

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА КРАГУЈЕВАЦ

Дарко Н. Пешић

Испитивање соларних колектора

Завршни рад

Крагујевац, 2016

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Пренос масе и топлоте

Број индекса: 126/2009

Дарко Н. Пешић

Испитивање соларних колектора

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. Др. Небојша Лукић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Циљ овог завршног рада је праћење процеса испитивања соларних колектора, као и објашњење делова, врста и принципа рада. Испитивање соларних колектора се обавља према одређеним правилима и стандардима и обухвата велики број тестова којима се испитује механички квалитет, издржљивост у различитим климатским условима, отпорност на промену спољашњег и унутрашњег притиска и многе друге. Нарочита пажња усмерена је на испитивање ефикасности соларних колектора као најкомплекснијег и најважнијег чиниоца у читавом процесу искоришћавања сунчеве енергије.

Оквирни садржај рада:

- 1. Увод**
- 2. Соларни системи**
- 3. Соларни колектори**
- 4. Ефикасност равног соларног колектора**
- 5. Стандарди**
- 6. Испитивање соларних колектора**
- 7. Закључак**
- 8. Литература**

Препоручена литература:

[1] Н. Лукић, М. Бабић, Соларна енергија, Машински факултет, 2008. Крагујевац

Крагујевац, Март 2016. год.

ментор:

др Небојша Лукић, ред. проф.

Наслов теме завршног рада:

Испитивање соларних колектора

Резиме рада

Завршни рад је посвећен испитивању соларних колектора који претварају Сунчеву енергију у топлотну. У њему се говори о принципу рада соларних колектора, деловима, врстама, стандардима уопште и стандардима које морају да испуне соларни колектори да би се нашли на тржишту. Описан је низ тестова које један колектор мора да прође, како механичких, тако и термичких, а посебна пажња је усмерена на испитивање ефикасности соларних колектора као најважнијем сегменту у читавом процесу.

Кључне речи: соларни колектор, врсте, ефикасност, тестирање, стандарди

Abstract

The final study is dedicated to testing methods of solar collectors, witch are converting solar energy into heat. There is discussion about way of work of solar collectors, it's parts and types, standards in general and standards witch all solar collectors must fulfill before they could be found at open market. A series of tests are described, that one collector has to pass, mechanical as thermal, and special attention is focused on testing the efficiency of solar collectors as the most important segment in the process.

Keywords: solar collector, types, efficiency, tests, standards

С А Д Р Ж А Ј

	Страна
1. Увод.....	6
2. Соларни системи.....	8
2.1. Пасивни соларни системи.....	9
2.2. Активни соларни системи.....	10
3. Соларни колектори.....	11
3.1. Равни водени соларни колектори.....	12
3.2. Соларни колектори са вакуумским цевима.....	13
4. Ефикасност равног соларног колектора.....	14
5. Стандарди.....	16
6. Испитивање соларних колектора.....	17
6.1. “The Solar Keymark”.....	18
6.2. Избор колектора за тестирање.....	18
6.3. Опис колектора.....	19
6.3.1 Колектор.....	19
6.3.2 Апсорбер.....	19
6.3.3 Изолација и кућиште.....	20
6.3.4 Ограничења.....	20
6.3.5 Врста уградње.....	20
6.4. Крива ефикасности колектора.....	21
6.4.1 Метода тестирања.....	21
6.4.2 Опис израчунавања.....	21
6.4.3 Крива ефикасности базирана на разлици температуре кућишта, апсорбера и флуида.....	22

6.5 Индекс нагиба колектора IAM.....	25
6.6 Пад притиска.....	25
6.8 Ефективни термални капацитет.....	26
6.9 Тест унутрашњег притиска.....	26
6.10 Тест високе температуре.....	26
6.11 Тест унутрашњег термалног шока.....	27
6.12 Тест пропустљивости кише.....	27
6.13 Тест унутрашњег притиска (поновни тест).....	28
6.14 Тест максималног оптерећења.....	28
6.14.1 Тест позитивног притиска на поклопцу колектора.....	28
6.14.2 Тест негативног притиска на кућишту колектора.....	28
6.14.3 Тест негативног притиска носача.....	29
6.15 Температура стагнације.....	29
6.16 Финална инспекција.....	30
7. Закључак.....	31
Литература.....	32

1 Увод

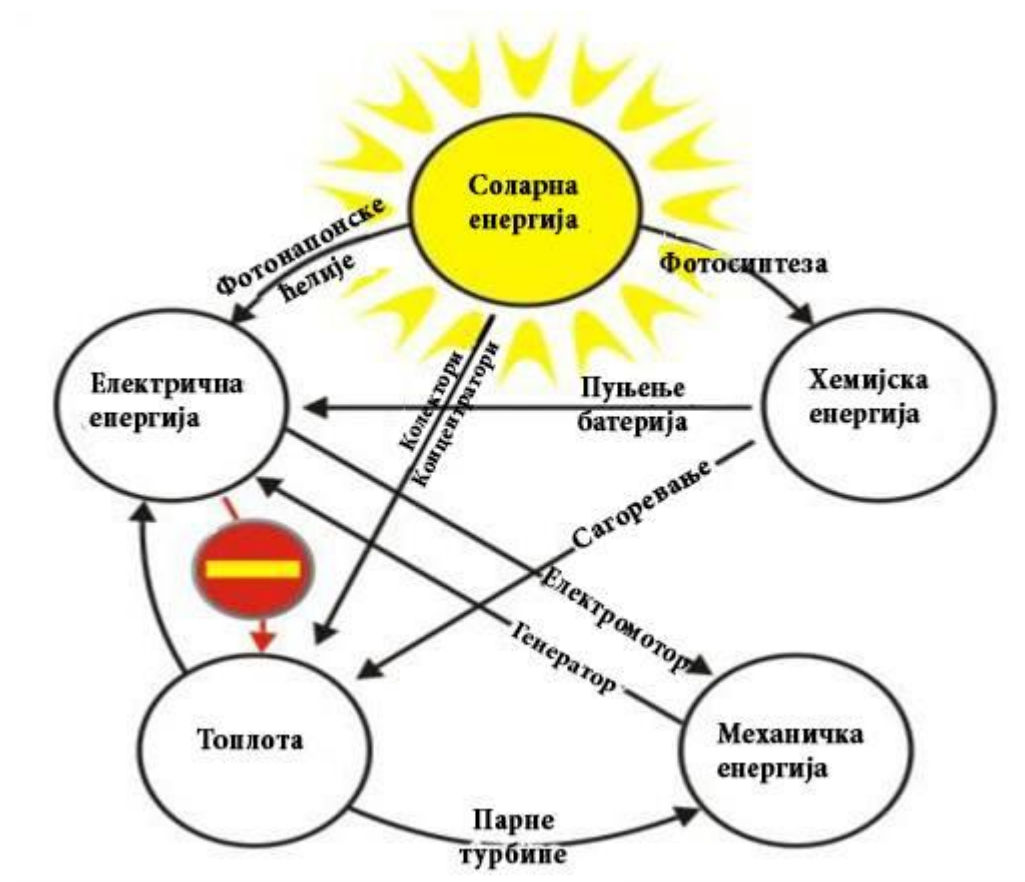
Све већи захтеви друштва за повећаном потрошњом енергије у циљу одржавања прогресивног привредног развоја и вишег животног стандарда људи, условљавају израду и пројектовање рационалних енергетских система.

Енергија Сунца представља један од најзначајнијих обновљивих извора енергије, оних чија се продукција енергије може одвијати истом брзином којом се троши. У групу обновљивих извора енергије сврставају се: енергија Сунца, ветра, биомасе, малих хидроелектрана, геотермална енергија. Постоје још неки видови обновљивих извора енергије али су они за сада далеко од економске исплативости (енергија плиме и осеке, енергија таласа, ...). Када се каже енергија Сунца мисли се пре свега на директно искоришћавање енергије електромагнетних таласа које оно зрачи. Уколико се енергија Сунца другачије посматра, може се рећи да, практично, сви извори енергије на Земљи (обновљиви и необновљиви), осим нуклеарне, геотермалне и енергије плиме и осеке, су створени или се стварају зрачењем са Сунца.

Сунце је нама најближа звезда која је непосредни, или посредни извор готово све расположиве енергије на Земљи. Сунчева енергија потиче од нуклеарних реакција у његовом средишту где температуре достиже 15 милиона степени целзијуса. Ради се о фузији, код које спајањем водоникових атома настаје хелијум, уз ослобађање велике количине енергије. Сваке секунде на овај начин хелијум прелази око 600 милиона тона водоника, при чему се маса од неких 4 милиона тона водоника претвори у енергију. Ова се енергија у виду светлости и топлоте шири у свемир па тако један њен мали део долази и до Земље¹.

Сунчева енергија је бесплатан и било где доступан извор енергије. Овом енергијом се користимо одувек и свакодневно, а да тога најчешће нисмо ни свесни.

¹<http://www.microma.co.rs/Solarna.html>



Слика 1: Начини претварања сунчеве светлости у енергију:

Слика 1 приказује начине претварања сунчеве енергије у друге облике. Највећи степен искоришћења имамо када сунчеву светлост претварамо директно у топлотну енергију. Код претварања у топлотну енергију, имамо два начина захвата енергије: активни и пасивни. Активним захватом се обично сматра прикупљање сунчеве енергије путем соларних колектора код којих радни флуид циркулише дејством пумпе а којом управља диференцијални термостат. Пасивни захват је једноставнији и подразумева захват сунчеве енергије самим објектом или интегрисаним (пасивним) колектором и користи се углавном за грејање простора...

2. Соларни системи

Са појавом погоршања еколошких услова животне средине услед климатских промена, индустријског и саобраћајног загађења и неконтролисане експлоатације природе и фосилних горива, појављује се потреба хитног решавања проблема. Са једне стране се трага за новим начинима коришћења природних ресурса и отклањања нагомиланих еколошких проблема, као што се тежи и усавршавању елемената грађења и опремања објеката, ради већег комфора. Са друге стране се повећава заинтересованост за традиционалне грађевинске материјале и стари начин грађења, а самим тим и за изгубљеним регионалним идентитетом и културним наслеђем. Због тога стварање нечег новог (урбаног простора или објекта) не мора увек да значи стварање нечег невиђеног, измишљеног, већ може да буде и опредељење за нешто старо или за већ постојеће. Некадашњи принципи грађења и уређења простора као и избор материјала, уз познавање савремених техника могу да обезбеде стварање хуманих простора за живот и рад човека, а у исто време обезбеде и очување природе.

Ефикасно коришћење соларне енергије зависи од количине сунчевог зрачења под утицајем природних фактора (терена, временских прилика, доба године ...), квалитета соларних система и соларних модула. Технологија коришћења соларне енергије (сакупљање, пренос, складиштење и одавање топлотне енергије) може бити:

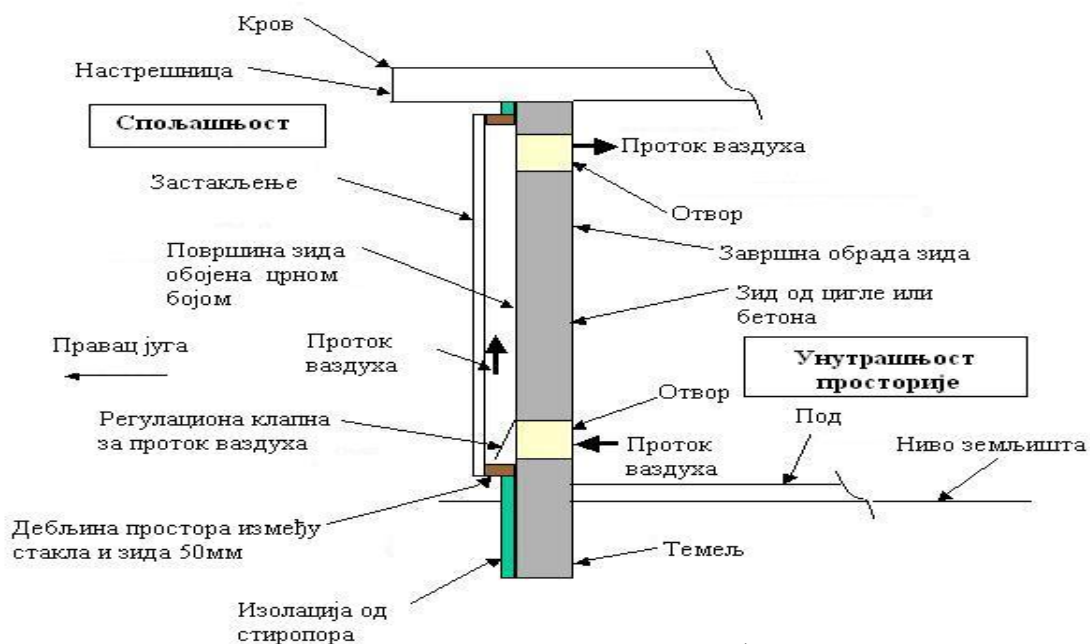
- пасивна и
- активна.

2.1 Пасивни соларни системи

Пасивни соларни систем подразумева директно коришћење соларне енергије путем повољне локације објекта, његове оријентације, димензија отвора и унутрашње функционалне организације. Уштеда у потрошњи енергије се постиже применом квалитетних грађевинских материјала и термичке изолације спољашњих елемената објекта (темељи, подови према тлу, фасадни зидови, кровови, спољашња столарија). Пасивни соларни систем не нарушава изглед објекта. Најчешће коришћена конструкција Тромбеовог зида је приказана на слици 2.

Тромбеов зид је један од основних елемената пасивног пријема Сунчеве енергије. Зид је део система који се састоји од архитектонских елемената, који имају улогу захватања, чувања и дистрибуције топлоте. Систем се састоји од масивног зида, од бетона, опеке или камена, који је изложен Сунцу преко стаклене преграде. Овај зид мора бити покривен тамном бојом. Стаклена преграда испред Тромбеовог зида, на удаљености од 2-10 цм служи за добијање ефекта стаклене баште. Сунчево зрачење пролази кроз стакло и пада на Тромбеов зид који га апсорбије. После апсорбовања, зид емитује топлоту у виду инфра црвеног зрачења, које као такво не пролази опет кроз стакло већ остаје између стакла и зида. Тромбеов зид је сличан складишту топлоте, с тим да он кориси бесплатну сунчеву енергију уместо електричне. Колико енергије Тромбеов зид може да сакупи зависи од боје, угла под којим се зид налази према Сунцу, колико је рефлективна површина зида, од термалне масе зида и проводљивост материјала од кога је зид изграђен.

Функционисање система са вентилационим отворима обично се састоји природном кретању ваздуха. Хладан ваздух из просторија, помоћу отвора у доњем делу зида, улази у простор између стакла и зида и греје се. Исто тако загрејан ваздух помоћу отвора на горњем делу зида улази у просторију коју треба загрејати.



Слика 2: Модификовани Тромбеов зид

2.2 Активни соларни системи

Активни соларни системи имају превасходну улогу коришћења соларне енергије. Обавезан део ових система је пријемник и уједно трансформатор енергије Сунчевог зрачења, а остали делови система зависе од његове намене. Честа примена соларног система је загревање воде у домаћинствима. На слици 2.1 приказан је једноставни соларни систем за припрему топле воде у домаћинству.



Слика 2.1: Соларни систем за припрему топле воде у домаћинству

Поред соларног пријемника који је у овом случају класични равни соларни колектор, саставни делови овог система су соларни бојлер, циркулациона пумпа, експанзиони суд, цевни систем, вентили и јединица за праћење и контролу функционисања система.

Задатак соларног бојлера је акумулирање произведене топлотне енергије и стављање на располагање исте у жељеном тренутку.

За све затворене инсталације соларног система за припрему топле воде са бојлером испод колектора, циркулациона пумпа и затворени експанзиони суд су неопходни делови инсталације.

Мерно-регулациона јединица у соларном систему може бити мање или више компликована, са праћењем мање или више параметара, што утиче на цену система.

3. Соларни колектори

Соларни колектори представљају пријемнике соларне енергије који зрачење Сунца трансформишу у топлотну енергију, тј. у унутрашњу енергију радног флуида. По врсти радног флуида којег користе, соларни колектори се деле на:

- водене
- ваздушне
- 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 колекторе:

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

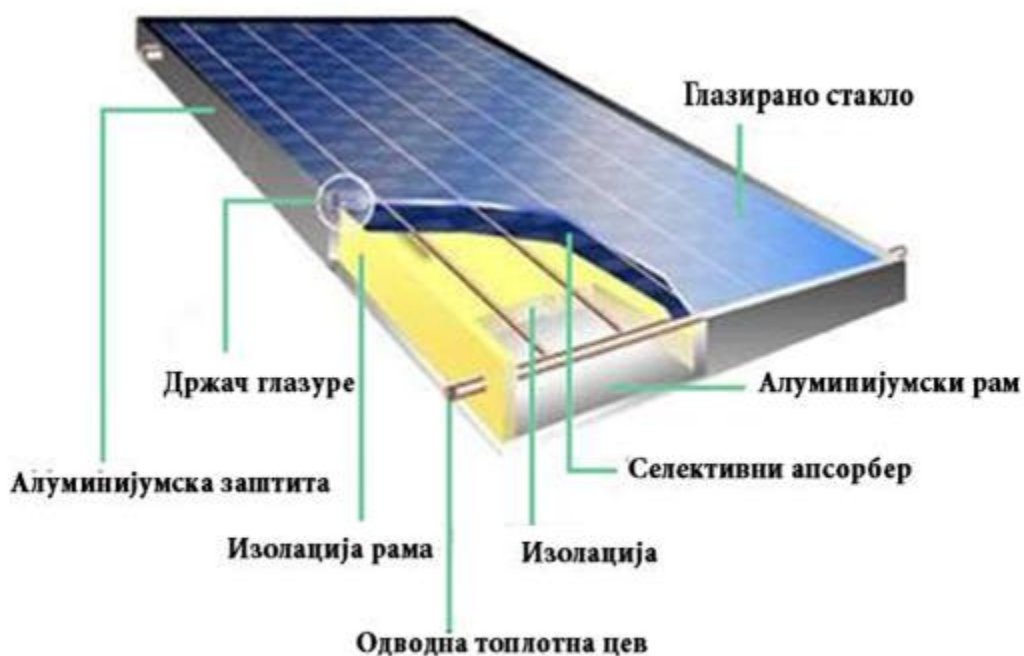
Соларни колектори са покретним панелом могу бити покретни око једне или две осе.

Основне врсте равних, водених соларних колектора чине:

1. незастакљени соларни колектори,
2. застакљени соларни колектори,
3. бојлерски соларни колектори и
4. вакуумски соларни колектори.

3.1 Равни водени соларни колектори

Плочасти колектори користе директно сунчево зрачење и мањи део дифузног, док цевни вакумски колектори користе директно сунчево зрачење и већи део дифузног сунчевог зрачења. Основно својство по којем се одређује квалитет колектора јесте његова способност претварања што више дозрачене сунчеве енергије у топлотну енергију уз што мање губитке (одавање топлоте околини).



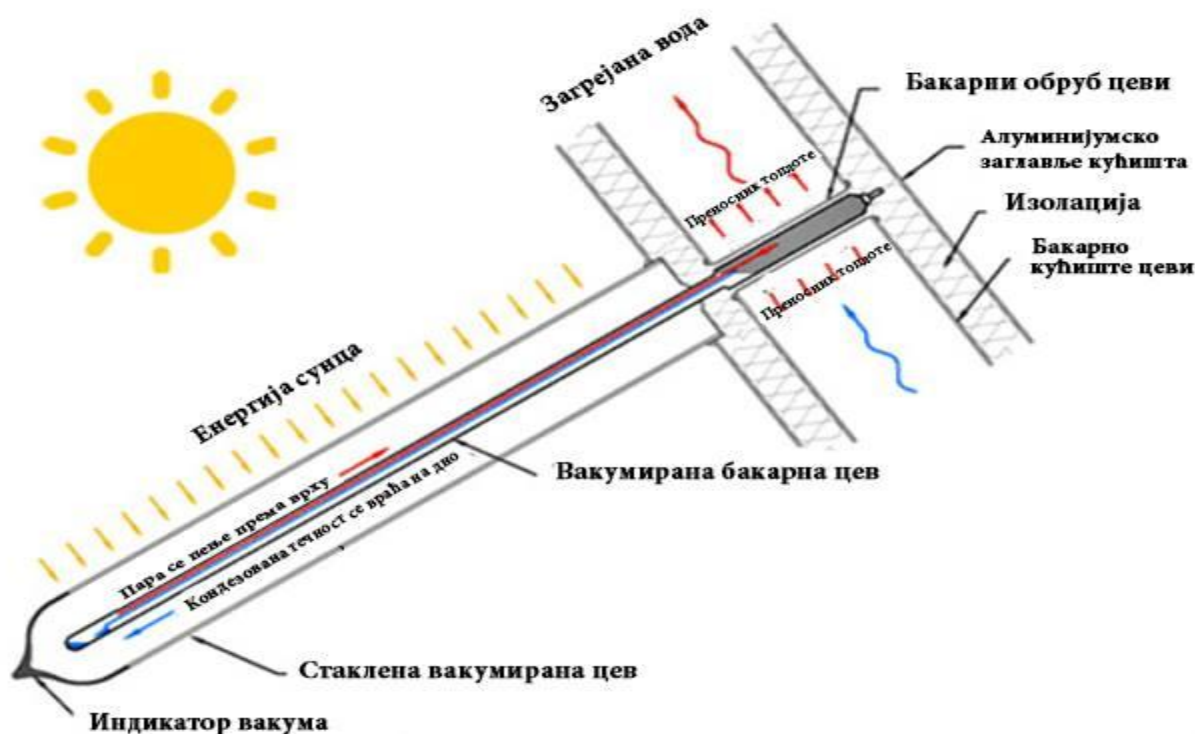
Слика 3: Раван водени соларни колектор

Принцип функционисања је једноставан. Сунчево зрачење које пада на колектор, пролази својим највећим делом кроз стаклену плочу и апсорбује се, највећим делом, на површину апсорбера. Провођењем кроз апсорбер и конвекцијом у интегрисаним цевима вода преузима топлотну енергију. Што је радна температура виша, виши су и топлотни губици у околину, што се делимично умањује добром изолацијом која се налази у кутији колектора. Делови равног воденог соларног колектора су приказани на слици 3.

Равни соларни колектори су најкоришћенија врста колектора, која је, такође, најприсутнија на тржишту. Уобичајене радне температуре код ових колектора иду до 100 °C.

3.2 Соларни колектори са вакуумским цевима

Постоји више врста различитих конструкција вакуумских соларних колектора. Заједничко им је то да између стаклене површине и апсорбера постоји безваздушни (вакуумски) слој, који је реализован ради смањења губитака на вишим радним температурама.



Слика 3.2: Вакуумски соларни колектор са стакленом цев

Постоји више различитих конструкција вакуумских соларних колектора. Заједничко им је то да између стаклене површине и апсорбера постоји безваздушни (вакуумски) слој, који је реализован ради смањења губитака соларног колектора на вишим радним температурама. Због малих топлотних губитака ови колектори имају високе ефикасности на вишим радним температурама ($70-170^{\circ}\text{C}$), па се користе у индустријским апликацијама или у домаћинствима, где је мало сунчаних дана, пуно облачности и ниских спољашних температура. Примена мора оправдати њихову цену која је у просеку, два пута већа од класичних равних водених соларних колектора.

4. Ефикасност равног соларног колектора

Укупно дозрачена енергија апсорберу соларног колектора, q_{ap} (W/m^2) се даље предаје радном флуиду q_{sk} (W/m^2), а остатак представљају топлотни губици:

$$q_{ap} = q_{sk} + q_{gsk} \quad (4.1)$$

Ефикасност соларног колектора, η_{sk} (-), која је у највећој мери функција дозраченог топлотног флука I_p (W/m^2) и температуре апсорбера, израчунава се на следећи начин:

$$\eta_{sk} = \frac{q_{sk}}{I_p} \cdot \quad (4.2)$$

Укупно дозрачени топлотни флука q_{ap} (W/m^2) на стакленој плочи не стиже до апсорбера, већ умањен због постојања оптичке ефикасности, γ (-):

$$q_{ap} = \gamma \cdot I_p \cdot \quad (4.3)$$

Корисни топлотни флука соларног колектора q_{sk} (W/m^2) се може представити као:

$$q_{sk} = \gamma \cdot I_p - K_g \cdot (T_a - T_0) \cdot \quad (4.4)$$

K_g (W/m^2K) – Укупни коефицијент пролаза топлотних губитака соларног колектора.

Израз за степен корисности соларног колектора:

$$\eta_{sk} = \frac{q_{sk}}{I_p} = \gamma - \frac{K_g \cdot (T_a - T_0)}{I_p} \cdot \quad (4.5)$$

T_a (K) - Температура апсорбера

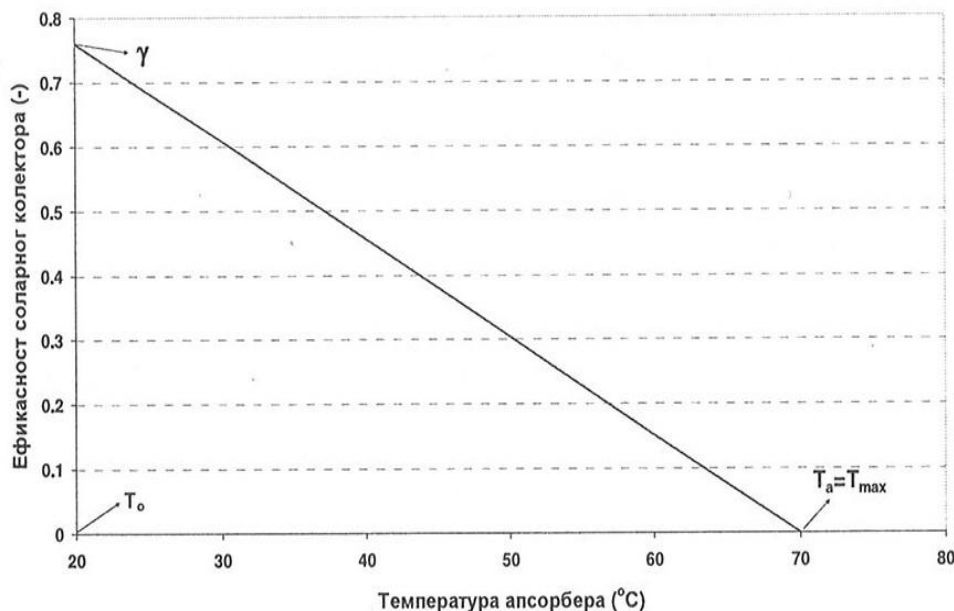
T_0 (K) - Температура околине

Из овог израза се види да када је температура апсорбера једнака околини, тада је ефикасност соларног колектора једнака његовој оптичкој ефикасности.

Са друге стране, ефикасност соларног колектора ће бити једнака нули, када је задовољен услов:

$$T_a = T_{a \max} = T_0 + \gamma \cdot \frac{I_p}{K_g} \cdot \quad (4.6)$$

Температура T_{amax} (К) представља температуру прекида функционисања соларног колектора, односно максималну температуру на којој соларни колектор, при датим условима може радити.



Слика 4: Зависност ефикасности соларног колектора од радне температуре

У реалним условима због нелинеарне зависности између топлотних губитака и разлике температура апсорбера и околине, може се писати:

$$\eta_{sk} = \frac{q_{sk}}{I_p} = \gamma - \frac{K_{g1} \cdot (T_a - T_0)}{I_p} - \frac{K_{g2} \cdot (T_a - T_0)^2}{I_p} . \quad (4.7)$$

$$K_{g1} \text{ (W/m}^2\text{K)} \text{ и } K_{g2} \text{ (W/m}^2\text{K}^2) \text{ - Одговарајући коефицијенти губитака соларног колектора}$$

Коефицијент K_{g2} је значајно мањи од K_{g1} , али се на дијаграму зависности ефикасности соларног колектора од температуре апсорбера (радне температуре) (слика 4), добија крива уместо праве линије (све остале величине у једначини (4.7) се сматрају константним).

За разлику од стационарних услова рада соларног колектора, при сталним променама дозраченог флуksа (пролаз облака), његову ефикасност није лако израчунати и представити.

5. Стандарди

Стандардизација и стандарди су речи које нас углавном асоцирају на квалитет, ред, поредак, упрошћавање или пак на ствари које желимо да достигнемо да бисмо напредовали.

Стандард је документ у коме се дефинишу правила, смернице или карактеристике за активности или њихове резултате ради постизања оптималног нивоа уређености.

Стандарди у великој мери имају позитиван утицај на већину аспеката наших живота. Они обезбеђују жељене карактеристике производа и услуга као што су квалитет, позитивно деловање на животну средину, безбедност, поузданост, ефикасност и заменљивост.

Како нам стандарди помажу:

- чине развој, производњу и дистрибуцију производа ефикаснијим, безбеднијим и чистијим;
- усклађују трговину између земаља;
- омогућавају размену технологије и добре управљачке праксе;
- шире иновације;
- осигуравају купце и кориснике производа и услуга;
- чине живот једноставнијим тиме што дају решења за свакодневне проблеме.

6. Испитивање соларних колектора

Објекти који се данас граде биће у употреби до краја 21. века. До тада ће фосилна горива бити битно скупља. То значи да ће се, гледано дугорочно, потребе објеката за топлотном енергијом морати обезбедити из других извора при чему су обновљиви у првом плану. Зато је потребно градити објекте који ће користити обновљиве изворе енергије.

Соларни системи при томе имају значајну улогу.

Многе земље донеле су посебну регулативу која обавезује на примену соларних система. Прва земља била је Израел а следиле су је Шпанија, Немачка, Италија, Аустрија, итд.

Осигурање високог квалитета производа намењених за соларне инсталације од примарног је значаја. Управо су зато и донесене норме и процедуре за потврђивање функционалних карактеристика, трајности и безбедности соларних система и компонената.

Једини стандарди у Србији из области претварања Сунчеве енергије су:

СРПС М.Ф5. 001 – (Термини и дефиниције)

СРПС М.Ф5. 050 – (Сигурносно-техничка опрема за градњу система)

СРПС М.Ф5. 110 – (Испитивање пријемника Сунчеве енергије са течномшћу као преносиоцем топлоте)

У Европи, као и у свету, данас постоји читав низ стандарда који директно или непосредно регулишу ову област. Најважнији стандарди из ове области су:

ISO 9806-1 (Међународни стандард)

EN 12975 (Европски стандард)

Српски стандарди су усклађени са европским стандардима.

Многе земље које дају подстицаје не прихватају производе сертифициване у другој држави из разлога што исти нису испитани од признате треће стране.

Из тог разлога Европска асоцијација произвођача соларне опреме (ЕСТИФ) донела је одлуку о увођењу посебног програма испитивања соларних колектора, система и друге опреме која ће спроводити независне и за то акредитоване институције.

6.1 “The Solar Keymark”

Опрема испитана према донесеним поступцима носиће посебну ознаку “The Solar Keymark”.

Процедуре и ознака “The Solar Keymark” добро су прихваћени у свим земљама . “The Solar Keymark” ознаку на производ ставља трећа независна страна која прати систем квалитета произвођача. “The Solar Keymark” је корак више јер осигурава да сви производи који долазе на тржиште задовољавају норме. На тај начин “The Solar Keymark” је постао референца државним институцијама које дају подршке за соларне системе. Тако регулатива углавном признаје опрему која носи “The Solar Keymark” ознаку.



6.2 Избор колектора за тестирање

Избор колектора за тестирање се врши методом случајног избора од стране задужене агенције за тестирање квалитета. Тестирању су подлежне све врсте произведених колектора од најмањих до највећих. Тако се узимају најмање 3 колектора. Најмањи због теста општих карактеристика и 2 највећа због теста карактеристика и теста поузданости.

Избор колектора за тестирање се врши по европском стандарду **EN 12975**.

6.3 Опис колектора

6.3.1 Колектор

Тип:.....Раван соларни колектор
Број тестираних колектора:.....1
Референтни број колектора:.....2 КТ 18 005 042003
Укупна површина:..... $2,008 \text{ m} * 1,010 \text{ m} = 2,028 \text{ m}^2$
Површина кућишта:..... $1,910 \text{ m} * 0,911 \text{ m} = 1.740 \text{ m}^2$
Површина апсорбера:..... 1780 m^2
Материјал поклопца:.....ЕСГ бело стакло
Број поклопаца:.....1
Пропустљивост поклопца:.....90,5%
Дебљина поклопца:.....4mm
Тежина празног колектора:.....36,5kg
Запремина флуида:.....1.57 l
Врста флуида:.....пропиленгликол.

6.3.2 Апсорбер

Материјал листова апсорбера:.....алуминијум
Дебљина:.....0.4mm
Врста облоге:.....Галванско селективна
Коефицијент апсорбције:.....95%
Коефицијент емисије:.....16%
Материјал цеви апсорбера:.....Бакар
Распоред цеви апсорбера:.....Меандер
Број цеви:.....1
Спољни дијаметар:.....10mm
Унутрашњи дијаметар:.....0,7mm
Размак између цеви:.....87mm
Материјал главне цеви:.....Челик V2A
Спољни дијаметар главне цеви:.....17mm
Дебљина зида:.....1mm

6.3.3 Изолација и кућиште

Висина.....2,008m
Димензије колектора:.....Ширина.....1,010m
Дебљина.....0,072m
Дебљина изолације кућишта.....40 mm позади и 15 mm са стране
Материјал:.....Стаклена вуна
Материјал кућишта:.....Алуминијум

6.3.4 Ограничења

Максимални притисак:.....20 bara
Радни притисак:.....4,5 bara
Максимална температура:.....170⁰C
Препорука за брзину протока:.....30 l/m²h

6.3.5 Врста уградње

Раван кров, коси кров.



Слика 6:
Колектор монтиран за тестирање.

6.4 Крива ефикасности колектора

6.4.1 Метода тестирања:

Спољни, у стабилном стању, према правилнику **EN 12975**.

6.4.2 Опис израчунавања:

Функционална зависност ефикасности колектора од метеоролошких и радних системских променљивих може се представити математичком једначином:

$$\eta(G/(t_m - t_a)) = \eta_0 - \alpha_{1a} \frac{t_m - t_a}{G} - \alpha_{2a} \frac{(t_m - t_a)^2}{G} \quad (6.1)$$

са:

$$t_m = \frac{(t_e + t_{in})}{2} \quad (6.2)$$

G = Глобална зрачења на подручју колектора (**W/m²**)

t_{in} = Улазна температура (**° C**)

t_e = Излазна температура (**° C**)

t_a = Температура околине (**° C**)

Коефицијенти **η₀**, **α_{1a}** и **α_{2a}** имају следеће значење:

η₀: Ефикасност без губитака топлоте, што значи да средња температура флуида је једнака температури околине:

$$t_a = \frac{(t_e + t_{in})}{2} \quad (6.3)$$

Коефицијенти **α_{1a}** и **α_{2a}** описују губитак топлоте у колектору. Температура депенденци губитка колектора топлоте је описан:

$$\alpha_{1a} + \alpha_{2a} * (t_m - t_a) \quad (6.4)$$

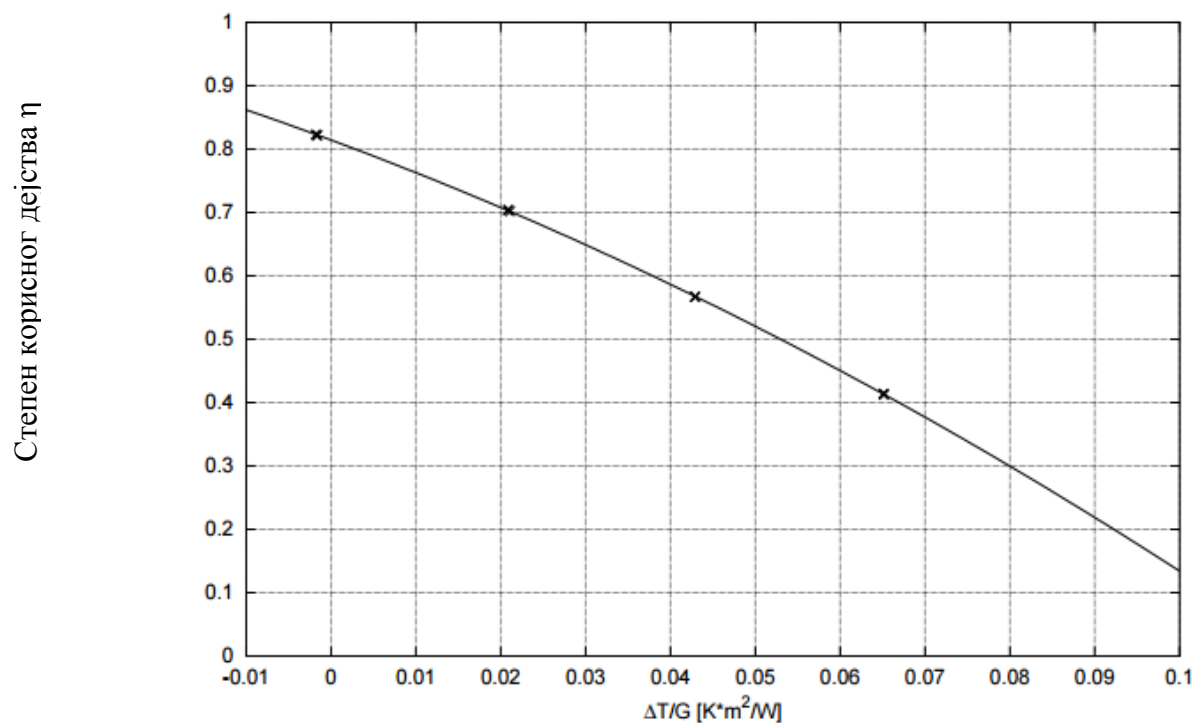
6.4.3 Крива ефикасности базирана на разлици температуре кућишта, апсорбера и флуида

Гранични услови:

Метода тестирања:	У затвореном, стабилни услови
Нагиб колектора:	45°
Брзина ветра:	3m/s
Врста флуида:	вода
Период:	април 2003
Брзина протока:	124 kg/s
Зрачење(G):	975 W/m ²

m [kg/h]	t _{in} [°C]	t _e [°C]	t _e - t _{in} [K]	t _m [°C]	t _a [°C]	t _m - t _a [K]	(t _m -t _a)/G [Km ² /W]	η _a [-]
121.32	23.04	32.94	9.90	27.99	29.58	-1.59	-0.0016	0.822
121.40	23.05	32.95	9.90	28.00	29.64	-1.64	-0.0017	0.822
121.34	23.05	32.96	9.91	28.00	29.72	-1.72	-0.0018	0.823
124.87	46.16	54.38	8.22	50.27	29.72	20.55	0.0211	0.702
124.76	46.18	54.42	8.24	50.30	29.97	20.33	0.0208	0.703
124.74	46.20	54.45	8.25	50.32	29.98	20.34	0.0209	0.704
126.02	69.29	75.85	6.56	72.57	30.75	41.81	0.0429	0.567
125.97	69.30	75.87	6.56	72.58	30.73	41.85	0.0429	0.567
126.04	69.32	75.88	6.56	72.60	30.71	41.89	0.0429	0.567
123.59	92.14	96.99	4.85	94.56	30.94	63.62	0.0652	0.413
123.65	92.16	97.01	4.86	94.59	31.10	63.49	0.0651	0.413
123.68	92.18	97.04	4.86	94.61	31.12	63.49	0.0651	0.414

Табела 1: Подаци утврђених тачака ефикасности



Дијаграм 1: Крива ефикасности за колектор са апсорбером од 1,740m²

Резултати:

Засновано на површини колектора
(1,740m²)

$$\begin{aligned}\eta_{0a} &= 0,814 \\ \alpha_{1A} &= 4.843 \text{ W/m}^2\text{K} \\ \alpha_{2A} &= 0.0185 \text{ W/m}^2\text{K}^2\end{aligned}$$

Засновано на површини апсорбера
(1,780m²)

$$\begin{aligned}\eta_{0A} &= 0.796 \\ \alpha_{1a} &= 4.954 \text{ W/m}^2\text{K} \\ \alpha_{2a} &= 0.0189 \text{ W/m}^2\text{K}^2\end{aligned}$$

6.5 Индекс нагиба колектора IAM

Индекс нагиба колектора мери се у спољашњим вештачким условима.

Метода тестирања:	Спољна у стабилном стању
Географска ширина:	48 ⁰
Географска дужина:	7.8
Нагиб колектора:	вештачки идеални услови
Азимут колектора:	вештачки идеални услови

$$IAM_{\theta} = 50^0 = 0,938$$

G	G _d /G	m	t _{in}	t _e	t _e -t _{in}	t _m	t _a	t _m -t _a	(t _m -t _a)/G	η _a
[W/m ²]	[-]	[kg/h]	[°C]	[°C]	[K]	[°C]	[°C]	[K]	[Km ² /W]	[-]
0 ⁰										
924	0.134	120.5	20.53	29.77	9.24	25.15	24.08	1.07	0.00116	0.811
928	0.133	120.5	20.50	29.77	9.26	25.13	24.45	0.69	0.00074	0.806
924	0.134	120.6	20.52	29.77	9.25	25.14	24.42	0.72	0.00078	0.810
50 ⁰										
590	0.184	119.9	20.47	26.12	5.65	23.29	23.84	-0.55	-0.00094	0.762
585	0.182	120.0	20.47	26.05	5.58	23.26	23.73	-0.47	-0.00081	0.760
584	0.176	119.9	20.46	26.03	5.56	23.25	23.79	-0.54	-0.00092	0.758
590	0.172	119.9	20.48	26.06	5.58	23.27	23.37	-0.10	-0.00017	0.756

Табела 2: Подаци

Табела 2 показује одређене вредности за овај индекс нагиба колектора где је:

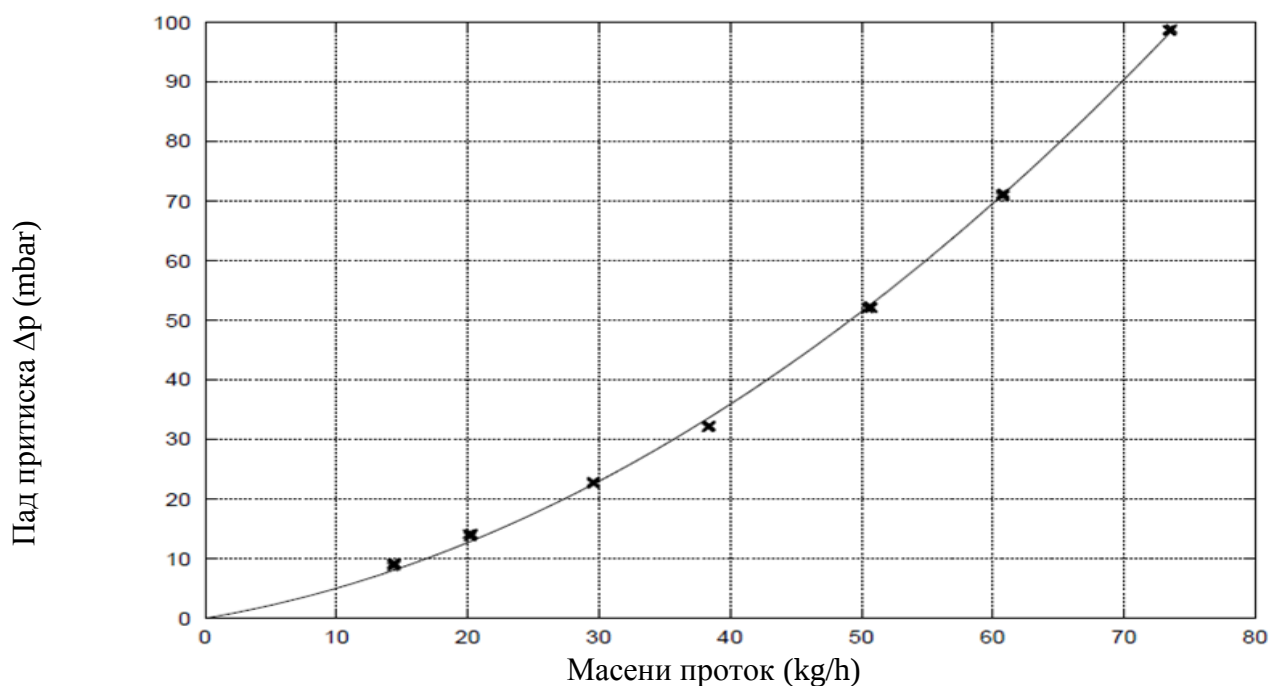
$$\Delta T/G = (t_m - t_a)/G = 0 \quad (6.5)$$

Губитак температуре колектора приказан је кроз индексе

$$\alpha_{1a} = 4.954 \text{ W/m}^2\text{K} \quad \text{и} \quad \alpha_{2a} = 0.0189 \text{ W/m}^2\text{K}^2.$$

6.6 Пад притиска

Мерење пада притиска је извршено са водом као флуидом при протоку од 73 kg/h. Улазна температура воде је 20°C.



Дијаграм 2: Приказ пада притиска Δp

Пад притиска у милибарима могуће је објаснити следећом једначином протока масе у kg/h

$$\Delta p = 0.374 * x + 0.0131 * x^2 \quad (6.6)$$

Проток масе [kg/h]	Пад притиска [mbar]
0	0.0
20	12.7
40	35.9
60	69.6
80	113.8
100	168.5
120	233.6
140	309.2
160	395.4
180	492.0
200	599.1

Табела 3: Примери вредности за пад притиска Δp

6.7 Ефективни термални капацитет

Ефективни термални капацитет одређен је на основу искуства приликом целодневног излагања колектора Сунцу, а израчунавање је извршено према стандарду EN12975.

Ефективни термални капацитет износи **19.29 KJ/K**

Ефективни термални капацитет који се базира на површини колектора од $1,740\text{m}^2$ износи **11.09 KJ/Km²**

6.8 Тест унутрашњег притиска

Максимум који је произвођач одредио:	2000 КПа
Температура:	15,6 ⁰ С
Притисак приликом тестирања:	3000 КПа (1,5 пута више од макс дозвољеног)
Трајање теста:	15 минута

*Након теста нису примећена оштећења, цурење и кривљење.

6.9 Тест високе температуре

Метода:	Спољна
Угао:	45 ⁰
Просечно зрачење:	1014W/m ²
Спољна температура ваздуха:	24 ⁰ С
Ветар:	<0,5m/s
Просечна температура апсорбера:	164,7 ⁰ С
Трајање теста:	1h

* Након теста нису примећена оштећења, цурење и кривљење.

6.10 Тест спољашњег термалног шока

Услови:	1 тест	2 тест
Спољна средина:	да	да
Комбиновано са тестом топлотне издржљивости:	не	не
Нагиб колектора:	45 ⁰	45 ⁰
Просечно зрачење:	1001 W/m ²	963 W/m ²
Просечна температура околног ваздуха:	28,7 ⁰ C	31 ⁰ C
Временски период извођења теста:	1h	1h
Проток воде у спреју:	0,05 l/m ² s	0,05 l/m ² s
Температура воденог спреја:	24 ⁰ C	19,3 ⁰ C
Време прскања спреја:	15min	15min
Температура апсорбера непосредно пре прскања:	158 ⁰ C	164 ⁰ C

Резултат:

Након теста није примећено пуцање, кривљење, кондензација или продор воде у колектор.

6.11 Тест унутрашњег термалног шока

Услови:	1 тест	2 тест
Спољна средина:	да	да
Комбиновано са тестом отпорности на високу температуру:	не	не
Нагиб колектора:	45 ⁰	45 ⁰
Просечно зрачење:	878 W/m ²	928 W/m ²
Просечна температура околног ваздуха:	23,4 ⁰ C	28,1 ⁰ C
Временски период извођења теста:	1h	1h
Проток флуида:	0,03 l/m ² s	0,03 l/m ² s
Температура флуида:	22,6 ⁰ C	18,3 ⁰ C
Време протока флуида:	5min	5min
Температура апсорбера непосредно пре прскања:	154 ⁰ C	150 ⁰ C

Резултат:

Након теста није примећено пуцање и кривљење колектора.

6.12 Тест пропустљивости кише

Колектор монтиран на:	рам
Метод одржавања апсорбера топлим:	излагање колектора сунчевом зрачењу
Проток воде у спреју:	0,05 l/m ² s
Дужина трајања теста:	4h

Резултат:

Нема пропуштања воде у колектору.

6.13 Тест унутрашњег притиска (поновни тест)

Максимум који је произвођач одредио:	2000 КПа
Температура на којој се изводи тест:	24,5 ⁰ С
Притисак приликом тестирања:	3000 КПа (1,5 пута више од макс дозвољеног)
Трајање теста:	15 минута

*Након теста нису примећена оштећења, цурење и кривљење.

6.14 Тест максималног оптерећења

6.14.1 Тест позитивног притиска на поклопцу колектора

Позитивни притисак симулира притисак снега или ветра и постепено се повећава од 100 Ра до 1000 Ра што представља максимално оптерећење.

Резултат:

Након теста нису примећени знаци оштећења колектора.

6.14.2 Тест негативног притиска на кућишту колектора

Изводи се сукцијом. Представља симулацију негативног притиска коју изазива ветар и постепено се повећава од 100 Ра до 1000 Ра.

Резултат:

Након теста нису примећени знаци оштећења колектора

6.14.3 Тест негативног притиска носача

Тест негативног притиска носача представља симулацију негативног притиска који изазива ветар и постепено се повећава од 100 Pa до 1000 Pa.

Резултат:

Након теста нису примећени знаци оштећења носача колектора.

6.15 Температура стагнације

Температура стагнације се мери напољу. Подаци су приказани у табели 4. Да би се одредила температура стагнације, ови подаци су упоређени са претпостављеним зрачењем од 1000 W/m^2 и амбијенталном температуром од 30°C . Образац за израчунавање:

$$t_s = t_{as} + G_s / G_m * (t_{sm} - t_{am}) \quad (6.7)$$

t_s : температура стагнације

t_{as} : 30°C

G_s : 1000 W/m^2

G_m : сунчево зрачење на прочу колектора

t_{sm} : температура апсорбера

t_{am} : температура околног ваздуха

Мерење	Зрачење W/m^2	Температура ваздуха $^\circ\text{C}$	Температура апсорбера $^\circ\text{C}$
1	1002	23.6	164.2
2	998	24.5	165.3
3	937	27.7	164.9
4	963	28.4	168.4
5	948	29.5	169.8

Добијени резултат температуре стагнације је 170°C .

6.16 Финална инспекција

Делови колектора	Потенцијални проблеми	Преглед
Кућиште колектора	Пуцање, кривљење, корозија, прокишњавање	0
Носач за монтирање	Снага, безбедност	0
Спојеви	Пуцање, држање, еластичност	0
Поклопац/рефлектор	Пуцање, кривљење, раслојавање	0
Заштита апсорбера	Пуцање, кривљење	0
Цеви апсорбера	Деформација, корозија, цурење	0
Носач апсорбера	Деформација, корозија	0
Изолација	Задржавање воде, испарење, деградација	0

0 – Нема проблема

1 – Мали проблем

2- Озбиљни проблем

x – Немогуће утврдити стање

7. Закључак

Под обновљивом енергијом подразумева се она која се природно обнавља истом брзином којом се и експлоатише. Енергија сунчевог зрачења је највећи потпуно чист извор енергије који је човеку на располагању, али тек опасност од утицаја на промену климе и смањење резерви фосилних горива утичу да се у последњих двадесетак година енергија Сунца поставља као једини гарант могућности задовољења енергетских потреба у наступајућем дужем периоду. Промоције коришћења обновљивих извора енергије, на расположивим медијима, нарочито јавним сервисима, имају посебну важност. Основна предност је то што је свуда присутна Сунчева енергија, бесплатна је и у неограниченим количинама је. Додатно, нема испуштања CO_2 и других гасова на бази сумпор-диоксида као код топлана и електрана на фосилна горива. Присутна је и независност од увоза фосилних енергената. Код постављања колектора, реч је о једноставним грађевинско-електромонтажним радовима уз минималне трошкове за одржавање и дуг радни век, 20-30 година.

Српско тржиште соларних колектора практично и не постоји, јер је веома мала потражња. Ради се о куповинама људи који имају еколошку свест и вишак новца, а таквих је нажалост мало. Сходно томе, на нашем тржишту се углавном налазе колектори страних произвођача, који су усаглашени са европским стандардима, а самим тим не одступају ни од домаћих стандарда који су усаглашени са европским. Европски стандарди имају строге прописе о квалитету и контроли квалитета који служе да обезбеде права произвођача али и права купаца. Контрола квалитета обухвата више различитих тестова, а на тржишту ће се наћи само они колектори који прођу читав низ провера.

Један колектор мора мора да:

- буде максимално ефикасан, да искористи енергију Сунца у што већем проценту уз минималне губитке у трансферу топлоте на флуид
- буде постављен тако да може да апсорбује што више Сунчеве енергије током привидног кретања Сунца
- буде отпоран на висок унутрашњи и спољашњи притисак, низак унутрашњи и спољашњи притисак и наглу промену притиска
- буде отпоран на високу и ниску спољашњу и унутрашњу температуру као и нагле температурне промене
- има ефективни термални капацитет од **19.29 KJ/K**
- буде непропустљив за кишу
- прође детаљну инспекцију

Након свих ових провера, од којих се неке изводе у лабораторији у строго контролисаним условима, док се друге изводе на отвореном у реалним метеоролошким условима, под условом да испуњава задате критеријуме, колектор се може наћи на тржишту.

Литература

1. Н. Лукић, М. Бабић, Соларна енергија, Машински факултет, 2008. Крагујевац
2. https://sr.wikipedia.org/sr/Solarna_%C4%87elija [14.12. 2015]
3. <http://www.solarnipaneli.org/> [28.12.2015]
4. <http://www.solarni-sistemi.co.rs/srpski/fotonaponski-sistemi/osnovni-elementi-sistema/solarni-paneli/> [18.01.2.16]
5. <http://www.slideshare.net/macen123/solarni-kolektori> [27.01.2.16]
6. <http://termo-gas.rs/index.php/termicko-koriscenje-solara.html> [27.01.2016]
7. https://sr.wikipedia.org/sr/Efekat_staklene_ba%C5%A1te [25.02.2.16]