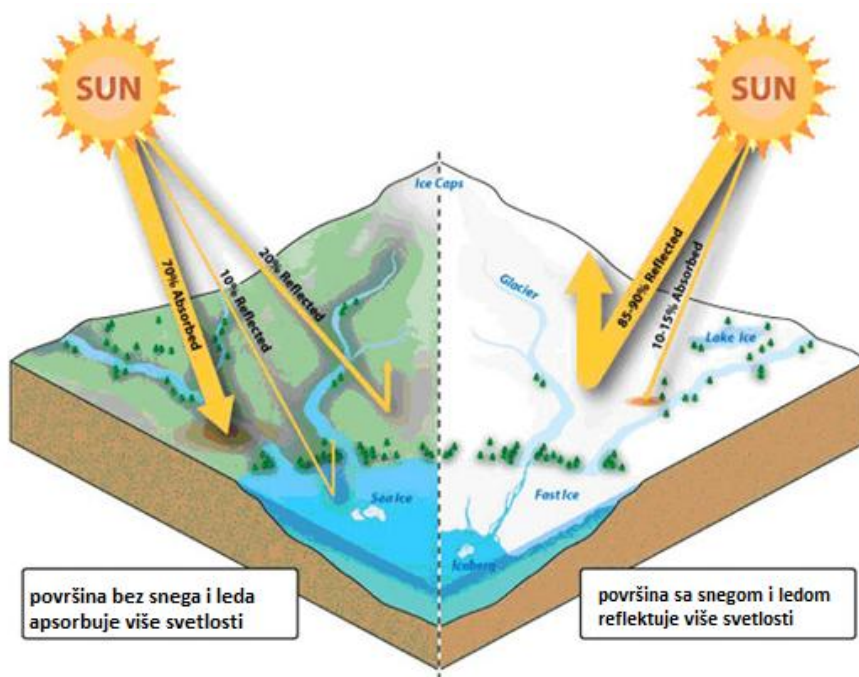
При контакту са Земљом, зависно од својства подлоге, већи део сунчевог зрачења Земља ће упити, а мањи део зрачења ће се одбити (рефлектовати). Својство подлоге да одбија зрачење може се изразити коефицијентом рефлексије или албедом. Потпуно бело тело има алbedo 1,0 јер потпуно одбија сунчево зрачење, а потпуно црно тело има алbedo нула. [3]

Земаљски алbedo се односи на расејање-рефлексију на површини планете (може се посматрати и као подкатегија астрономског). У многим анализама и прорачунима за дати зенитни угао θ_i терестрични (Земљин) алbedo се приказује као сума две компоненте: директна -полусферна рефлексија за зенитни угао θ_i (утицај директног зрачења на рефлектовано), $\rho_b(\theta_i)$, и би-полусферна рефлексија (утицај недиректног зрачења на рефлектовано), ρ_d . Овако дефинисан алbedo гласи:

$$\rho = (1 - D)\rho_b(\theta_i) + D\rho_d \quad (1)$$

где D -представља удео дифузне илуминације, i - се дефинише као однос рефлектоване дифузне светлости и упадне дифузне светлости. Обе величине се односе за нагнуту површину у току једног сата или дана.

Дакле, алbedo зависи од анизотропности површине и атмосферских услова, локалног времена у дану, у години. На слици 4 види се зависност албеда од типа површине. На његову вредност у многоне утиче и човекова активност.[4]



Слика 4. Зависност Албеда од рефлектујуће површине

ПОВРШИНА	АЛБЕДО	ПОВРШИНА	АЛБЕДО
трава (Јули и Август)	0,25	асфалт	0,15
зелена трава	0,18-0,23	шума	0,05-0,18
сува трава	0,28-0,32	водена површина (>45°C)	0,05
огољело тло	0,17	водена површина (>30°C)	0,08
шљунак	0,18	водена површина (>20°C)	0,12
гладак бетон	0,30	водена површина (>10°C)	0,22
груб бетон	0,20	свеж слој снега	0,80-0,90
чист цемент	0,55	стар слој снега	0,45-0,70

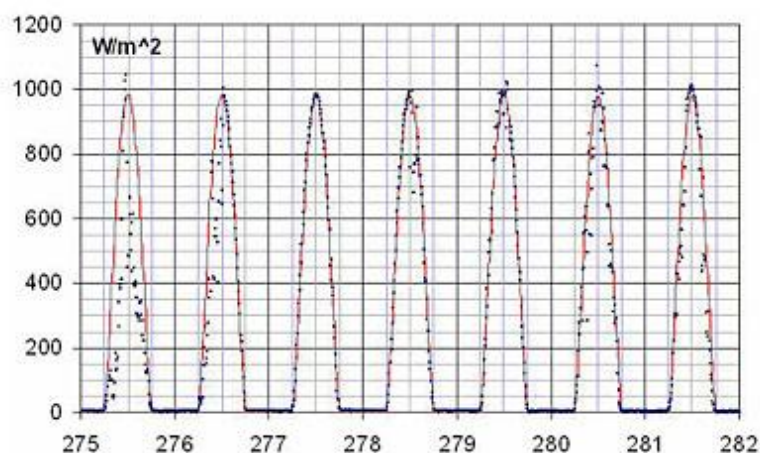
Табела 3. Вредности албеда за различите површине

Као најчешћа вредност албеда узима се 0,2 (травната површина) и као таква улази у прорачуне соларних система. На Земљину површину из атмосфере допире директно и дифузно (распршено) сунчево зрачење, које се упија или одбија на Земљиној површини. У табели 3 су дате вредности албеда за различите површине.

Укупна количина сунчевог зрачења на хоризонталну површину назива се укупно или глобално зрачење. Глобално зрачење се састоји од директног, дифузног и одбијеног сунчевог зрачења. Мерна јединица глобалног зрачења је W/m^2 .

Други, шире прихваћен појам у научним круговима је инсолација, односно трајање сунчеве инсолације. Појам инсолација односи се на густину сунчевих зрака на одређеној површини, уз одређену оријентацију, кроз одређено време. Производ укупног зрачења и времена даје нам инсолацију. Мери се у Wh/m^2 или kWh/m^2 . Енергија сунчевог зрачења која допире до површине Земље зависи у првом реду од трајања инсолације (броју сунчаних сати), док трајање инсолације зависи од географске ширине и од годишњег доба.

Подаци о енергији сунчевог зрачења најчешће су приказани као просечне вредности. Просечна месечна или годишња енергија сунчевог зрачења на некој локацији добија се као аритметичка средина за све дане у посматраном месецу односно години. На слици 5 је дат пример снимљене карактеристике инсолације (глобално Сунчево зрачење) за 8 дана у години, од 275-ог до 282-ог дана, енергија доспела на површину у јединици времена на јединицу површине.[5]



Слика 5. Пример промене инсолације у току неколико дана

Доток укупног сунчевог зрачења које допире до Земљине површине износи око 920 W/m^2 . Ако је пројекција површине Земље $127,73 \cdot 10^6 \text{ km}^2$, доток енергије је 117.512 TW . Због ротације Земље, та се енергија распоређује по целој површини Земље ($510,1 \cdot 10^6 \text{ km}^2$), па је просечни доток енергије 230 W/m^2 , односно $5,52 \text{ kWh/m}^2$ дневно. То су просечне вредности, а стварне зависе од географске ширине, доба дана, присуства облака, загађења итд. Енергија сунчевог зрачења која долази до Земљине површине износи око 10^9 TWh годишње. Ова енергија је око 170 пута већа него енергија у укупним резервама угља у свету.

У Србији (у склопу бивше СФРЈ) је, у оквиру СХМЗ, од 1987. године радио Републички центар за Сунчеву радијацију (почев од 1957. године). Како после његовог

укидања, у Србији не постоје поуздани, систематски сређени подаци о инсолацији, меродавни су они мерени од 1987.

У табели 4. приказани су подаци о средњој инсолацији за градове и места у Србији, по месецима и збирно на годишњем нивоу.

Место у Србији	Београд	Уршац	Нови Сад	Ниш	Крагујевац	Урање	Златибор
Јан.	1.5	1	1.45	1.75	1.5	1.7	1.5
Феб.	2.2	2	2.35	2.6	2.4	2.7	2.3
Март	3.35	3.35	3.2	3.45	3.35	3.65	3.1
Апр.	4.85	4.4	4.65	5	4.8	5.15	4.35
Мај	6	6	5.8	6.1	5.85	6.15	5.1
Јун	6.45	6.4	6.2	6.35	6.1	6.4	5.65
Јул	6.75	6.55	6.35	6.7	6.45	6.5	5.9
Август	6	6.35	5.75	6.15	5.9	6.35	5.35
Септембар	4.65	4.6	4.4	5.35	4.85	5.25	4.3
Октобар	3.05	3	2.9	3.45	3.3	3.45	2.75
Новембар	1.6	1.55	1.45	1.85	1.7	1.85	1.6
Децембар	1.15	1	1.2	1.5	1.3	1.5	1.3
Год.	1446.8	1424.75	1392.64	1531.4	1447.85	1543.4	1316.4
Сред. дневна	3.96	3.9	3.82	4.2	3.97	4.23	3.61

Табела 4. Средња дневна (по месецима) и годишња инсолација у (kWh/m^2) за поједине градове у Србији



Слика 6. Просечна инсолација у Србији

Просечна инсолација у Србији (слика 6) се креће око 1400 kWh/m^2 , а просечна дневна $3,8 \text{ kWh/m}^2$. [6]

Србија има велики потенцијал када је реч о искоришћавању соларне енергије. Просечан интензитет сунчевог зрачења на територији наше државе износи од $1,1 \text{ kWh/m}^2$ /дан на северу до $1,7 \text{ kWh/m}^2$ /дан на југу – током јануара, а од $5,9$ до $6,6 \text{ kWh/m}^2$ /дан – током јула. То износи у просеку, на годишњем нивоу од 1200 kWh/m^2 /годишње у северозападној Србији, до 1550 kWh/m^2 /годишње у југоисточној Србији, док у средњем делу износи око 1400 kWh/m^2 /годишње. Када би само половина домаћинства, од око 2,5 милиона по попису из 2002 године, користила сунчеву енергију, то би значило велику уштеду електричне енергије добијене из необновљивих извора, а самим тим и смањење емисије штетних гасова у атмосферу.

3.3. Спектри сунчевог зрачења

Као што је већ речено, зрачење Сунца које стиже до Земље, распоређено у опсегу таласних дужина од $0,2$ до $4 \text{ }\mu\text{m}$, делом се одбија од атмосфере, а делом пролази до површине Земље. Зрачење изван атмосфере је распоређено у опсегу другачијих таласних дужина, на начин сличан зрачењу „црног тела” у складу са Планковим законом, док је до површине Земље атмосфера већ селективно апсорбовала зрачење одређених таласних дужина. Обично се разликују два спектра сунчевог зрачења [7]:

а) AM0 спектар изван атмосфере,

б) AM1,5 спектар на површини мора, под одређеним условима који ће бити касније дефинисани.

У овој области, треба дефинисати неколико важних величина, а то су:

а) Интензитет спектралног зрачења $I(\lambda)$ – енергија коју је примила јединица површине у зависности од таласне дужине λ , мерна јединица је $\text{W/m}^2/\mu\text{m}$,

б) Интензитет зрачења – интеграл спектралног зрачења који се протеже (односи) на све таласне дужине које су од интереса, мерна јединица је W/m^2 .

ц) Количина зрачења (радијација) – временски интеграл зрачења које се остварује у датом периоду времена. У случајевима када се за период интеграљења узима један дан, онда се подаци о радијацији могу изразити у облику J/m^2 – дневно. Обично се енергија даје у kWh/m^2 дневно, месечно, или за годину дана, у зависности од временског оквира коришћеног за интеграљење.



Слика 7. Односи између три дефинисане величине

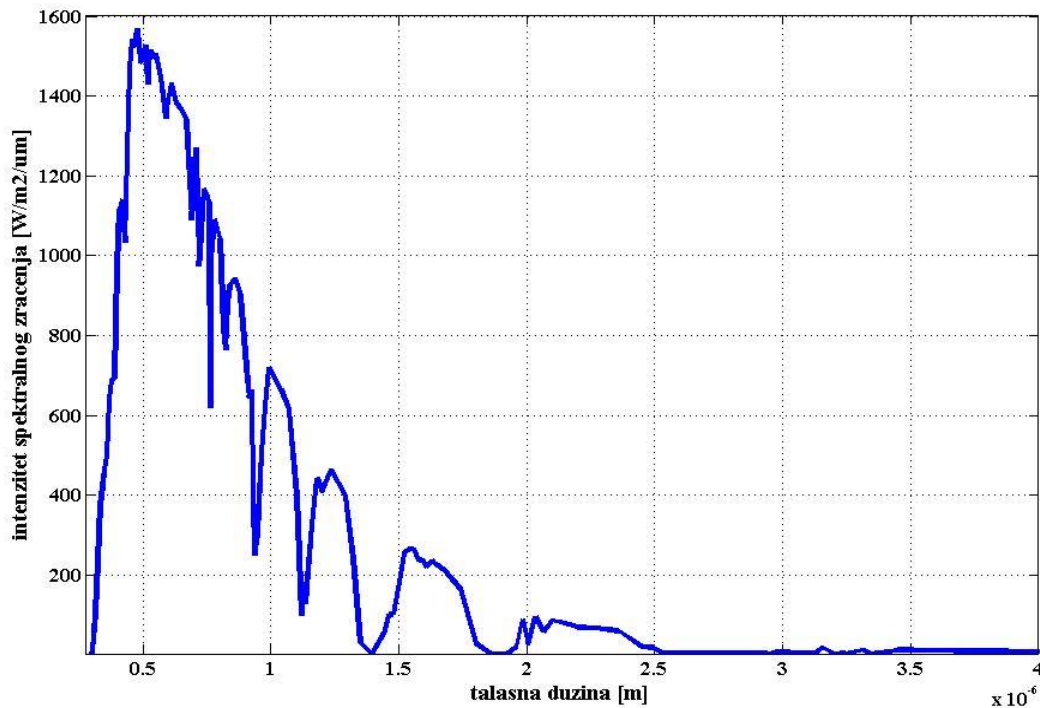
3.3.1. Стандардни AM1,5 спектар сунчевог зрачења

Спектар светлости која обасјава соларне панеле зависи од дебљине и састава атмосфере кроз коју пролази. У зависности од доба дана, географске ширине и годишњег доба, светлост до неке тачке на површини Земље путује кроз дебљи или тањи слој атмосфере. Колики је тај пут у односу на најкраћи изражава се као однос масе зрака AM (од *Air Mass*) и садржи број који је једнак нули за спектар сунчевог зрачења изван атмосфере, а 1,5 за спектар на нивоу мора. У општем случају, дефинише се спектар AM x , гдје је x одређен изразом:

$$x = \frac{1}{\cos \vartheta_z} \quad (2)$$

при чему је ϑ_z - Зенитни угао Сунца.

Обично се за општу употребу, као референтан, усваја спектар на површини Земље дат Зенитним углом од $\vartheta_z = 48,19^\circ$, чему одговара $x = 1,5$ (AM1,5 спектар) и њему одговара интензитет зрачења од 844 W/m^2 . Спектар који се добија на Земљи, на површини нагнутој под углом од 37° , окренутој ка Сунцу, назван је спектром глобалног нагиба и ови подаци се обично користе у пројектовању соларних система. На слици 8 је приказан AM1,5 спектар сунчевог зрачења.



Слика 8. *Стандардни AM1,5 спектар сунчевог зрачења*

Осцилације у AM1,5 спектру објашњавају се у различитом апсорбовању у атмосфери (због различите концентрације појединих гасова).

3.3.2. Стандардни AM0 спектар и његово поређење са спектром зрачења црног тела

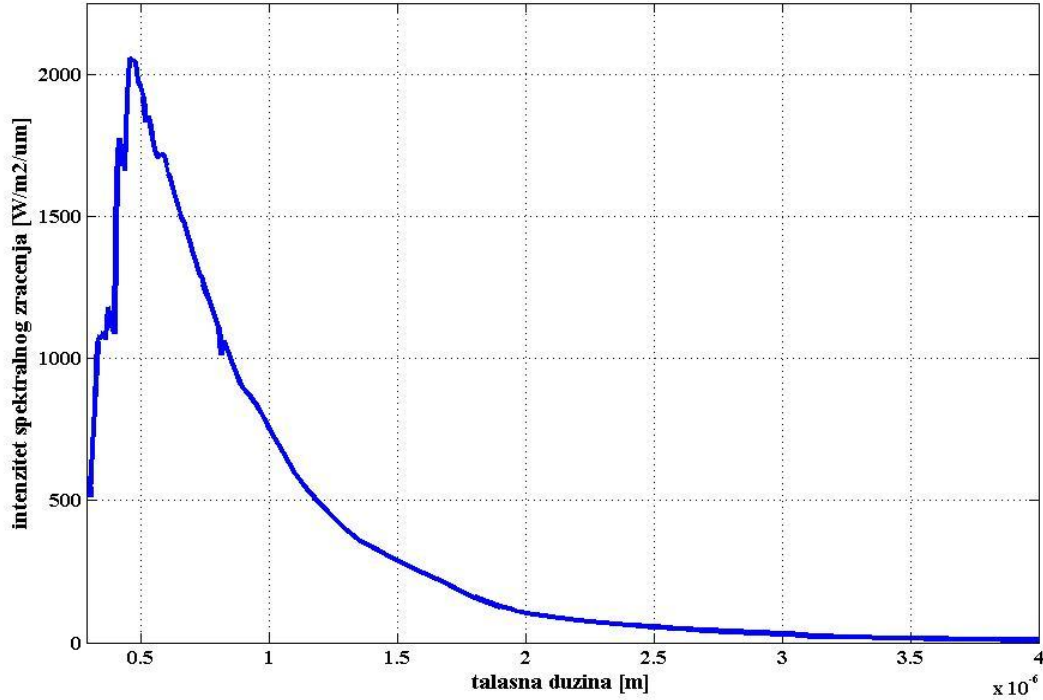
AM0 спектар је битан за сателите и остале објекте који се налазе ван земљине атмосфере. Код примене соларних ћелија на сателитима морамо узети у обзир високоенергетско зрачење из свемира које изазива дефекте у полупроводницима што смањује излазну снагу ћелије. Интензитет зрачења који одговара сунчевом спектру изван атмосфере износи 1353 W/m², и његов спектар је приказан на слици 9.

Сунчево зрачење које долази од AM0 спектра може бити апроксимирано зрачењем црног тела на температури 5900 K. Планков закон даје вредности спектралне емисионе моћи E_λ дефинисане као енергија спектра коју зрачи јединица површине, за јединицу таласне дужине:

$$E_\lambda = \frac{2 \cdot \pi \cdot h \cdot C_0^2}{\lambda^5 \cdot \left(e^{\frac{h \cdot C_0}{\lambda \cdot k \cdot T}} - 1 \right)} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^3} \right] \quad (3)$$

Укупна енергија коју зрачи јединица површине црног тела за све вредности таласних дужина је:

$$\int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda = \sigma T^4 = 5,56 \cdot 10^{-8} \cdot T^4 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \quad (4)$$



Слика 9. *AM0* спектар сунчевог зрачења

Ако се узме у обзир да је зрачење црног тела изотропно (једнако у свим правцима), спектрално зрачење добијено од Сунца на раздаљини од једне астрономске јединице $1\text{AU}=1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$ биће:

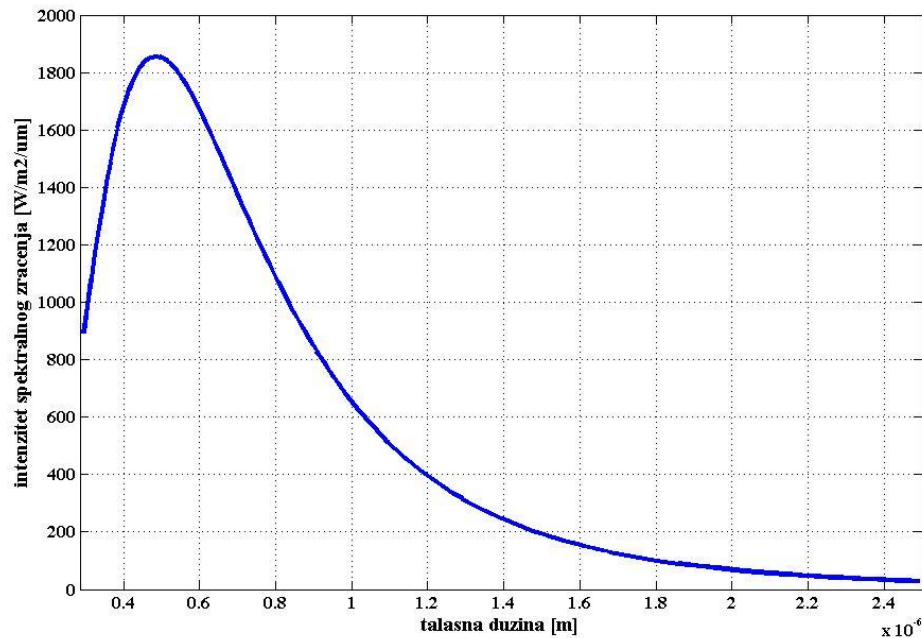
$$I(\lambda) = E_{\lambda} \cdot \frac{E_{0sr}}{\int_0^{\infty} E_{\lambda} d\lambda}, \quad (5)$$

па се коначно добија:

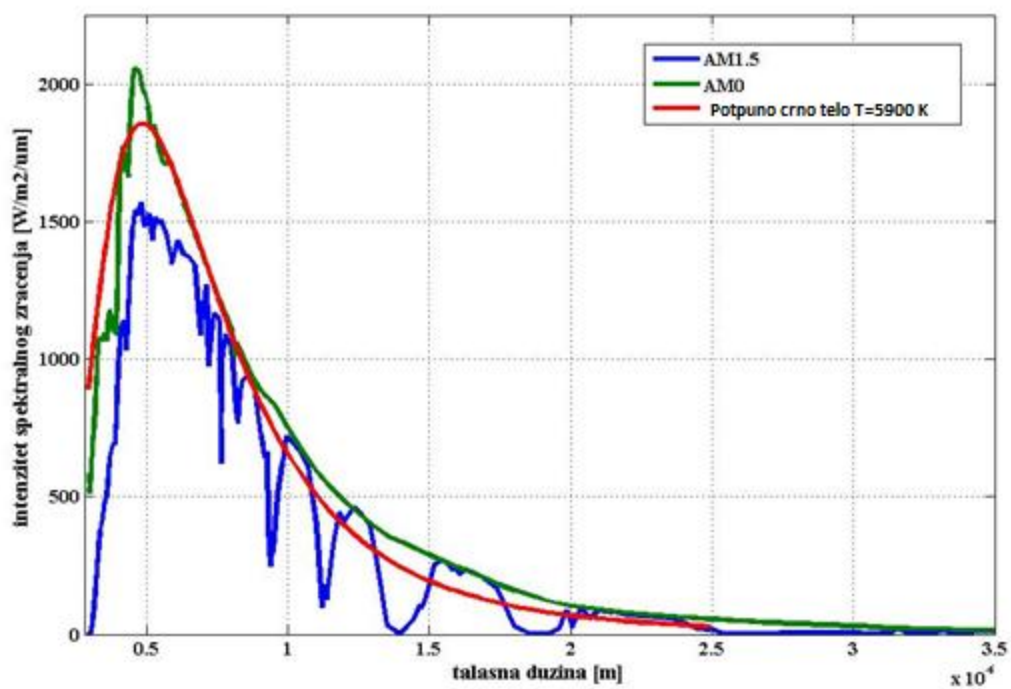
$$I(\lambda) = \frac{8,925 \cdot 10^{-12}}{\lambda^5 \cdot \left(e^{\frac{0,0143}{\lambda T}} - 1 \right) \cdot T^4} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \mu\text{m}} \right]. \quad (6)$$

Температура T је дата у келвинима K .

На слици 10 је приказан спектар зрачења потпуно црног тела. Са слике 11 на којој су приказана сва три анализирана спектра, може се видети да спектар потпуно црног тела веома добро апроксимира АМ0 спектар, што може бити искоришћено приликом моделовања соларних система, јер за спектар црног тела имамо аналитички облик, што је веома битно.



Слика 10. Спектар зрачења потпуно црног тела на температури $T=5900 \text{ K}$



Слика 11. Спектри зрачења AM1,5, AM0 и потпуно црног тела

4. Одређивање положаја Сунца

За одређивање положаја Сунца у односу на Земљу користе се два координатна система: екваторски и хоризонтски.

Кординате Сунца у екваторском координатном систему су деклинација, δ и часовни угао, t . Координатни почетак се налази у посматрачевом оку, а основна раван је раван небеског екватора.

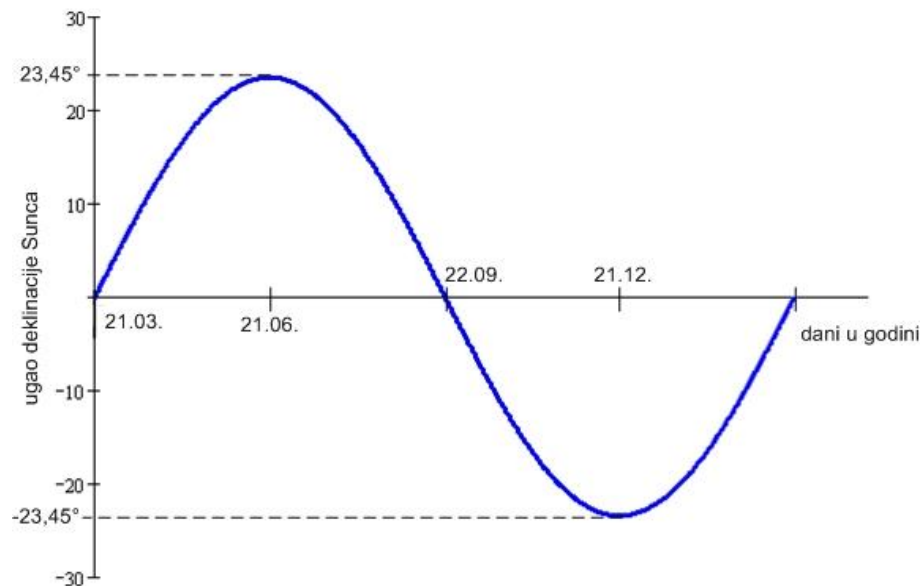
Небески екватор је велики круг небеске сфере нормалан на осу Земљине ротације. Зенит и надир представљају места где вертикала сече небеску сферу.

Деклинација представља угао у равни деклинациског круга Сунца, који се мери од равни небеског екватора до правца који спаја посматрача и Сунце (слика 12). За време равнодневница деклинација је једнака нули. Деклинација је непромењива у зависности од места посматрања и привидног дневног кретања Сунца.



Слика 12. Екваторски координатни систем

Може се претпоставити да је угао деклинације Сунца константан током једног дана за већину прорачуна, с обзиром на његову промену мању од $0,5^\circ$ током дана. Овај угао, у степенима, за четири карактеристична дана у години је приказан на слици 13.



Слика 13. Угао дефлекције Сунца за цијелу годину

Деклинација се са задовољавајућем тачношћу може израчунати као:

$$\delta = \left(23 + \frac{27}{60} \right) \cdot \sin \left(\frac{2\pi \cdot brd_{21}}{365,25} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \quad (7)$$

- brd_{21} (-) број дана протеклих од пролећне равнодневнице на северној хемисфери.

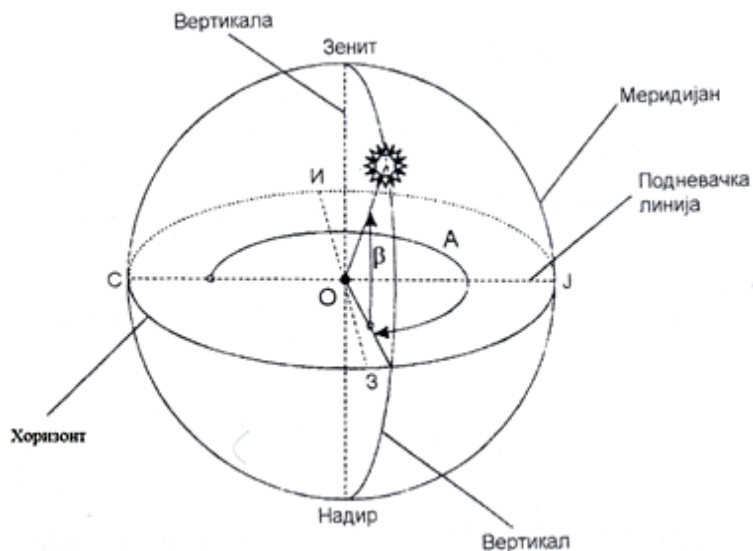
Часовни угао је дефинисан као угаоно растојање између часовног круга и меридијана посматрача, мерено у равни небеског екватора, у ретроградном смеру. Изражава се у степенима и радијанима или часовима. Један час је једнак $360^\circ / 24 = 15^\circ$. Часовни угао се мења са променом места посматрања, као и са привидним дневним кретањем Сунца.

Часовни угао, t одређује право сунчано време, а разликује се од светског времена које се читава на часовнику, t_0 :

$$t = \left(t_0 - 12 - TZ + \frac{\lambda}{15} \right) \cdot \frac{\pi}{12} , \quad (8)$$

где су: t (rad) - право сунчано време, t_0 (h) - светско време, TZ (-) - временска зона (од -12 до 12), λ (°) - географска дужина места.

Хоризонтски координатни систем је приказан на слици 14. Координате Сунца у хоризонтском координатном систему су соларна алтитуда, β и азимут, A . Координатни почетак се налази у посматрачевом оку, а основна раван је раван хоризонта.



Слика 14. Хоризонтски координатни систем

Соларна алтитуда је угао на вертикалној равни, који се мери од хоризонта до визуре ка Сунцу. Познавајући координате Сунца у екваторском координатном систему, могуће је одредити угао соларне алтитуде:

$$\sin \beta = \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \cos t \cdot \cos \varphi \quad (9)$$

где је $\varphi(^{\circ})$ - географска ширина места

Азимут је угао у хоризонтској равни, који се мери од северне тачке хоризонта до пројекције правца Сунца у ретроградном смеру. Узима вредности од 0 до 360° и израчунава се као:

$$\sin A = -\frac{\sin t \cdot \cos \delta}{\cos \beta} \quad ; \quad \cos A = \frac{\sin \delta - \sin \beta \cdot \sin \varphi}{\cos \beta \cdot \cos \varphi} \quad (10)$$

Хоризонтске координате су различите уколико се мере на два различита места и у различито доба.

4.1. Сунчено зрачење на хоризонталну површину

Просечно дневно зрачење Сунца на врху атмосфере (просечно екстратерестријално зрачење), H_0 (W/m^2), може се израчунати као:

$$H_0 = \frac{I_s}{\pi} \cdot [1 + 0,033 \cdot \cos(0,0172142 \cdot brd)] \cdot (\cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \sin t_{za} + t_{za} \cdot \sin \varphi \cdot \sin \delta) \quad (11)$$

где је brd (-) - редни број дана у години (почев од 01.01).

J. A. Prescott је 1940. године предложио опште прихваћену везу између средњег екстратерестријалног зрачења, H_0 и средњег дневног терестријалног зрачења (на површини земље), H (W/m^2), као:

$$\frac{H}{H_0} = a + b \cdot \frac{S}{Z} \quad (12)$$

где су: a , b (-) - коефицијенти, S/Z (-) - удео јасних Сунчаних сати, у току обданице (S -број јасних Сунчаних сати, Z -обданица). Коефицијенти a и b су усвојени као:

$$a = -0,309 + 0,539 \cdot \cos \varphi - 0,0693 \cdot h + 0,29 \cdot \frac{S}{Z} \quad (13)$$

$$b = 1,527 - 1,027 \cdot \cos \varphi - 0,0926 \cdot h - 0,359 \cdot \frac{S}{Z} \quad (14)$$

где је h (km) надморска висина места.

Однос часовне и дневне екстратерестријалне и терестријалне инсолације усвојен је на основу једначине коју су предложили M. Collares-Pereira и A. Rabl у The Average Distribution of Solar Radiation, 1979.

$$\frac{H'}{H} = (a1 + b1 \cdot \cos t) \cdot \frac{H'_0}{H_0} \quad (15)$$

где су $a1$ и $b1$ (-) коефицијенти који се израчунавају као:

$$a1 = 0,409 + 0,5016 \cdot \sin\left(t_{za} - \frac{\pi}{3}\right) \quad (16)$$
$$b1 = 0,6609 - 0,4767 \cdot \sin\left(t_{za} - \frac{\pi}{3}\right)$$

Часовно (тренутно) зрачење на врху атмосфере H'_0 (W/m^2), може се израчунати као:

$$H'_0 = I_0 \cdot [1 + 0,033 \cdot \cos(0,0172142 \cdot brd)] \cdot (\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t) \quad (17)$$

Израчунавање односа дневног директног H_{dir} (W/m^2) и дифузног H_{dif} (W/m^2) зрачења може се вршити према једначини:

$$\frac{H_{dif}}{H} = 0,974 + 0,693 \cdot \frac{H}{H_0} - \left(\frac{H}{H_0}\right)^2 + 6,416 \cdot \left(\frac{H}{H_0}\right)^3 - 1,931 \cdot \left(\frac{H}{H_0}\right)^4 \quad (18)$$

при чему је:

$$H_{dir} = H - H_{dif} \quad (19)$$

4.2. Сунчево зрачење на нагнуту површину

Према Ламбертовом закону интензитет зрачења на површину зависи од косинуса упадног угла (угао између зрака и нормале површине), па је од посебног значаја податак како је пријемна површина оријентисана и нагнута у простору.

У општем случају угао између зрака и нормале произвољно постављене површине, i ($^\circ$) може се израчунати као:

$$\begin{aligned} \cos i = & [\cos G \cdot \sin \varphi - \sin G \cos \varphi \cdot \cos(\pi - \alpha)] \cdot \sin \delta + \\ & + [\cos G \cdot \cos \varphi + \sin G \cdot \sin \varphi \cdot \cos(\pi - \alpha)] \cdot \cos \delta \cdot \cos t + \\ & + \sin G \cdot \sin(\pi - \alpha) \cdot \cos \delta \cdot \sin t \end{aligned} \quad (20)$$

где су G ($^\circ$) - нагиб посматране површине у односу на хоризонталу, α ($^\circ$) - оријентација посматране нагнуте површине, која представља угао између смера севера и пројекције нормале површине на хоризонталу, мерено од смера севера супротно од кретања казаљке на часовнику.

Укупно Сунчево зрачење на произвољно оријентисану и нагнуту површину, I_p (W/m^2) се израчунава као:

$$I_p = H'_{dir} \cdot \frac{\cos i}{\sin \beta} + \frac{H'_{dif} \cdot (1 + \cos G)}{2} + \frac{g_r \cdot H' \cdot (1 - \cos G)}{2} \quad (21)$$

где је g_r (-) Земљин алbedo. У већем броју сличних једначина Земљин алbedo се занемарује.

5. Коришћење Сунчеве енергије

Људска врста је одувек зависила од Сунца које јој је обезбеђивало и светлост и топлоту, пресудну за њено постојање и опстанак. Отуда је и настала тежња за “хватањем” и господарењем том енергијом као неисцрпним генератором живота.

Почетни покушаји техничке примене енергије Сунчевог зрачења настали су још у давним периодима људске цивилизације када су већ постојала одговарајућа сазнања и техничко-технолошки предуслови за градњу различитих соларних објеката и уређаја. Тако је још познати грчки филозоф Сократ (399-469 п.н.е) израдио план соларне куће која се могла добро енергетски ускладити са годишњим променама како медитеранске тако и континенталне климе. Све актуелнији проблеми исцрпљивања необновљивих енергетских извора и алармантно загађење животне средине захтевају одлучне и радикалне промене у односу човека према до сада примењивим енергетским технологијама и према природи уопште. Човечанству је данас постало јасно да је напредак и постанак људске врсте уско узрочно-последично везан за природу, односно такав приступ који у суштини има симбиотички карактер када је реч о одабирању и освајању различитих технологија неопходних за будући развој и опстанак човечанства. Бројни су примери напора истраживача и конструктора у области соларних технологија који су резултовали рационалним и оптималним решењима, али која се нажалост не користе у мери у којој је могуће како због конзервативног односа оних који треба да финансирају тако и због оних који још нису спремни да резултате преточе у пројектантску и извођачку стварност.

6. Соларни системи

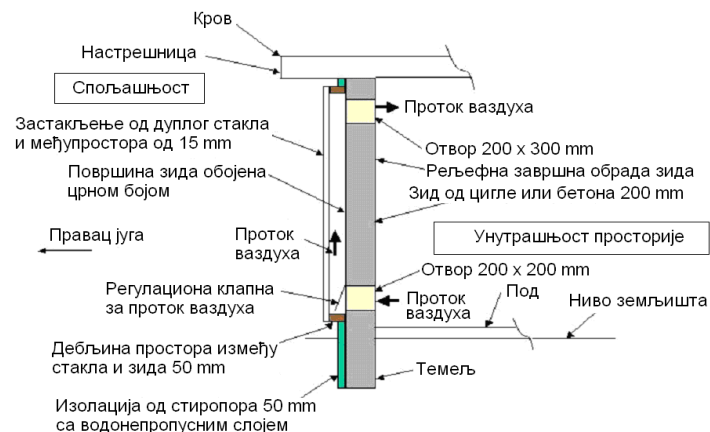
Соларни системи представљају заокружене инсталације за дефинисани вид коришћења соларне енергије. Разликују се:

- пасивни и
- активни соларни системи

6.1. Пасивни соларни систем

Пасивни соларни систем се заснива на коришћењу саме зграде као соларног колектора без посебних уређаја. Највећа предност пасивних соларних објеката је пријатан унутрашњи амбијент, посебно у стамбеној архитектури. Успешне пасивне соларне куће граде се чак и у климама са скоро константном облачношћу и лошим временским условима. За разлику од активних, код пасивних соларних система не постоји посебан систем уређаја већ читав објекат ради као колектор Сунчевог зрачења: све функције активног система на себе преузимају делови и елементи објеката. Кућа која захвата Сунчеву енергију може да је користи скоро сваког дана. Пасивно коришћење сунчеве енергије основни је и најјефтинији начин употребе енергије из околине. Осим тога, као значајан елемент система Сунчеве енергије, односно понашања као енергетски ефикасног објекта узимају се у обзир природни фактори окружења: клима, конфигурација терена, оријентација, ветар, вегетација, међусобни односи зграда итд.

Пасивни соларни системи, практично представљају саставни део неког већег склопа, који није приоритетно намењен искоришћењу соларне енергије. Класичан пример пасивног соларног система представља Тромбеов зид. Године 1960. промовисана је идеја грејања објекта коришћењем масивног застакљеног зида. Од првобитне конструкције Тромбеов зид је доживео низ модификација и побољшања. Најчешће данас коришћена конструкција Тромбеовог зида је приказана на слици 15. [6]



Слика 15. Модификовани Тромбеов зид

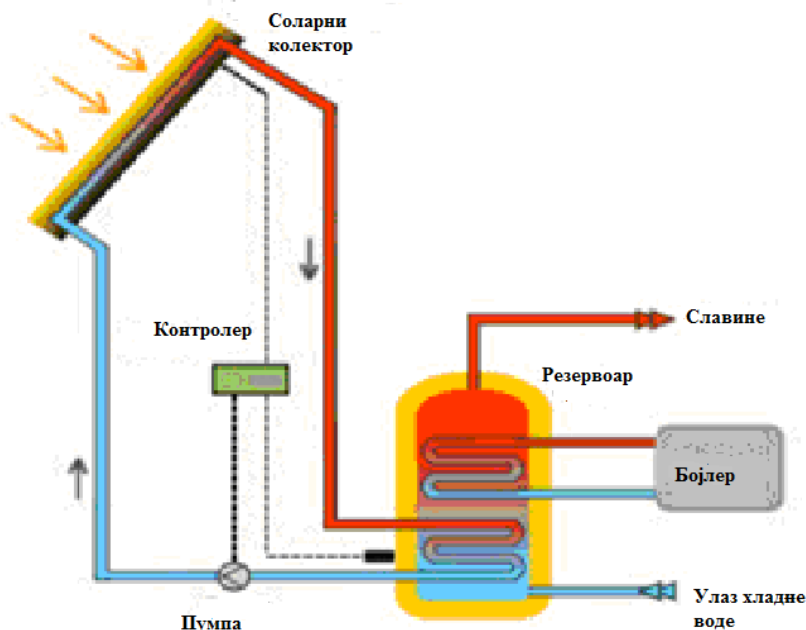
Тромбеов зид је зид од грађевинског материјала великог топлотног капацитета (цигла, бетон), дебљине најчешће 200 mm. Испред зида, према спољашњости, која најчешће представља јужну страну објекта, на раздаљини од 20 до 50 mm постављено је једноструко или двоструко застакљење. Спољна површина зида је, обично, премазана апсорбујућом црном бојом, а унутрашња површина зида је обрађена рељефно без шупљина, како би размена топлоте између зида и унутрашњости објекта била што интензивнија. На дну и врху Тромбеовог зида су направљени отвори целом дужином зида, који омогућавају унутрашњем ваздуху да струји дуж површине зида коју Сунчеви зраци загревају.

Прве конструкције Тромбеовог зида нису поседовале отворе ради струјања унутрашњег ваздуха и његовог загревања конвекцијом, па су топлотни губици у току ноћи били јако велики, односно ефикасност таквог зида је била мала. Другим речима, загрејани Тромбеов зид у току ноћи зрачи дуготаласно инфрацрвено зрачење које се апсорбује на стакленој површини. Стакло се загрева и зрачењем и конвекцијом и одаје топлоту околина. Ово је било јако изражено при нижим спољним температурама. Формирањем отвора у подножју и врху зида, унутрашњи ваздух ће конвекцијом преузети акумулирану топлотну енергију у зиду.

6.2. Активни соларни системи

Активни соларни системи имају превасходну улогу коришћења соларне енергије. Главни елементи активних соларних система су равни соларни колектори помоћу којих се добија топлотна енергија нижих температура до 100°C конверзијом Сунчевог зрачења у топлотну енергију. Поред соларног колектора саставни делови активних соларних система су соларни бојлер, циркулациона пумпа, експанзиони суд, цевни систем, вентили и јединица за праћење и контролу функционисања система. Из соларних колектора топла вода долази директно у резервоар за складиштење и употребу или се преко измењивача топлоте преноси на воду у резервоару, која се затим користи за практичне послове. Овако добијање топле воде може се користити у домаћинствима, индустрији, отвореним и затвореним базенима, чиме се могу добити велике уштеде фосилних горива чији извори пресушују. Овакви системи са једним током се могу користити тамо где не постоји могућност замрзавања воде (југ Европе, Грчка, Малта, Кипар).

На слици 16. приказано је кретање воде у соларном систему.

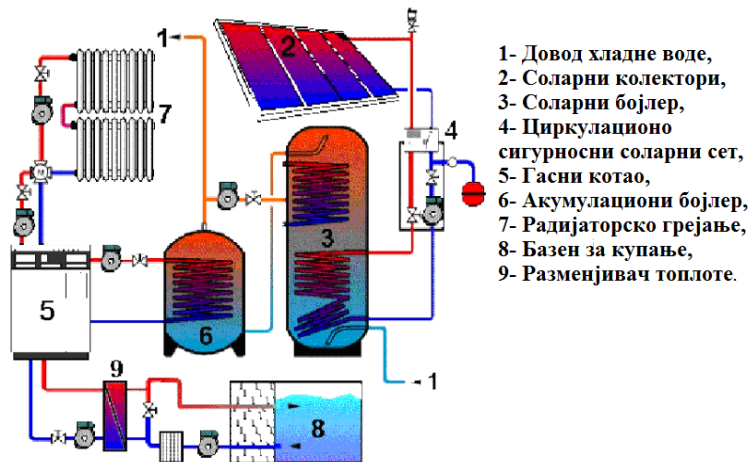


Слика 16. *Кретање воде у соларном систему*

У крајевима где зимске температуре често могу бити испод тачке замрзавања воде, користе се соларни системи са два флуида (примарним и секундарним). Кроз соларни колектор струји несмрзавајућа течност (вода са одговарајућим додатним компонентама), која своју топлотну енергију предаје у змијастом цевном размењивачу, смештеном у соларном бојлеру. У бојлеру се секундарна потрошна вода у току ове размене загрева и чува за тренутак њене потрошње.

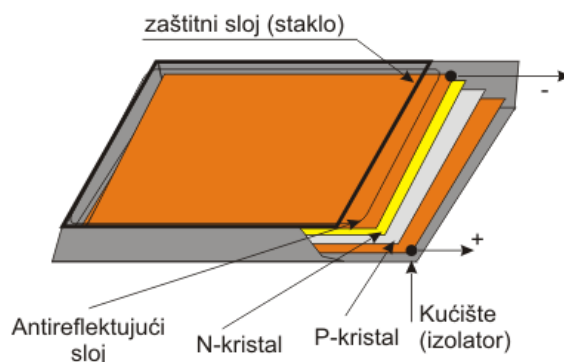
Како у појединим периодима године соларна енергија није довољна да задовољи потребе домаћинства, соларном бојлеру се најчешће додају грејачи покретани неком врстом енергије (фосилна горива, електрична енергија).

Соларни системи се могу усложавати до веома комплексних инсталација, које подразумевају друге изворе топлоте, топлотне пумпе, различите потрошаче, више акумулатора топлоте, читаве батерије соларних колектора, различите системе регулације. На слици 17. приказана је шема једне сложене инсталације.



Слика 17. Шема сложене термотехничке инсталације

Активни соларни системи не служе само за грејање просторија и воде, већ и за производњу електричне енергије. Директна конверзија Сунчеве енергије у електричну, тзв. фотонапонски ефекат, први је пре скоро два века уочио француски научник Едмонд Бекерел (Edmond Becquerel). Међутим тек је развојем квантне теорије почетком 20-ог века овај ефекат објашњен, чиме је омогућена израда фотонапонских уређаја. Прва соларна ћелија израђена је у Бел лабораторијама (Bell Laboratories) 1954. године. Фотонапонске ћелије су трећи и најпожељнији начин искоришћавања енергије Сунца, али због слабе ефикасности и високе цене тренутно се не користе у великој мери. Фотонапонске ћелије израђене од полупроводног силицијума убрзо су, са развојем истраживања свемира, постале основни извори електричне енергије на сателитима примарно због своје поузданости, док је цена била од мањег значаја. За израду соларних ћелија најчешће се користи силицијум, који је после кисеоника најзаступљенији елемент на Земљи. Соларна ћелија се састоји од полупроводника П и Н типа. Да би се направила једна соларна ћелија, потребно је силицијуму додати одређене примесе. Успоставити разлику потенцијала између полупроводника П типа (додавањем атома бора, галијума), и Н типа, (додавањем атома фосфора, арсена или антимона). Спајањем, долази до спонтаног кретања наелектрисања супротног знака у П-Н споју- дифузна струја. Излагањем полупроводника Сунчевој светлости, долази до спонтане хемијске реакције. Настаје електрично поље кретањем електрона и шупљина. Успоставља се разлика потенцијална - напон. У циљу повећања напона, тј. струје, соларне ћелије се групишу модуле. Постоје више врста соларних ћелија: *монокристалне Si*, *поликристалне Si*, *аморфне Si* ћелије. Наношење може бити на стаклу, пластичној основи, или на танком филму. На слици 18 су приказани фотонапонски панели.



Слика 18. Фотонапонски панели

Значај њихове земаљске употребе постао је актуелан у току светске енергетске кризе раних 70-их година, када се почело размишљати о побољшању њихових радних карактеристика, повећању ефикасности, већој поузданости и нижој производној цени. Данас фотонапонска конверзија подразумева високу технологију производње електричне енергије из Сунчеве енергије. Концептуално, фотонапонски уређај у свом најједноставнијем облику представља потрошач искључиво Сунчеве енергије, који нема покретних делова, чији рад задовољава највише еколошке стандарде и уколико је добро заштићен од утицаја околине нема делова који могу да се похабају. Фотонапонски системи су модуларни тако да се њихова снага може пројектовати за практично било коју примену. Шта више, додатни делови којима се повећава излазна снага лако се прилагођавају постојећим фотонапонским системима, што није случај са конвенционалним изворима електричне енергије, као што су термоелектране и нуклеарне електране, чија економска исплативост и изводљивост захтева мулти-мегаватне инсталације.

На слици 19. приказано је поље соларних фотонапонских панела који генеришу електричну енергију.



Слика 19. Соларни панели

7. Подела пријемника соларне енергије

Подела пријемника соларне енергије се може извршити према начину трансформације исте на:

- соларне колекторе,
- хибридне соларне колекторе и
- фотонапонске ћелије

7.1. Соларни колектори



Слика 20. Соларни колектори

Загревање помоћу Сунчевог зрачења је један од најстаријих начина коришћења Сунчеве енергије. Основни принципи загревања уз помоћ Сунца су били познати хиљадама година раније.

Први соларни уређаји датирају око пре 200 година. Први соларни колектор направио је швајцарски научник Horace de Saussure 1767. године. Први соларни колектор савремене технологије са бакарним цевима унутар термоизолованог кућишта је патентирао 1908. године William J. Baley у САД. Он је направио систем који је функционисао попут данашњих термосифонских система. Од тада па све до појаве нафтне кризе 70-их година није придавана велика пажња соларним системима. Нафтна криза је промовисала коришћење соларне енергије и од тада па све до данас соларни колектори и остали уређаји у оквиру активних соларних система се стално развијају, усавршавају и константно се повећава њихова примена.

Соларни колектори (слика 20) апсорбују енергију Сунца и помоћу ње загревају потрошну топлу воду или воду потребну за загревање простора. Соларни системи штеде енергију и тиме доприносе очувању околине. Такви системи апсорбују енергију Сунца, загревају ваздух или воду, који преносе топлоту и предају је води или директно у простор који се загрева. Један од најјефтинијих и најпродуктивнијих начина употребе обновљивих извора енергије у домаћинству је употреба енергије Сунца за припрему потрошне топле воде. Да би топла вода била доступна током читаве године, уобичајено је енергију Сунца користити у комбинацији с неким другим извором енергије, који се користи кад енергија Сунца није довољна да вода досегне жељену температуру. У просеку, овакви системи умањују потрошњу лож-уља или других извора енергије за две трећине. Тиме се умањују трошкови и нежељени утицаји на околину.

По врсти радног флуида којег користе соларни колектори се деле на:

- водене,
- ваздушне,
- и оне који користе друге течне флуиде (термичка уља).

Према основној конструкцији соларни колектори се могу поделити на:

- равне соларне колекторе и
- концентришуће соларне колекторе.

Према покретљивости панела соларни колектори се деле на:

- са непокретним панелом и
- покретним панелом који прате привидно кретање Сунца.

Соларни колектори са покретним панелом могу бити покретни око једне или две осе.

Основне врсте равних, водених соларних колектора су:

- незастакљени соларни колектори,
- застакљени соларни колектори,
- бојлерски соларни колектори,
- вакуумски соларни колектори.

7.2. Незастакљени, водени соларни колектори

Незастакљени водени соларни колектори су најједноставније и најјефтиније конструкције колектора. Састављени су само од апсорбера кроз који струји вода, загревајући се. Најчешће се израђују од црне пластике, отпорне на старење под ултравиолетним зрачењем као што можемо видети на слици 21.



Слика 21. Незастакљени водени колектори за загревање базена

Како је апсорбер у директном контакту са околним ваздухом, без стакленог покривача, апсорпција је максимална, али и емисија такође, као и конвективни губици. Незастакљени водени колектор има високу ефикасност која брзо опада са повећањем разлике температуре радног флуида и околине, као и смањењем инсолације. Ефикасност им нарочито опада при нижим спољашњим температурама и ветровитом времену. Зато се ови колектори користе за максималне температуре радног флуида до 30°C. При ниским ноћним температурама ови колектори и даље могу функционисати, али као конвективни грејачи.

7.3. Равни, водени, застакљени соларни колектори

Овај тип колектора је класичан. Састоји се од стаклене плоче, апсорбера, изолације и кутије колектора, као што можемо видети на слици 22. Цевни систем је интегрисан (спојен) са телом апсорбера на различите конструктивне начине.



Слика 22. Раван водени соларни колектор

Сунчево зрачење које пада на колектор, пролази својим највећим делом кроз стаклену плочу и апсорбује се на површини апсорбера. Провођењем кроз апсорбер и конвекцијом у интегрисаним цевима (или каналима) вода преузима топлотну енергију, на одговарајућем температурском нивоу. Што је радна температура виша, виши су и топлотни губици у околину, што се делимично умањује добром изолацијом која се налази у кутији колектора иза апсорберске плоче. Равни соларни колектори су најкоришћенија врста колектора, која је и најприступачнија на тржишту. Уобичајене радне температуре код ових колектора иду до 100°C. Код напредних и специјалних конструкција радне температуре могу ићи и до 200°C.

7.4. Бојлерски водени соларни колектори

Бојлерски соларни колектор је специфичне конструкције и основни циљ му је да редукује трошкове соларног система. Бојлерски колектор је заправо резервоар воде смештен у кутију затворену стаклом са осунчане стране. Површина резервоара је премазана апсорпционом бојом, селективном или не. Ова конструкција је ређе у употреби, јер поред ниже цене система има мању ефикасност, а постоје проблеми са постављањем бојлерског воденог колектора на крову стамбеног објекта са техничке и естетске стране. На слици 23 видимо пример изгледа бојлерског соларног колектора.



Слика 23. Соларни систем са бојлерским соларним колектором

7.5. Вакуумски водени соларни колектори

Постоји више различитих конструкција вакуумских соларних колектора. Заједничко им је то да између стаклене површине и апсорбера постоји безваздушни слој, који је реализован ради смањења губитака соларног колектора на вишим радним температурама. На слици 24 видимо пример изгледа вакуумског соларног колектора. Вакуумске водене колекторе можемо поделити на:

- вакуумске соларне колекторе са директим током и
- вакуумске соларне колекторе са топлотним цевима.

Што се тиче конструкције ових колектора, можемо их поделити на:

- вакуумске соларне колекторе стакло-метал са заједничким улазом и излазом радног флуида,
- вакуумске соларне колекторе стакло-метал са одвојеним улазом и излазом радног флуида,
- вакуумске колекторе стакло-стакло и
- равне вакуумске соларне колекторе.



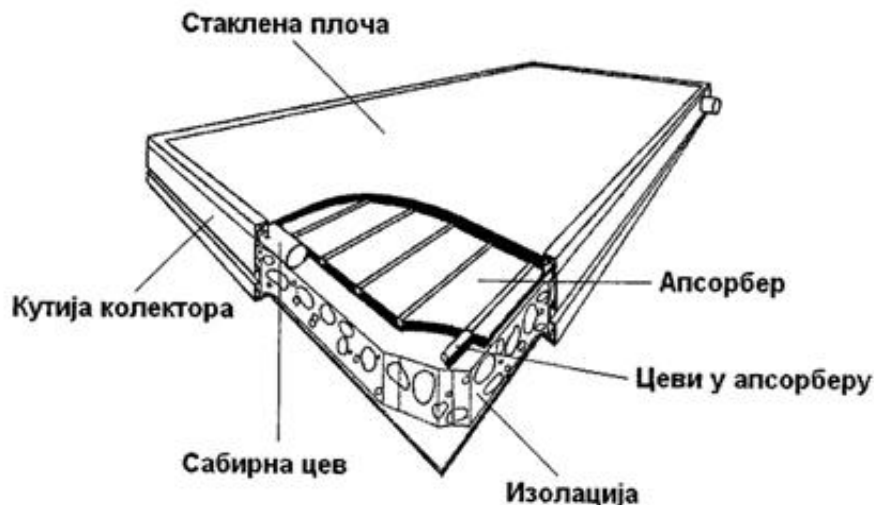
Слика 24. *Вакуумски колектор*

7.6. Апсорпција Сунчевог зрачења у соларном колектору

Равни соларни колектори се састоје од црне плоче, селективног или неселективног апсорбера, који прима Сунчево зрачење, прекривене једноструким или двоструким стаклом. Размак између апсорбера и стакленог покривача је обично 2-5 cm, а све је то смештено у добро изоловану кутију. Како је јединична површина соларног колектора 1 m² и више, гранични ефекти, тј. топлотни мостови, преноса топлоте се занемарују. Ако се ради о воденом колектору, у апсорберу је смештен сет цеви у којима вода прима апсорбовану топлотну енергију.

Када Сунчево зрачење доспе на стаклену плочу колектора под дефинисаним углом и (°), иако стакло у највећој мери пропушта ово зрачење, то није стопостотно.

На слици 25. видимо изглед равног соларног колектора и његове делове.



Слика 25. Равни соларни колектор

У табели 5. је дата зависност пропустљивог стакла соларног колектора, типичне дебљине (коэффициент дијатермије), од нападаоног угла зрачења i ($^{\circ}$) (incidence). Када зрак прође кроз стакло он неће бити потпуно апсорбован на плочи апсорбера. Она има свој коэффициент апсорпције $\alpha(-)$, који је приказан табелом 6. (класичан неселективни апсорбер). У тој истој табели је дат и производ $\gamma = \alpha \cdot \tau$, што представља оптичку ефикасност соларног колектора.

$i(^{\circ})$	0	60	70	80	90
$\tau (-)$	0.9	0.8	0.65	0.35	0

Табела 5. Пропустљивост стакла соларног колектора зависно од угла i

$i(^{\circ})$	0	60	70	80	90
$\alpha (-)$	0.92	0.85	0.75	0.60	0
$\alpha \cdot \tau (-)$	0.83	0.68	0.49	0.21	0

Табела 6. Коэффициент апсорпције апсорбера и оптичка ефикасност соларног колектора

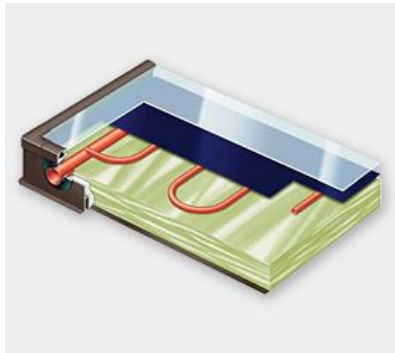
За умерене географске ширине, просечан производ $\alpha \cdot \tau$ током дана износи 0,7.

Основни елементи соларних колектора су: апсорбер, покривне плоче, термоизолација и кућиште, неке од њих можемо видети на слици 25.[6]

7.6.1. Апсорбер

Апсорбер (слика 26) представља најважнији део колектора Сунчевог зрачења. На апсорберу се врши топлотна конверзија Сунчевог зрачења. Апсорбована топлота се са апсорбера одводи до потрошача помоћу радног флуида (течности или ваздуха). Апсорбер је смештен преко целе површине колектора, што онемогућава појаву ваздушних турбуленција, а самим тим је губитак топлотне енергије сведен на минимум.

Апсорбери се израђују од материјала који имају добру топлотну проводљивост као што су бакар и алумунијум. У циљу што боље апсорпције треба да буду спектрално селектовани односно да имају ($\alpha > 0,9, \varepsilon < 0,2$), где је: α (-) - умањена апсорпција у области краткоталасног зрачења, ε (-) – коефицијент емисије.[8]



Слика 26. Апсорбер

7.6.2. Покривне плоче соларних колектора

Покривне плоче соларних колектора имају функцију да затворе простор испред апсорбујуће плоче и спрече губитке топлоте, а да притом обезбеде што бољи продор Сунчевог зрачења до апсорбујуће површине. Материјал који се користи мора бити отпоран на атмосферске утицаје средине. Нарочито, употребљен материјал мора бити отпоран на ултравиолетно зрачење које има деградациони утицај на карактеристике колектора. Такође, на покривну плочу негативно утичу високе и ниске температуре. Од интензитета пропуштене светлости директно зависи и укупни енергетски ефекат соларног колектора. Најчешће се за покривне плоче користе разне врсте стакла, полиетилен, ПВЦ.

7.6.3. Термоизолација

Термоизолација колектора се врши помоћу предњег покривача, (формирањем ваздушног слоја), бочне изолације и изолације са задње стране апсорбера. Унутрашња изолација колектора мора да је механички и хемијски стабилна на температурне стагнације колектора. Унутрашња изолација колектора не сме да испарава или емитује

гасове који би могли да прекрију унутрашњу страну покровног стакла и смањује његову трансмисију. Поред овога, унутрашња изолација не сме да се топи, шири или скупља у условима рада колектора.

За унутрашњу изолацију често се користи стаклена вуна која је без органских везива бела, а са органским везивима љубичаста, жута или оранж боје. Физичке карактеристике су дате у табели 7.

Врста термоизолације	Максимална температура ($^{\circ}\text{C}$)	Коефицијент топлотне проводљивости $\lambda (W / m^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$	Густина (kg / m^3)
стаклена вуна без везива	666	0,050-0,072	144-176
ст. вуна са високотемпературним везивом	250	0,043-0,058	48
ст. вуна са нискотемпературним везивом	140	0,036-0,072	8-24

Табела 7 Физичке карактеристике изолација

Код равних колектора за термоизолацију се користе пене које се уливају у колектор и имају добру механичку чврстоћу. Недостаци термоизолационих пена састоје се у њиховом топљењу и испаравању на температурама од 160 до 220 $^{\circ}\text{C}$.

7.7. Инсталација соларних панела

Један од најбољих начина да се искористи сунчева енергија јесте уз помоћ соларних колектора, који се обично инсталирају на крововима. Инсталација соларног колектора није претерано компликован процес, мада се препоручује стручна помоћ.

Један од најважнијих аспеката приликом инсталације соларних колектора јесте провера колико је могуће директно излагање сунцу. Што је директније излагање, већа је количина енергије која ће бити генерисана кроз панеле.

У случају да кров не добија онолико сунца колико би требало, плоче се постављају под одређеним углом. Ово је веома важно, јер уколико је колектора постављен под

одговарајућим углом онда ће искоришћеност сунчеве енергије бити максимална. Смернице:

- 0-15 степени географске ширине: угао постављања 15 степени;
- 15-25 степени географске ширине: исти угао постављања (исти проценат важи и до 40 степени географске ширине);
- >40 степени географске ширине: додати 20 степени за угао постављања на географску ширину.[9]

7.7.1. Постављање колектора

Израчунавање потребног броја колектора врши се помоћу следеће формуле:

$$N = \frac{Q}{Q_s S_k \eta} \quad (22)$$

где је:

Q - топлота потребна за загревање воде (kW/dan),

Q_s - енергија Сунчевог зрачења која у току дана падне на 1 m^2 површине,

S_k - површина једног колектора,

η - средња дневна ефикасност колектора.

7.7.2. Количина топлоте потребна за загревање воде

$$Q = \frac{n \cdot m}{3600} \cdot c_p \cdot (t_{iz} - t_{ul}) , \text{ (kW/dan)} \quad (23)$$

где је:

n - број чланова домаћинства,

m - маса воде по члану домаћинства у току дана (kg/dan),

$c_p = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$ – специфична топлота воде,

t_{iz} - температура излазне воде ($^\circ\text{C}$),

t_{ul} - температура улазне воде ($^\circ\text{C}$),

7.7.3. Максимална снага соларног система (колектора и бојлера)

$$P = I \cdot S_{uk} \cdot \eta, \quad (W) \quad (24)$$

где је:

I - максимални интензитет Сунчевог зрачења на датом месту (W/m^2),

S_{uk} - површина колектора у датом систему (m^2),

η - ефикасност колектора.

7.7.4. Површина измењивача топлоте

$$S_{izm} = \frac{P}{k \cdot (t_{iz} - t_v)}, \quad (m^2) \quad (25)$$

где је:

P - максимална снага соларног система (W),

k - коефицијент преноса топлоте са размењивача на воду у бојлеру ($W/m^2 \cdot ^\circ C$),

t_{iz} - средња температура воде у размењивачу топлоте ($^\circ C$),

t_v - температура у бојлеру ($^\circ C$).

7.7.5. Проток течности

Масени проток течности кроз размењивач топлоте и колекторе:

$$\dot{m} = \frac{P}{c_r(t_{iz} - t_v)}, \quad \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (26)$$

где је:

P - максимална снага соларног система (W),

c_r - специфична топлота течности која се креће кроз примарни круг (колектора и размењивача топлоте) ($\frac{kJ}{kg^{\circ}C}$),

t_{iz} - средња температура воде у размењивачу топлоте ($^{\circ}C$),

t_v - температура воде у бојлеру ($^{\circ}C$),

7.7.6. Тестирање равних колектора

Тестирање равних колектора регулисано је домаћим и међународним прописима. У нашој земљи тестирање колектора се врши у складу са ЈУС стандардом из 1988. године, у Европској Унији са ЕН 12975-1 из 2000. године, а у САД у складу са ASHRAE стандардом.

За одеђивање тренутне ефикасности равног колектора (η) са водом или ваздухом, користи се Hottel-Whiller-ova једначина (HWB модул):

$$\eta = F_R \left[\tau \cdot \alpha - K_L \cdot \frac{T_{ul} - T_a}{I} \right] \quad (27)$$

где је:

F_R - фактор преноса топлоте из колектора на радни флуид,

τ - коефицијент транспарентности стакла колектора,

α - коефицијент апсорпције Сунчевог зрачења апсорбера,

K_L -коефицијент топлотних губитака по јединици површине апсорбера ($W/ m^2 ^{\circ}C$),

T_{iz} - температура воде на излазу у колектор, ($^{\circ}C$)

T_{ul} - температура воде на улазу у колектор , ($^{\circ}C$)

T_a - температура околине , ($^{\circ}C$)

I - интензитет Сунчевог зрачења, (W/ m^2)

7.7.7. Услови за одређивање тренутне ефикасности колектора

За одређивање тренутне ефикасности колектора по Европском стандарду ЕН 12975-1 из 2000. године треба да буду испуњени следећи услови:

- да је интензитет Сунчевог зрачења $I \geq 800 \text{ W/ m}^2$,
- да је удео дифузног у укупном Сунчевом зрачењу $I_d < 30\%$,
- да је брзина ветра $v = (3 \pm 1) \text{ m/s}$,
- да је масени проток флуида кроз колектор $\dot{m}(0,002 \pm 0,0002) \text{ kg/s}$,
- да сунчево зрачење пада под колектор под углом од $(90 \pm 1,8)^\circ$,
- да се узимају у обзир температурне разлике између T_{ul} и T_{iz} , T_m и T_a веће од 1°C због ограничене тачности уређаја за мерење температуре,
- да је за цртање криве $\eta = f(T_m^*)$ снимљено најмање 16 тачака.

7.7.8. Одређивање тренутне ефикасности колектора

Колектор треба да буде постављен под углом од 45° у односу на хоризонталну раван, да је оријентисан према југу и да се мерења врше под напред датим условима. Мерења T_{ul} , T_{iz} , T_a и I треба вршити сваких 15 минута у току 2 сата (1 сат пре поднева и 1 сат после поднева). Интезитет Сунчевог зрачења мери се помоћу пиранометра постављеног у равни колектора.

На основу добијених података тренутна ефикасност колектора се израчунава помоћу следећег израза:

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{iz} - T_{ul})}{S \cdot I} \quad (28)$$

где је:

$\dot{m}$ - брзина протока воде кроз колектор (kg/s)

c_p - 4186 J/kg $^\circ\text{C}$ - специфична топлота воде

T_{iz} - температура воде на излазу из колектора ($^\circ\text{C}$)

T_{ul} - температура воде на улазу у колектор ($^\circ\text{C}$)

S - површина апсорбера (m^2)

I – интензитет Сунчевог зрачења (W/ m^2)

Тренутна ефикасност има следећу вредност:

$$\eta = \eta_{\max} = \eta_0 \quad \text{за} \quad T^* = 0, \quad \text{односно} \quad T_m = \frac{T_{ul} + T_{iz}}{2} = T_a \quad (29)$$

Тренутна ефикасност је једнака нули, када нема протока течности и одвођења топлоте из колектора, а тиме и до смањења η .

7.7.9. Одређивање дневне ефикасности соларног система са равним колекторима

За одређивање дневне ефикасности соларног система са равним колекторима користи се калориметар. У овом систему се помоћу калориметра одређује количина топлотне енергије која је у току дана ушла у бојлер (E_T), а помоћу пиранометра енергија Сунчевог зрачења која је доспела на колектор.[10]

Дневна вредност коефицијента ефикасности колектора добија се тако што се вредност топлотне енергије која је у току дана ушла у бојлер E_T (Wh) подели са енергијом Сунчевог зрачења која је за исто време доспела на колектор E_s (Wh):

$$\eta = \frac{E_T}{E_s} \quad (30)$$

Нето износ добијене топлотне енергије (E) добија се одузимањем енергије коју утроши циркулациона пумпа (E_p) од топлотне енергије која је ушла у бојлер (E_T):

$$E = E_T - E_p \quad (31)$$

8. Прорачун потребног броја соларних колектора

Тренутна ефикасност колектора се израчунава помоћу следећег израза:

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{iz} - T_{ul})}{S \cdot I} \quad (32)$$

где је:

$\dot{m}$ - масени проток воде кроз колектор (kg/s),

c_p - 4186 J/kg°C- специфична топлота воде,

T_{iz} - температура воде на излазу из колектора (°C),

T_{ul} - температура воде на улазу у колектор (°C),

S - површина апсорбера (m^2),

I – интензитет Сунчевог зрачења (W/m^2).

Проток кроз плочасти колектор је 30 l/h по m^2 површине тј. 0,5 l/min по m^2 , односно то је око 0,0083 kg/s. Дакле имамо да је:

$$\dot{m} = 0,0083 \text{ kg/s}$$

$$T_{iz} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{ul} = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$S = 7,5 \text{ m}^2$$

$I = 1350 \text{ W/m}^2$ - (просечни интензитет сунчевог зрачења који се креће у границама од 1307 до 1393 W/m^2).

Када се ови подаци замене у формули 32 добијамо

$$\eta = \frac{0,0083 \cdot 4186 \cdot (50 - 13)}{7,5 \cdot 1350} = 0,127$$

Из претходног израза се види да је ефикасност колектора $\eta = 0,127$.

Количина топлоте потребна за загревање се прорачунава по формули:

$$Q = \frac{n \cdot m}{3600} \cdot c_p \cdot (t_{iz} - t_{ul}), \text{ (kW/dan)} \quad (33)$$

где је:

n - број чланова домаћинства,

m - маса воде по члану домаћинства у току дана (kg/dan),

c_p = 4,18 kJ/kg°C – специфична топлота воде,

T_{iz} - температура излазне воде (°C),

T_{ul} - температура улазне воде (°C),

За улазне податке:

$$n = 6$$

$$m = 40 \text{ l/дан}$$

$$c = 4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

$$T_{iz} = 50^\circ\text{C}$$

$$T_{ul} = 13^\circ\text{C}$$

добија се да је количина топлоте потребна за загревање воде:

$$Q = \frac{6 \cdot 40}{3600} \cdot 4,18 \cdot (50 - 13) = 10,31 \frac{\text{kW}}{\text{dan}}$$

Израчунавање потребног броја колектора врши се помоћу следеће формуле:

$$N = \frac{Q}{Q_s S_k \eta} \quad (34)$$

где је:

Q - количина топлоте потребна за загревање воде (kW/dan),

Q_s - енергија сунчевог зрачења која у току дана падне на 1 m^2 површине,

S_k - површина једног колектора,

η - средња дневна ефикасност колектора.

Улазни подаци су:

$$Q = 10,31 \text{ kW/dan}$$

$$Q_s = 3,97 \text{ kWh/m}^2 \text{ - просечна дневна енергија сунчевог зрачења за Крагујевац}$$

$$S_k = 7,42 \text{ m}^2$$

$$\eta = 0,127$$

Када се ове вредности замене у формули 34 добијамо:

$$N = \frac{10,31}{3,97 \cdot 7,42 \cdot 0,127} = 2,75$$

По прорачуну смо добили да је потребан број колектора 2,75. Усвојено је да је неопходно 3 колектора за дати објект. Тај податак је касније коришћен у софтверском пакету RETScreen.

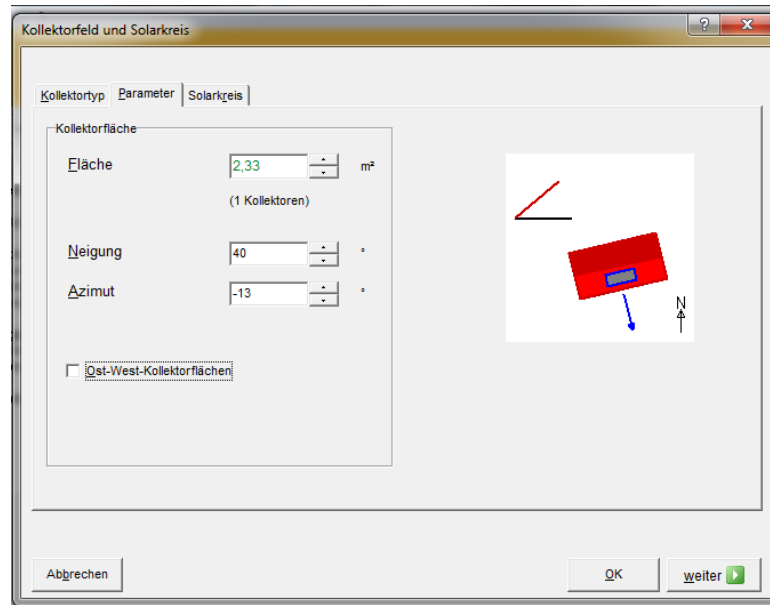
9. Објект над којим је вршена анализа

Објект се налази у општини Крагујевац насеље Ждраљица улица Драгише Луковића 12, на географским координатама 43°58'47.00'' N и 20°56'06.19''W (слика 27). Објект је изграђен 1972 године. У објекту живи 6 особа.



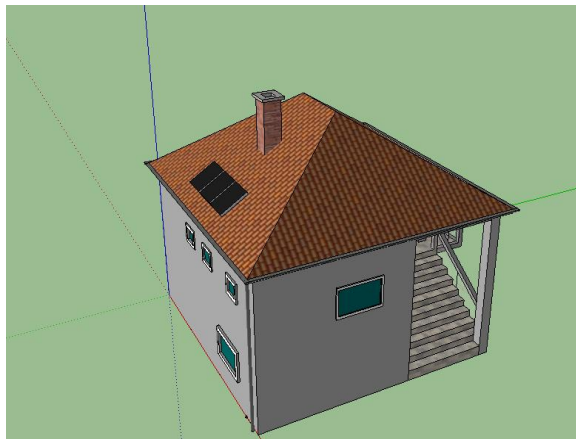
Слика27. Положај објекта

Објект је изграђен у комбинацији бетона и блока, док је кров изграђен у комбинацији дрво-цреп. Темелј је изграђен од бетона и арматуре, димензија 9 m x 11 m односно површине 99 m². Кућа је изграђена на два нивоа - приземље и спрат. Унутрашња површина приземља, односно површина простора за живот је око 87 m² док је површина унутрашњег простора на спрату око 74 m² с'тим што се на спрату налази и тераса са степеништом површине од око 18,5 m². Укупна површина унутрашњих просторија је око 161 m². Зидови су урађени блоком марке Бечеј димензија 25x20x20 cm док су унутрашње просторије преграђене преградним блоком. Зидови су омалтерисани са унутрашње и спољашње стране. Постављени су олуци који су повезани са три вертикале са дренажним цевима који кишницу воде даље у канализацију. Кров је урађен на четири воде црепом ТМ Кикинда и није топлотно изолован, али је у одличном стању, не прокишњава, греде и летве су у добром стању и погодан је за уградњу соларних колектора. Кров је под углом од приближно 40°. Жутом бојом је обележена страна крова где је предвиђено постављање соларних колектора.



Слика 28. Одређивање азимута

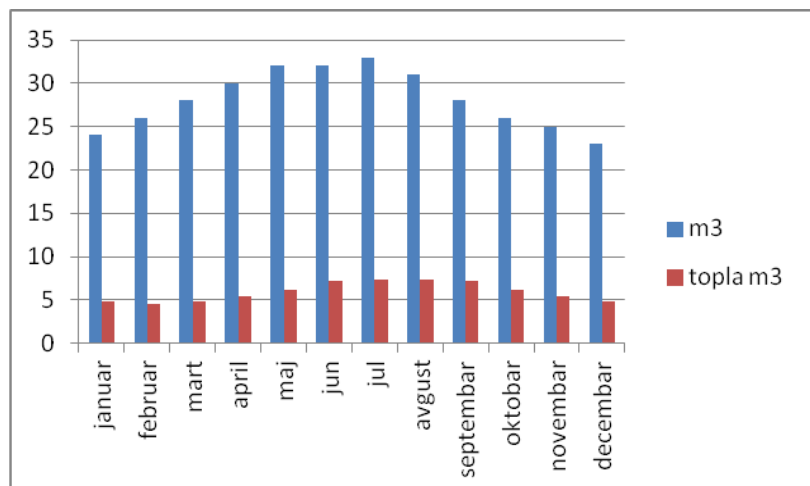
За одређивање азимута (слика28) коришћен је програм GetSolar (Weishaupt) [11], помоћу кога је добијено да је азимут -13° , за објекат за који је посматран.



Слика 29. 3Д модел објекта

У објекту се налазе два купатила и две кухиње, на сваком спрату по кухиња и купатило. То су просторије где се највише користи топла вода. У оба купатила се налазе бојлери од по 80 l, који се користе за загревање воде. На слици 29 је приказан 3Д модел објекта са инсталираним соларним колекторима.

Потрошња воде је детаљно приказана на дијаграму потрошње. Из њега можемо закључити да се највише воде троши током летњих месеци, а најмање током зимских. Највише је потрошено током месеца јула - 33 m^3 , док је најмање потрошено током месеца децембра - 23 m^3 . На слици 30 дат је дијаграм потрошње хладне и топле воде.



Слика 30. Дијаграм потрошње воде

Најчешће области коришћења воде у овом стамбеном објекту су:

- Кухиња (кување, спремање хране и прање судова),
- Купатило (лична хигијена, туширање, умивање итд),
- Прање веша,
- Вода за пиће и
- Остале кућне потребе (заливање траве, цвећа, баште, прање бетона, прање аутомобила итд)

Топла вода добијена из соларних колектора користила би се за загревање топле воде у бојлерима, односно пре свега за употребу у купатилу и кухињи. Топла вода се у кухињи користи за прање судова. Потрошња топле воде се креће од $4,6 \text{ m}^3$ до $7,4 \text{ m}^3$ у зависности од периода у којем се топла вода користи. У просеку се у зимском периоду потроши око 160 l топле воде дневно, док потрошња у летњем периоду долази и до 240 l топле воде на дан.

10. Основне климатске карактеристике на територији Србије

Клима Србије се може описати као умерено-континентална са мање или више израженим локалним карактеристикама. Просторна расподела параметара климе условљена је географским положајем, рељефом и локалним утицајем, као резултатом комбинације рељефа, расподеле ваздушног притиска већих размера, експозицијом терена, присуством речних система, вегетацијом, урбанизацијом итд. Од географских одредница које карактеришу битне синоптичке ситуације значајне за време и климу Србије треба споменути Алпе, Средоземно море и Ђеновски залив, Панонску низију и долину Мораве, Карпате и Родопске планине као и брдовито планински део са котлинама и висоравнима. Преовлађујући меридионални положај котлина река и равничарски предео на северу земље, омогућују дубоко продирање поларних ваздушних маса на југ.

Просечна годишња температура ваздуха за период 1961–1990. за подручја са надморском висином до 300 m износи 10.9°C. Подручја са надморском висином од 300 до 500 m имају просечну годишњу температуру око 10 °C, а преко 1000 m надморске висине око 6.0°C. Апсолутни максимум температуре у периоду 1961–1990. измерени су у јулу, и крећу се у интервалу од 37.1 до 42.3°C у нижим пределима, док се у планинским подручјима крећу од 27.6 до 34.0°C. У августу је такође веома топло, са измереним максималним температурама у инетрвалу од 37.4 до 40.3°C. Апсолутне минималне температуре регистроване су у јануару, у опсегу од -30.7 до -21.0°C у нижим пределим, док се у планинским подручјима крећу од -35.6 до -20.6°C.

Годишње суме падавина у просеку расту са надморском висином. У нижим пределима годишња висина падавина се креће у интервалу од 540 до 820 mm. Подручја са надморском висином преко 1000 m просечно имају 700 до 1000 mm падавина, а неки планински врхови на југозападу Србије обилније падавине до 1500 mm. Већи део Србије има континентални режим падавина, са већим количинама у топлијој половини године, изузев југозападних крајева где се највише падавина измери у јесен. Најкишовитији је јуни, када у просеку падне 12 до 13% од укупне годишње суме падавина. Најмање падавина имају месеци фебруар и октобар. Појава снежног покривача карактеристична је за хладнији део године од новембра до марта, а највећи број дана са снежним покривачем је у јануару.

Годишње суме трајања сијања Сунца крећу се у интервалу од 1500 до 2200 сати годишње.

Приземна ваздушна струјања су у великој мери условљена орографијом. У топлијем делу године преовлађују ветрови са северозапада и запада. Током хладнијег дела године доминира источни и југоисточни ветар–кошава. У планинским областима на југозападу Србије преовлађују ветрови са југозапада. [12]

У Крагујевцу влада умерено-континентална клима.

- Надморска висина 180 – 220 m
- Најхладнији месец - јануар -5°C
- Најтоплији месец - јул $+27^{\circ}\text{C}$
- Просечна годишња температура $+11.5^{\circ}\text{C}$
- Највлажнији месец - децембар - влажност 79%
- Најсувљи месец - септембар - влажност 39%
- Просечна годишња количина падавина 550 l/m^2
- Дани са температуром преко 25°C - 92
- Број ледених дана (испод нуле) - 96
- Број дана под снегом - 34 (највише јануар)
- Највише падавина - јун - просек 83 l/m^2
- Најмање падавина - фебруар - просек 32 l/m^2
- Просечан број сунчаних сати - 5.5 h/дан
- Најмањи број сунчаних сати - децембар 2.1 h/дан
- Највећи број сунчаних сати - јун 8.8 h/дан

11. RETScreen

11.1. Увод у програм RETScreen

Да би се могло прецизно пројектовати један енергетски ефикасан систем, потребно је урадити анализу исплативости пре него што се крене у реализацију било ког корака пројекта. Некада се то заснивало на искуству и оштоумности инжењера и мајстора, данас је то далеко софистицираније. Користе се многи програми који нам у зависности од врсте улагања и уложених средстава дају исплативост инвестиције, било да се ради добити у новцу, енергији или смањењу емисије стакленичких гасова.

Тако се на један брз и прецизно прихватљиви начин може одредити време повраћаја новца и улагања. Као квалитетно и широкообухватно софтверско решење данас се нуди RETScreen, преведен на 36 језика, са широком лепезом покривених обновљивих извора енергије. Посебно се истиче могућност обрачунавања енергетске ефикасности, хлађења, загревања, поред добијања електричне енергије, што може итекако помоћи енергетским менаџерима и инжењерима.

RETScreen представља софтвер којим се омогућава помоћ у доношењу одлука у области чисте енергије. Настао је као подршка Канадске владе као део канадског програма популаризације проблема и еколошком приступу решавања климатских промена и смањењу загађивања животне средине. Својом доступношћу, чак у слободној бесплатној верзији (free download, потребан је Microsoft® Excel 97 или новији) постао је светски прихваћен и популаран, тако да се примењује у 222 земаља и да има око 2.8 милиона корисника.

У њега су уткана знања експерата из владе, индустрије и академских установа, тако да се могу користити у: производњи електричне и топлотне енергије, анализи трошкова у току животног циклуса, и смањењу количине гасова стаклене баште за разне типове енергетске ефикасности и технологија обновљивих извора енергије. Зато нуди доносиоцима одлука брз, поуздан, једноставан и релативно јефтину процену одрживости пројекта из ОИЕ. Његовом применом укупно се уштедело преко 5 милијарди долара, а планови су да се до 2013. године премаши цифра од 8 милијарди, подстакне инсталирање око 24 GW зелене снаге. Дакле, према наведеном, програм даје пет врсти анализе: енергије, трошкова, емисија, финансијска анализа и анализа ризика.

Имплементиране и обрађене технологије кроз засебне моделе RETScreen-а су свеобухватне: традиционални и нетрадиционални извори чисте енергије, конвенционалне технологије и изворе енергије. Примери ових пројектних модела су: енергетска ефикасност (од великих индустријских постројења до индивидуалних стамбених објеката), грејање и хлађење (нпр. биомаса, грејне пумпе и соларно грејање ваздух/вода), енергетска снага (обновљиви извори као што су соларни, ветар, таласни, хидро,

геотермални, итд., али и конвенционалне технологије као што су гасне или парне турбине и реципрочни мотори), и копроизводња топлоте и енергије (когенерација).

Сам програм поседује велике базе података о производима, примерима-пројектима, клими (подаци потичу од 4.700 станица у свету и сателитских мерења агенције NASA који покривају простор целе планете) и хидрологији, као и везе са свим светским мапама енергетских извора. Ово је јако битно за тачност добијених резултата и поузданости у улагање у ОИЕ.

Поред климатских података ту је и богата база података о соларни панелима, ветрењачама, гасним турбинама, геотермалних турбина, горивним ћелијама, хидротурбинама, клипним моторима, парним турбинама, соларним колекторима. Уз то омогућено је комбиновање више извора тј. хибридних система, потпуно одвојених off-grid (ван мреже), или повезаних grid-connected (централна мрежа, централна мрежа и унутрашње оптерећење, изолована мрежа, изолована мрежа и унутрашње оптерећење).

Захваљујући напоменутим карактеристикама, софтвер је омогућио:

- Развој низа нових модела за процену мерења енергетске ефикасности за стамбене, комерцијалне и институционалне зграде, заједнице, индустријске објекте и процесе,
- Експанзија климатске базе подата у 6,500 метеоролошких локација по целом свету и сједињавање са побољшаним сетом површинских метеоролошких података NASA-е и података о соларној енергији за насељене области, директно у софтверу,
- Интеграција постојећих модела за обновљиве изворе енергије (нпр. енергије ветра) и комбинованог грејања и снаге, уз нове моделе за мерење енергетске ефикасности, и то све у један софтверски фајл, и проширење могућности постојећих модела да процене помаљајуће технологије, као што је океанска струја и снага таласа.
- Превод интегрисаног софтвера у једном фајлу и база података на 36 језика (на пр. српски, француским немачки, хинду, италијански, португалски, итд.).
- Широка распрострањеност алата путем веб сајта, са локално оријентисаним обукама и раширеном интернационалном мрежом RETScreen инструктора и партнера који пружају помоћ.

Уз RETScreen, Канада заузима водећу позицију у области развоја технологије чисте енергије – а ово је кључни елемент у борби против климатских промена, тј. њиховом решавању и заштите животне средине, у земљи и иностранству, дајући знатан позитиван утицај на индустрију чисте енергије у целом свету.[13]

Сам софтвер се састоји од седам радних листова приказаних, а то су:

- Почетна страна (Start),
- Енергетски модел (Energy Model),
- Анализа трошкова (Cost Analysis),
- Анализа емисије (Emission Analysis),
- Анализа финансија (Financial Analysis),
- Анализа ризика (Risk Analysis),
- Алати (Tools).

11.2. Унос података у програм

11.2.1. Почетна страна

Почетна страна (Start) (слика31) је страна на којој се уносе информације о пројекту. У првом делу се уноси назив пројекта и локација пројекта, као и остали подаци за кога је припремљен пројекат, ко га је припремио, тип пројекта, технологија. Врше се и нека фина подешавања као што је одабир језика, валуте и мерне јединице. Потом се из базе података (слика 32) учитавају потребне вредности климатских услова локације за коју се врши анализа, или се уносе подаци уколико не постоји локација. Конкретно у овом случају у бази података нису постојали подаци за Крагујевац, па су уношени коришћењем информација из Републичког хидрометеоролошког завода Србије.

Softver za analizu projekata čiste energije

Informacije o projektu

[Pogledati bazu projekata](#)

Naziv projekta

Solarno grejanje vode

Lokacija projekta

Kragujevac

Pripremljeno za

Master rad

Pripremio

Saša Lukić

Tip projekta

Grejanje

Tehnologija

Solarni grejač vode

Tip analize

Metod 2

Referentna vredost grejanje

Visoka toplotna vrednost (HHV)

Prikaz podešavanja

☒

Jezik

Serbian - Srpski

Korisnička dokumentacija

English - Anglais

Valuta

Euro

Jedinice

Metričke jedinice

Referentna stanja područja

[Pogledati klimatske podatke za lokaciju](#)

Lokacija klimatskih podataka

Kragujevac

Prikaz podataka

☒

Početak

Energetski Model

Analiza Troškova

Analiza Emisije

Analiza Finansija

Analiza Rizika

Alati



Слика 31. Почетна страна

RETScreen

Zemlja - region: Srbija

Provincija / Država: n/a

Lokacija klimatskih podataka: Kraljevo

Geografska širina: 43.7 °N

Geografska dužina: 20.7 °E

Elevacija: 217 m

Projektovana temperatura grejanja: -7.9 °C

Projektovana temperatura hlađenja: 31.0 °C

Amplituda temperature zemlje: 20.6 °C

Izvor: Uzemljenje

	Temperatura vazduha °C	Relativna vlažnost %	Dnevno solarno radijacija - horizontalno kWh/m²/d	Atmosferski pritisak kPa	Brzina vetra m/s	Temperatura zemlje °C	Grejanje stepen dani °C-d	Hlađenje stepen-dani °C-d
Jan	0.3	81.6%	1.64	94.4	1.3	-2.0	549	0
Feb	1.9	74.6%	2.39	94.2	1.6	-0.4	451	0
Mar	6.2	68.4%	3.36	94.1	2.0	4.7	366	0
Apr	11.6	66.7%	4.11	93.9	1.9	10.0	192	48
Maj	16.5	69.1%	4.96	94.1	1.5	15.7	47	202
Jun	19.4	70.5%	5.63	94.1	1.3	19.5	0	282
Jul	21.6	68.5%	5.92	94.1	1.2	22.2	0	360
Avg	21.4	68.1%	5.26	94.2	1.2	22.2	0	353
Sep	16.8	73.8%	3.85	94.3	1.3	17.0	36	204
Okt	11.8	77.6%	2.64	94.5	1.5	11.1	192	56
Nov	5.7	79.7%	1.60	94.3	1.7	4.3	369	0
Dec	1.4	82.9%	1.32	94.4	1.5	-0.9	515	0
Godišnje	11.3	73.5%	3.56	94.2	1.5	10.3	2,716	1,504
Izvor	Uzemljenje	Uzemljenje	NASA	NASA	Uzemljenje	NASA	Uzemljenje	Uzemljenje
Mereni na	m				10	0		

Слика 32. База података RETScreen-на

Подаци о локацији садрже све потребне климатске информације о тој локацији које су потребне за даљи прорачун. Ту се такође уносе и географске координате локације (географска ширина и дужина) и надморска висина, као и пројектоване температуре грејања и хлађења, и амплитуда температура земље. Потом се уносе подаци о температури ваздуха, релативној влажности, дневној соларној радијацији, атмосферском притиску итд., а затим, за сваки месеце у периоду од годину дана, програм на крају рачуна просечне вредности на годишњем нивоу. Целокупан поступак је приказан на слици 33.

	Lokacija klimatskih podataka		Lokacija projekta	
	Jedinica			
Geografska širina	°N	44.0	44.0	
Geografska dužina	°E	20.6	20.6	
Elevacija	m	185	185	
Projektovana temperatura grejanja	°C	-7.9		
Projektovana temperatura hlađenja	°C	31.0		
Amplituda temperature zemlje	°C	20.6		

Mesec	Temperatura vazduha	Relativna vlažnost	Dnevno solarno radijacija - horizontalno	Atmosferski pritisak	Brzina vetra	Temperatura zemlje	Grejanje stepen dani	Hlađenje stepen-dani
	°C	%	kWh/m²/d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Januar	0.9	79.0%	1.50	100.3	1.6	-2.0	549	0
Februar	2.3	75.0%	2.40	100.6	1.1	-0.4	451	0
Mart	6.6	69.0%	3.35	98.8	1.5	4.7	366	0
April	11.7	67.0%	4.80	99.0	0.9	10.0	192	48
Maj	16.7	68.0%	5.85	99.4	0.8	15.7	47	202
Jun	20.0	68.0%	6.10	99.4	0.8	19.5	0	282
Jul	21.9	65.0%	6.45	99.3	1.1	22.2	0	360
Avgust	21.5	67.0%	5.90	99.3	0.6	22.2	0	353
Septembar	16.9	72.0%	4.85	99.5	0.4	17.0	36	204
Oktobar	11.9	75.0%	3.30	99.9	0.7	11.1	192	56
Novembar	6.4	77.0%	1.70	99.7	1.0	4.3	369	0
Decembar	2.1	81.0%	1.30	99.9	1.2	-0.9	515	0
Godišnje	11.6	71.9%	3.97	99.6	1.0	10.3	2,716	1,504
Mereni na	m				10.0	0.0		

Слика 33. Подаци о локацији

11.2.2. Енергетски модел (Energy Model)

Радни лист Енергетски модел (Energy Model) служи за прецизно дефинисање пројекта одређује се технологија и сврха пројекта. У овом случају бира се опција топла вода, јер је пројекат рађен за загревање воде помоћу соларних колектора на објекту. Из падајућег менија се бира тип објекта, затим се уносе подаци о броју особа (корисника) који живе у објекту, проценат искоришћења, потрошњи воде у литрима по дану, температура воде, дани функционисања у току недеље итд.. Потом се одређује проценат искоришћења месечно. У овом случају видимо да систем није предвиђен да ради у току зиме где се очекују веће снежне падавине, јер би чишћење снега додатно повећало укупну цену система. Затим се уноси целокупна цена система, која ће касније бити детаљно објашњена. Изглед уводног дела радног листа енергетски модел дат је на слици 34.

Projekat grejanja		Solarni grejač vode	
Tehnologija			
Karakteristike opterećenja		☐ Plivački bazen ☒ Topla voda	
Aplikacija			
		Jedinica	Osnovni slučaj
Tip opterećenja			Kuća
Broj jedinica			6
Vrednost zauzeća		%	100%
Dnevno korišćenje tople vode - procena		L/d	360
Dnevno korišćenje tople vode		L/d	400
Temperatura		°C	50
Dana u funkciji u toku nedelje		d	7
		Predloženi slučaj	400
			50
			7
☒ Procenata iskorišćeno mesečno		Mesec	
		Januar	0%
		Februar	0%
		Mart	30%
		April	70%
		Maj	100%
		Jun	100%
		Jul	100%
		Avgust	100%
		Septembar	100%
		Oktobar	50%
		Novembar	30%
		Decembar	0%
Metod dopune temperature		Formula	
Temperatura vode - minimalna		°C	7.9
Temperatura vode - maksimalna		°C	15.2
		Jedinica	Osnovni slučaj
Grejanje		MWh	3.6
		Predloženi slučaj	3.6
		Sačuvana energija	0%
		Dodatni inicijalni	€ 4,800

Слика 34. Подаци о објекту

У другом делу енергетског модела (слика35) врши се процена ресурса, мод соларног праћења у овом случају је фиксиран, нагиб кровне конструкције, као и азимут. RETScreen даље сам прорачунава соларну радијацију помоћу података који су унесени у предходном делу програма.

Procena resursa
Mod solarnog praćenja
Nagib
Azimut

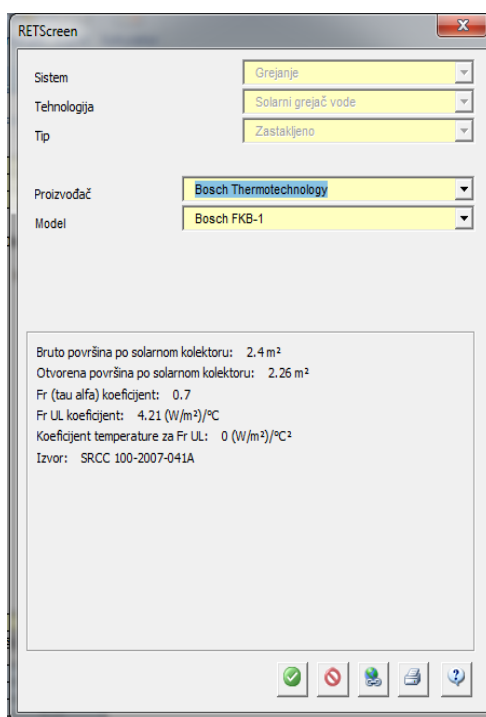
Fiksirano
40.0
-13.0

Prikaz podataka

	Dnevno solarno radijacija - horizontalno	Dnevna solarna radijacija - imenovana
Mesec	kWh/m ² /d	kWh/m ² /d
Januar	1.50	2.59
Februar	2.40	3.55
Mart	3.35	4.07
April	4.80	5.06
Maj	5.85	5.54
Jun	6.10	5.51
Jul	6.45	5.95
Avgust	5.90	5.98
Septembar	4.85	5.79
Oktobar	3.30	4.85
Novembar	1.70	2.81
Decembar	1.30	2.29
Godišnje	3.97	4.50
Godišnja solarna radijacija - horizontalna	MWh/m ²	1.45
Godišnja solarna radijacija - imenovana	MWh/m ²	1.64

Слика 35. Подаци о соларној радијацији

Из базе података (слика 36) се бира модел соларног колектора, у овом случају је изабран модел Bosch FKB-1, где су приказане и све његове карактеристике. RETScreen користи све податке о овом соларном колектору у даљим прорачунима.



Слика 36. База података соларних колектора

У завршном делу радног листа енергетског модела су подаци о самом колектору који смо изабрали из базе података, броју колектора који се користе, површини и капацитету, као и подаци о губицима, складишту итд. Уносе се подаци о цени електричне енергије, типови горива, ефикасност итд. Завршни део радног листа енергетског модела дат је на слици 37.

Solarni grejač vode

Tip
Proizvođač
Model
Bruto površina po solarnom kolektoru
Otvorena površina po solarnom kolektoru
Fr (tau alfa) koeficijent
Fr UL koeficijent
Koeficijent temperature za Fr UL
Broj kolektora
Površina solarnog kolektora
Kapacitet
Ostali gubici

Zastakljeno	
Bosch Thermotechnology	
Bosch FKB-1	
m²	2.40
m²	2.26
	0.70
(W/m²)/°C	4.21
(W/m²)/°C²	0.000
	3
m²	7.20
kW	4.74
%	1.0%

2

Ravnoteža sistema i ostalo

Skladište
Kapacitet skladišta / površina solarnog kolektora
Kapacitet skladišta
Grejni izmenjivač
Efikasnost grejnog izmenjivača
Ostali gubici
Snaga pumpe / površina solarnog kolektora
Količina električne energije

	Da
L/m²	60
L	406.4
da/ne	Da
%	85.0%
%	3.0%
W/m²	1.00
€/kWh	0.040

Pregled

Električna energija - pumpa
Dostavljena toplota
Solarni deo

MWh	0.0
MWh	2.9
%	81%

Grejni sistem

Verifikacija projekta
Tip goriva
Sezonska efikasnost
Potrošnja goriva - godišnja
Protok goriva
Troškovi goriva

	Osnovni slučaj	Predloženi slučaj	
	Električna energija	Električna energija	
	90%	90%	
MWh	4.0	0.7	MWh
€/kWh	0.040	0.040	€/kWh
€	159	29	

Слика 37. Информације о систему

11.2.3. Анализа трошкова (Cost Analysis)

Радни лист Анализа трошкова (Cost Analysis) (слика 38.) служи за дефинисање трошкова, тачније свих уложених средстава у пројекат. У овом случају цена целокупног система је унесена у предходном делу и у овом делу се уноси само цена инжињеринга. Под инжињерингом се поразумева пројектовање и уградња система. Предпоставља се и део средстава који је потребан за одржавање на годишњем нивоу.

RETScreen analiza troškova -Projekat grejanja

Podešavanja		Beleške/Domet		Beleške/Domet	Ništa
☒ Metod 1		☐ Sekundarna valuta			
☐ Metod 2		☐ Dodeljivanje troškova			

Početni troškovi (kredit)	Jedinica	Količina	Troškovi jedinice	Količina	Relativni troškovi
Studija izvodljivosti					
Studija izvodljivosti	trošak		€	-	
Podbir:			€	-	0.0%
Razvoj					
Razvoj	trošak		€	-	
Podbir:			€	-	0.0%
Inženjering					
Inženjering	trošak	1	€ 500	500	
Podbir:			€	500	9.4%
Grejni sistem					
Solarni grejač vode			€	4,800	
Korisnički definisano	trošak		€	-	
Podbir:			€	-	
Ravnoteža sistema i ostalo					
Rezervni delovi	%		€	-	
Transport	projekat		€	-	
Edukacija i ovlašćivanje	p-d		€	-	
Korisnički definisano	trošak		€	-	
Nepredviđeni troškovi	%		€ 5,300	-	
Kamata tokom izgradnje			€ 5,300	-	
Podbir:			€	-	0.0%
Uneti broj meseci					
Ukupni početni troškovi			€	5,300	100.0%

Godišnji troškovi (kredit)	Jedinica	Količina	Troškovi jedinice	Količina
Pogon i održavanje				
Obrada i delovi	projekat		€	-
Korisnički definisano	trošak	1	€ 50	50
Nepredviđeni troškovi	%	10.0%	€ 50	5
Podbir:			€	55
Troškovi goriva - preloženi slučaj				
Električna energija	MWh	1	€ 40.000	30
Podbir:			€	30

Godišnja ušteda	Jedinica	Količina	Troškovi jedinice	Količina
Troškovi goriva - osnovni slučaj				
Električna energija	MWh	4	€ 40.000	159
Podbir:			€	159

Periodični troškovi (kredit)	Jedinica	Godina	Troškovi jedinice	Količina
Korisnički definisano	trošak		€	-
			€	-
Kraj životnog veka projekta	trošak		€	-

Слика 38. Анализа трошкова

11.2.4. Анализа емисије (Emission Analysis)

Радни лист Анализа емисије (Emission Analysis) (слика 39) служи за одређивање емисије гасова стаклене баште упоређујући различите типове горива који се користе за загревање воде. У овом случају постоје два типа горива и то соларно и електрична енергија, приказује се проценат њиховог коришћења у току године, емисија гасова стаклене баште појединачно за сваки тип горива и укупна емисија гасова. На крају добијамо извештај о смањењу гасова стаклене баште.

RETScreen analiza smanjenja emisije -Projekat grejanja

Analiza Emisije

Metod 1

Metod 2

Metod 3

Osnovni slučaj elektro energetskog sistema (polazna linija)

Zemlja - region	Tip goriva	Emisija gasova staklene bašte faktor tCO2/MWh	Prenos i distribucija gubici %	Emisija gasova staklene bašte faktor tCO2/MWh
Srbija	Svi tipovi	0.529		0.529

Osnovne promene tokom radnog veka projekta

Izveštaj o gasovima staklene bašte projekta osnovnog slučaja (polazna linija)

Tip goriva	Smeša goriva %	Gorivo utrošak MWh	Emisija gasova staklene bašte tCO2/MWh	Emisija gasova staklene bašte tCO2
Električna energija	100.0%	4	0.529	2.1
Ukupno	100.0%	4	0.529	2.1

Izveštaj o gasovima staklene bašte projekta predloženog slučaja (Projekat grejanja)

Tip goriva	Smeša goriva %	Gorivo utrošak MWh	Emisija gasova staklene bašte tCO2/MWh	Emisija gasova staklene bašte tCO2
Solarno	79.6%	3	0.000	0.0
Električna energija	20.4%	1	0.529	0.4
Ukupno	100.0%	4	0.108	0.4

Izveštaj o smanjenju emisije gasova staklene bašte

	Osnovni slučaj Emisija gasova zelene bašte tCO2	Predloženi slučaj Emisija gasova zelene bašte tCO2	Bruto godišnje Emisija gasova zelene bašte tCO2	Krediti gasova staklene bašte %	Neto godišnje Emisija gasova zelene bašte tCO2
Projekat grejanja	2.1	0.4	1.7		1.7
Neto godišnje smanjenje emisije gasova staklene bašte	1.7	tCO2	jednak je	0.3	Automobili i laki kamioni nisu korišćeni

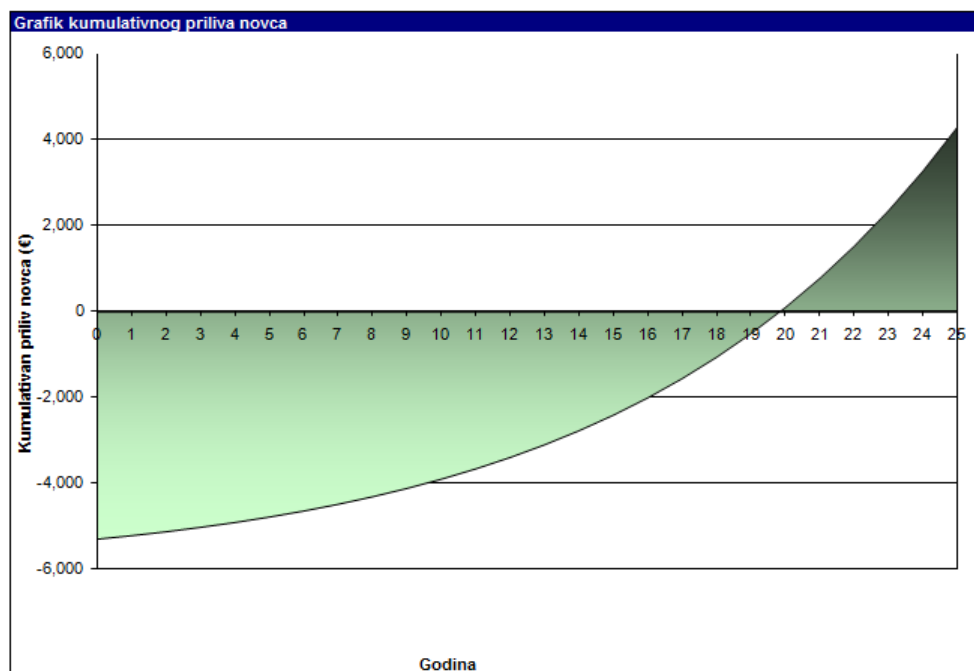
Слика 39. Анализа емисије

11.2.5. Анализа финансија (Financial Analysis)

Ради лист анализа финансија (Financial Analysis) нам даје тачан преглед исплативости пројекта. У делу финансијски параметри приказани су степен раста трошкова горива, степен инфлације, износ попушта и век трајања пројекта. Обзиром на данашње стање у држави ове вредности се не могу прецизно одредити, али сами можемо проценити да је финансијска ситуација у држави веома тешка и не можемо рачунати на никакве попусте и подстицаје државе, а што се инфлације тиче биће све већа и већа, као и цене горива које непрестано расту. Почетни део радног листа анализа финансија дат је на слици 40.

У делу извештаји о трошковима и уштеди/приходу пројекта приказују се уложена средства, годишњи трошкови, годишњи приходи и уштеде.

Finansijski parametri						Zveštaj o troškovima i ušteđi/prihodu projekta				Godišnji protok novca			
Opšti						Početni troškovi				Godin.	Pre	Posle	Kumulativno
										#			
Stepen rasta troškova goriva	%	10.0%	Inženjering	9.4%	€	500				0	-5,300	-5,300	-5,300
Stepen inflacije	%	8.0%	Grejni sistem	90.6%	€	4,800				1	82	82	-5,218
Iznos popusta	%	0.0%								2	92	92	-5,126
Vek trajanja projekta	god.	25								3	102	102	-5,024
			Ravnoteža sistema i ostalo	0.0%	€	0				4	114	114	-4,910
			Ukupni početni troškovi	100.0%	€	5,300				5	127	127	-4,783
			Godišnji troškovi i otpлата duga							6	141	141	-4,642
			Pogon i održavanje		€	55				7	157	157	-4,485
			Troškovi goriva - preloženi slučaj		€	30				8	174	174	-4,310
			Ukupni godišnji troškovi		€	85				9	194	194	-4,116
			Periodični troškovi (kredit)							10	216	216	-3,901
										11	240	240	-3,661
			Godišnja ušteđa i prihodi							12	266	266	-3,395
			Troškovi goriva - osnovni slučaj		€	159				13	295	295	-3,100
			Ukupni godišnji prihodi i ušteđa		€	159				14	328	328	-2,772
										15	364	364	-2,408
										16	404	404	-2,004
										17	448	448	-1,556
										18	497	497	-1,059
										19	551	551	-508
										20	611	611	103
										21	677	677	780
										22	750	750	1,530
										23	831	831	2,361
										24	921	921	3,282
										25	1,020	1,020	4,302
			Ukupni godišnji prihodi i ušteđa		€	159							



Слика 42. График кумулативног прилива новца

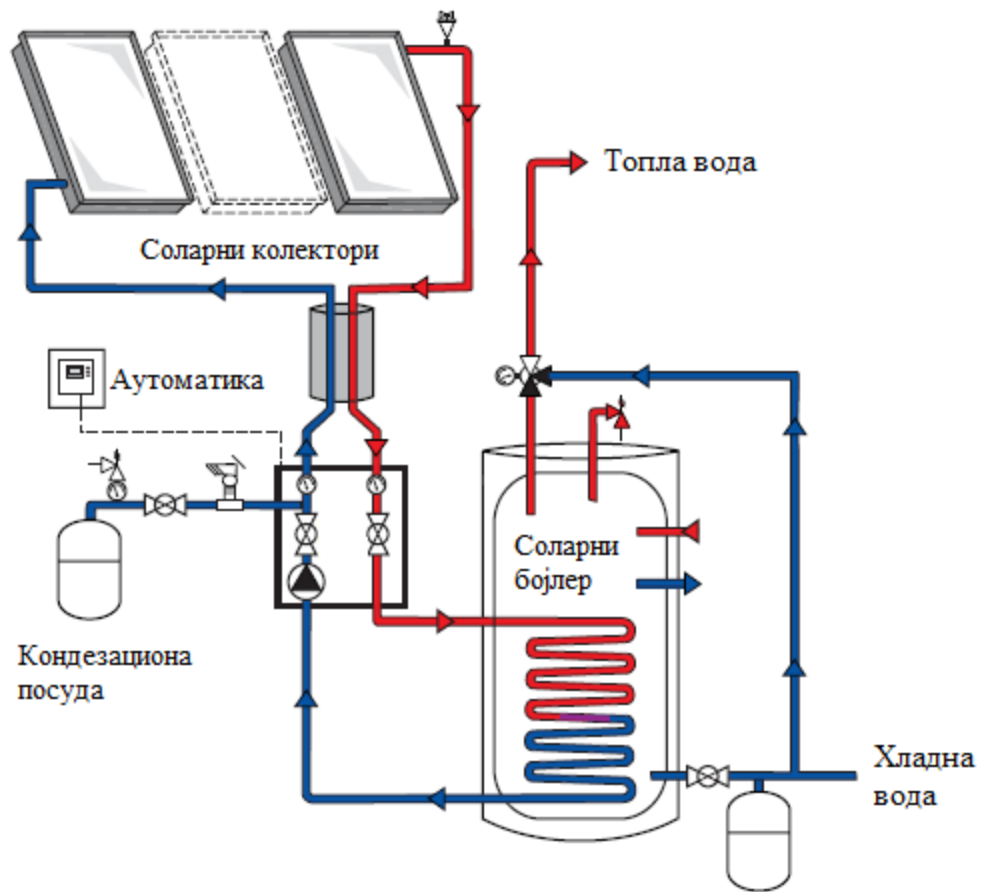
12. Спецификација материјала

У табели 8 приказана је спецификација материјала са ценама и количином. Из ње можемо видети да укупна цена система износи око 4.800 евра, без пројектовања и инсталације система на објекту. Све компоненте су произвођача Bosch, а у табели 8 су приказане са својим ознакама и испоручују се бесплатно на место уградње. За пројектовање и инсталацију система потребно је издвојити још додатних 500 евра.

Oznaka	Opis	kol.	jedinična cena bez PDV-a	PDV	jedinična cena sa PDV-om	ukupna cena sa PDV-om
FKC-1S	Solar 5000 TF, solarni pločasti kolektor, FKC-1S	3	70400	12672	83072	249216
FKA3	Krovni priključak FKA3 za crep /ravan crep	3	4800	864	5664	16992
FKA5	Montažni set osnovni, za instalaciju na krov, 1 kolektor	1	5600	1008	6608	6608
FKA6	Montažni set za proširenje, za instalaciju na krov, 1 kolektor	2	5440	979.2	6419.2	12838.4
FS40	Priključni set za montažu na kosi krov	1	6080	1094.4	7174.4	7174.4
ELT5	Odzračni pribor za FKB i FKC kolektore	1	4320	777.6	5097.6	5097.6
B-sol 100	Solarna regulacija za pripremu tople vode	1	15360	2764.8	18124.8	18124.8
AGS 5	Solarna stanica za do 5 kolektora	1	41120	7401.6	48521.6	48521.6
SAG 18	Solarna ekspanzijska posuda 18 l	1	5120	921.6	6041.6	6041.6
AAS1	Priključni pribor za ekspanzionu posudu	1	4400	792	5192	5192
WST SK300-1 solar	Solarni bojler, indirektno grejani, cilindrični, stojeći, priključci iza, 400 l	1	117760	21196.8	138956.8	138956.8
WTF 10	Solarna tečnost 25 i 45%	1	9600	1728	11328	11328
					ukupno	526091.2
					Ukupno u €	4782.647273

Табела 8. Спецификација материјала

На слици 43 је дата шема повезивања соларних колектора где су назначени битнији делови. Са слике се види процес загревања воде, од уласка хладне воде у систем, њеног проласка кроз систем, управљања помоћу аутоматике, уласка у солане колекторе, загревања хладне воде у соларним колекторима, добијена топла вода даље наставља свој пут кроз систем до соларног бојлера и на самом крају коришћење топле воде од стране самог потрошача.



Слика 43. Шема повезивања соларних колектора

ЗАКЉУЧАК

На почетку рада, између осталог, дати су подаци о енергији сунчевог зрачења која је доступна на површини Земље. Из њих можемо извући веома битан закључак да се ради о огромној количини енергије за коју треба наћи начин како да се што боље искористи. Овај рад треба да послужи као добра основа за будуће бављење овом проблематиком. Тек сада када смо се упознали са комплексношћу оваквих система имамо могућност да појединачне делове анализирамо и усавршавамо у циљу што веће ефикасности оваквих система. Велики број научних радника се данас бави овом проблематиком, јер су све мање залихе необновљивих извора енергије (угаљ, нафта, гас и сл.), а потребе за енергијом све веће.

Да би се интензивирало коришћење соларне енергије у Србији потребно је стварање повољне пословне климе за развој домаће индустрије соларне опреме на бази сопственог истраживања и развоја. У садашњим условима могуће је, да се чак и у малим серијама добије опрема одговарајућег квалитета и ниже цене од увозне опреме. У Србији је неисплативо уграђивање соларних колектора јер се цене струје доста ниже у односу на цене у европским државама, које такође за уградњу соларних система дају одређене субвенције и попусте. Овакви системи се у Србији иплате тек за неких двадесетак година, што је веома дуг период, а животни век оваквих система од двадесетпет до тридесет година.

Србија треба да уради још доста тога у погледу развоја, инвестиција и субвенција за све видове обновљивих извора енергије како би ухватила корак за Европом и Светом. Надамо се да ће тај период убрзо доћи и да ће Србија постати водећа земља у региону по питању обновљивих извора енергија.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://sr.wikipedia.org/sr-el/%D0%A1%D1%83%D0%BD%D1%86%D0%B5> – приступљено 15.4.2012.
- [2] http://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%98%D0%B0 – приступљено 15.4.2012.
- [3] Frank Jackson: „*Planning and installing Photovoltaic Systems*“, Green Dragon Energy, Berlin, October 2007
- [4] <http://www.solarnipaneli.org> – приступљено 21.4.2012.
- [5] <http://www.solarnipaneli.org/2010/09/iradijacija-i-insolacija/> – приступљено 21.4.2012.
- [6] Lukić N., Babić M.: „*Solarna Energija*“, Mašinski fakultet, 2008
- [7] Luis Castaner, Santiago Silvestre: „*Modelling Photovoltaic Systems using PSpice*“, Universidad Politecnica de Cataluna, Barcelona, 2002.
- [8] Сања М. Јанковић: „*Активни соларни системи*“, завршни рад, 2011
- [9] <http://srdjane.blog.rs/blog/srdjane/generalna/2011/04/20/instalacija-solarnih-panela> – приступљено 16.5.2012.
- [10] Весна Косорић, *Активни соларни системи*, Грађевинска књига Д.О.О, Београд 2007
- [11] <http://www.weishaupt.de/mainMenu/> – приступљено 18.6.2012.
- [12] http://www.hidmet.gov.rs/ciril/meteorologija/klimatologija_srbije.php – приступљено 5.6.2012.
- [13] <http://www.retscreen.net/sr/home.php> – приступљено 12.6.2012.