

**Универзитет у Крагујевцу**  
**Факултет инжењерских наука**



**Бојан Ј. Стевић**

**Уштеда енергије за грејање стамбеног објекта применом рефлектора**

**Мастер рад**

Крагујевац. 2015.

**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: 318/2013**

**Бојан Ј. Стевић**

**Уштеда енергије за грејање стамбеног објекта применом рефлектора**

**Мастер рад**

**Комисија за преглед и одбрану:**

1. Др Небојша Лукић - ментор
- 2.
- 3.

Датум одбране:

Оцена: \_\_\_\_\_

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да проучи препоручену, као и ширу литературу, и да објасни утицај пасивног соларног система на повећање енергетске ефикасности објекта. Пре свега треба дефинисати пасиван соларни систем и на који начин ће се мењати постављањем рефлектора на различитим удаљењима од објекта, на уштеду у потрошњи гаса за грејање обухватајући грејну сезону од 15.10. до 15.4. Користећи три типа објекта, са стандардним застакљењем зида(25,67%), са 50% и 80% застакљења зида на источној, западној и јужној страни објекта. Такође треба приказати колика се уштеда остварује коришћењем рефлектора и слојевитости прозора. Кандидат је у обавези да на основу добијених прорачуна прикаже табеларно и у виду дијаграма у циљу приказивања најефикаснијег начина уштеде енергије објекта.

#### Препоручена литература:

- [1] С. Зрнић, Ж. Ђулум, *Грејање и климатизација са применом соларне енергије*, Научна књига, Нови Сад, 1966.
- [2] Н. Лукић, М. Бабић, *Соларна енергија*, Машински факултет у Крагујевцу, 2008.
- [3] В. Милковић, *Соларне земунице - дом будућности*, 1983.

Крагујевац, 22. 10. 2015.

Ментор:

---

Проф. др Небоша Лукић,  
редовни професор

Свом ментору, проф. др Небојши Лукићу захваљујем се на предложеној теми овог мастер рада, која је за мене била веома интересантна и инспиративна. Поред проф. др Небојше Лукића захвалност дугујем и др Новаку Николићу на свесрдној помоћи, саветима и разумевању, које су ми пружили током израде оваг рада.

Захваљујем се свим својим пријатељима и колегама, који су ми на било који начин пружили помоћ и подршку током мог досадашњег студирања. Посебно се захваљујем својој породици на неизмерној подршци, разумевању и љубави коју ми пружају.

Крагујевац, новембар 2015. године

Бојан Стевић

## РЕЗИМЕ

Са циљем повећања енергетске ефикасности објекта, у овом раду је испитан утицај пасивног соларног система коришћењем рефлектора на три типа објекта на смањење потрошње енергије за грејање. У овом раду се користио програмски пакет EnergyPlus, који има могућност да симулира рад ових система у условима приближним реалним. У раду су коришћена три типа објекта. Један објекат са стандардним застакљењем зида (25,67%) за који је потребна енергија за загревање 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], други са 50% застакљења зида за који је потребна енергија за загревање 66,44 [kWh/m<sup>2</sup>], и 80% застакљења зида за који је потребна енергија за загревање 75,03 [kWh/m<sup>2</sup>]. Сваки од објекта симулације је корисне површине 143,96m<sup>2</sup> са више стамбених јединица. Рефлектори су дужине 9m и висине 5,2m. Упоредили смо потрошњу енергије за сва три објекта са рефлекторима постављеним на источној и западној страни објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка југоистоку и југозападу, и са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни објекта под углом од 90° и 60°, као и коришћењем двослојних и трослојних прозора. Као резултат симулације добијена је потребна количина енергије за грејање објекта са стандардним застакљењем (25,67%), када смо рефлекторе поставили на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од 90° и 60°, на удаљености од 5m и 10m од северне стране објекта. Остварена уштеда са вертикалним рефлекторима постављеним на 5m удаљености од објекта је 60,58[kWh/m<sup>2</sup>], што је 4,77% уштеде и на 10m удаљености од објекта је 60,48[kWh/m<sup>2</sup>], што је 4,71% уштеде. Са рефлекторима под углом од 60° постављеним на 5m удаљености од објекта је 60,47[kWh/m<sup>2</sup>], што је 4,70% уштеде и на 10m удаљености од објекта је 60,49[kWh/m<sup>2</sup>], што је 4,73% уштеде.

**Кључне речи:** Пасивни соларни системи, рефлектори, грејање.

## Abstract

With an ambition to amplify the energy efficiency of buildings, in this work has been checked the influence of passive solar system by using floodlights on the three types of objects to reduce the usage of energy for heating. In this work we used the software package Energy Plus, which has the ability to simulate the operation in conditions approximately real. Three types of objects have been used in this study. One object with standard glazing of wall (25,67%) for which required energy for heating is 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], the second one with 50% glazing of wall for which required energy for heating is 66,44 [kWh/m<sup>2</sup>], and 80% glazing of wall for which needed energy for heating is 75,03 [kWh/m<sup>2</sup>]. Each of these simulation objects has the useful surface of 143,96m<sup>2</sup> with more housing units. Floodlights have the length of 9m and height of 5,2m. We compared the consumption of energy for all three objects with floodlights set up at the east and the west object's side, with floodlights set up at the north object's side directed to southeast and southwest, and with floodlights set up at the north side of object directed to south side at an angle of 90° and 60°, by using two-ply and three layers windows also. As the result of simulation needed quantity of energy for heating objects was obtained with standard glazing of wall (25,67%), when we floodlights set up at the north side of buildings directed to south side at an angle 90° and 60°, at the distance 5m and 10m from the north side of buildings. The achieved saving with vertical floodlights set up at 5m from object is 60,58[kWh/m<sup>2</sup>], which means 4,77% of saving and at 10m distance from object the achieved saving is 60,48[kWh/m<sup>2</sup>], which is 4,71% of saving. With floodlights at the angle of 60° set up at 5m distance from object is 60,47[kWh/m<sup>2</sup>], which is 4,70% of saving, and the achieved saving at the 10m distance from object is 60,49[kWh/m<sup>2</sup>], which means 4,73% of saving.

**Keywords:** *Passive solar systems, floodlights, heating.*

# Садржај

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Увод.....                                                                                                                                                                                         | 7  |
| 2 Теоријске основе .....                                                                                                                                                                            | 8  |
| 2.1 Активни соларни системи .....                                                                                                                                                                   | 8  |
| 2.2 Пасивни соларни системи.....                                                                                                                                                                    | 10 |
| 2.2.1 Тромбеов зид. Пасивно коришћење Сунчеве енергије са протоком ваздуха .....                                                                                                                    | 11 |
| 2.3 EnergyPlus и Google SketchUp .....                                                                                                                                                              | 13 |
| 3. Опис објекта.....                                                                                                                                                                                | 13 |
| 3.1 Физички опис објекта .....                                                                                                                                                                      | 13 |
| 3.2 Извођење система рефлектора на објекту.....                                                                                                                                                     | 19 |
| 3.3 Полазни подаци.....                                                                                                                                                                             | 22 |
| 4. Анализа резултата и дискусија .....                                                                                                                                                              | 27 |
| 4.1 Приказ температура .....                                                                                                                                                                        | 27 |
| 4.2 Добијена енергија од стране рефлектора .....                                                                                                                                                    | 29 |
| 4.2.1 Потребна количина енергије за грејање објекта.....                                                                                                                                            | 29 |
| 4.2.2 Потрошња енергије са вертикално постављеним рефлекторима на источној и западној страни објекта.....                                                                                           | 30 |
| 4.2.3 Потрошња енергије са вертикално постављеним рефлекторима на северној страни објекта, усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од 45° у односу на бочне стране објекта..... | 31 |
| 4.2.4 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од 90° и 60° .....                                                             | 33 |
| 4.2.5 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од 90° и 60° са двослојним прозорима .....                                     | 35 |
| 4.2.6 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од 90° и 60° са трослојним прозорима .....                                     | 37 |
| 5. Закључак .....                                                                                                                                                                                   | 39 |
| 6. Литература .....                                                                                                                                                                                 | 41 |

## 1 Увод

Еволуција човека од најстаријих времена изазивала је у њему захтеве за побољшањем његовог живота, што је доприносило ефекту његовог рада и умног развитка. Данас је и научно доказано да побољшање угодности човековог живота доприноси његовој продуктивности и развоју у сваком погледу. Први услов угодности човека била је температура средине у којој је живео и радио. Грчки филозоф Сократ је ово схватио још у петом веку пре нове ере и пројектовао соларну кућу, која је на јужној фасади максимално користила Сунчево зрачење зими, а лети га искључивала. Ова корисна концепција изградње стамбених објеката у складу са природом, касније је занемарена, што је поред осталог допринело садашњој енергетској кризи. Идеја о пасивном соларном грејању полази од чињенице да Сунце у току године исија огромну количину енергије на површину Земље. Од тога свега мало више од  $\frac{1}{4}$  падне на копно, а остатак апсорбују океани. То је опет довољна количина енергије да вишеструко задовољи све садашње енергетске потребе планете. То је практично бесплатна енергија која је у садашњим условима готово неискоришћена. У неким случајевима је количина енергије коју прими кров објекта чак и већа од укупне количине енергије која се потроши у самом објекту.

Пасивни солари систем за грејање просторија заснива се на коришћењу саме зграде као соларног колектора (пријемника) без посебних уређаја. Овај пасивни начин коришћења Сунчеве енергије за грејање просторија у зградама је најрационалније соларно грејање просторија у зградама и стога у последње време највише привлачи пажњу људи у свету. За пријем, акумулацију и дистрибуцију енергије често се користе сами прозори, кровови, зидови или подови зграде, тако да уградња оваквих система практично не представља велике додатне трошкове, ако се уграђује у нове објекте. Код објеката којима се накнадно уграђују ови системи, трошкови могу бити већи, али углавном је период повраћаја тих инвестиција релативно кратак. Због тога је са циљем уштеде енергије за загревање објекта испитан утицај соларних рефлектора (огледала), постављеним на источној и западној страни објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка југоистоку и југозападу, и са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни објекта под углом од  $90^{\circ}$  и  $60^{\circ}$ . Видећемо колико се енергије губи тј. добија када су рефлектори постављени на северној страни објекта усмерени ка јужној страни под углом од  $90^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  на удаљености од 5m и 10m од северне стране објекта, користећи три типа објекта. Један објекат ће бити са стандардним застаклењем (25,67%), други са 50% застаклења и 80% застаклења зида на јужној, источној и западној страни објекта. Такође ћемо видети варијацију потрошње енергије са двослојним и трослојним прозорима. Како би резултати били ближе реалним, користио се програмски пакет EnergyPlus, који има могућност симулирања рада ових система.

## 2 Теоријске основе

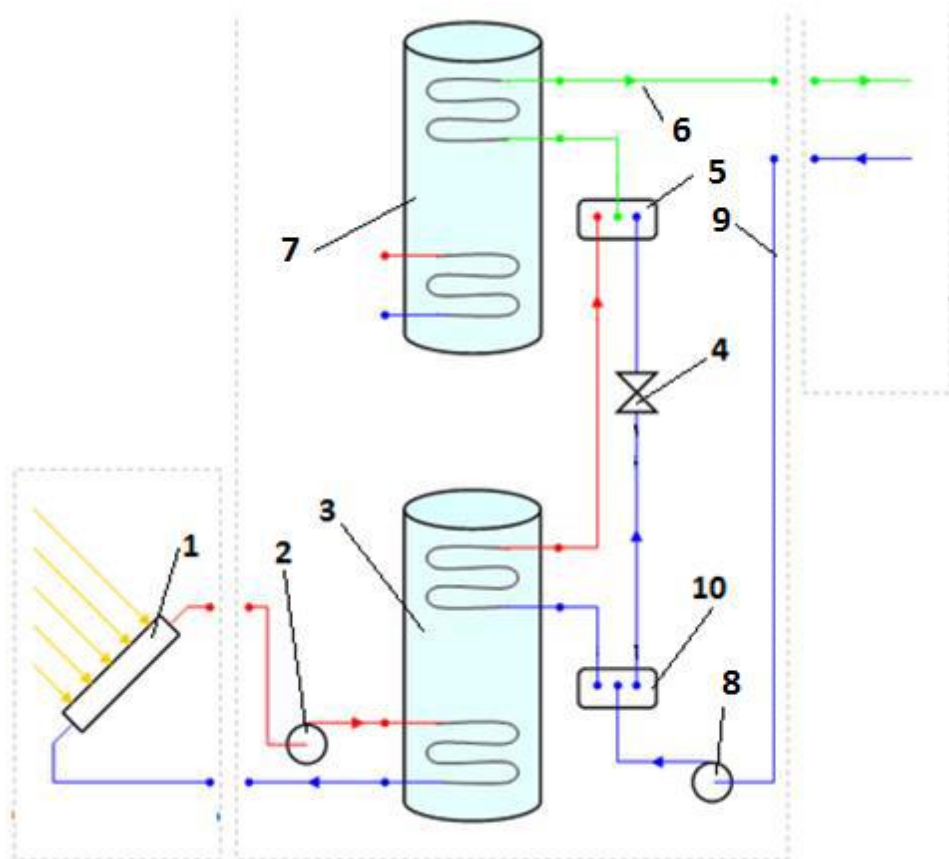
На почетку треба напоменути да је битно разликовати соларне системе од пријемника Сунчеве енергије. Соларни системи представљају целокупну инсталацију дефинисану за коришћење соларне енергије, док соларни пријемници представљају само део соларног система. Поделу соларних система можемо извршити на:

- активне системе,
- пасивне системе.

### 2.1 Активни соларни системи

Активни соларни системи су постројења за коришћење соларне енергије. Главни део овог система је пријемник, који има улогу да трансформише енергију Сунца, а остали делови система зависе од његове намене.

Функционисање система грејања у кући је следеће (слика 1). Сунчеви зраци падају на соларни пријемник 1, пролазе кроз стаклену плочу и највећим делом се апсорбују на површини апсорбера. Провођењем кроз апсорбер и конвекцијом у интегрисаним цевима вода преузима топлотну енергију, на одговарајућем температурном нивоу. Зависности од ефикасности соларног пријемника, врсте апсорбера, изолације кућишта, вода преузима већу или мању количину топлоте. Уз помоћ пумпе 2 топла вода се преноси до резервоара 3 који у зависности од површине соларних пријемника има различиту запремину, углавном се запремина израчунава  $V_{rez}=50(l) P_{pr}(m^2)$ , где је  $P_{pr}$  – површина соларног пријемника. У зависности од задате температуре флуида у систему, вода се из резервоара преко регулационог вентила 4 (регулација се одоси на температуру) и сабирника 5 шаље директно преко цеви 6 у зидне панеле или у котао 7, односно примарни извор енергије, на догревање и тако у круг. Воду кроз систем грејања погони друга пумпа 8 која охлађену воду 9 враћа преко разделника 10 у резервоар и процес иде из почетка. Улога соларног пријемника у једном оваквом систему је управо догревање воде и уштеда енергије коју би потрошио котао. Зато се и води рачуна да се колектори везују у систем са панелним грејањем, било подним, зидним или плафонским, управо из разлога јер је температура флуида која тече цевима до 40°C. Соларни панели се могу везивати и у системе са радијаторским грејањем али уштеда енергије би била значајно мања него код панелног грејања. Котао као гориво за производњу топлотне енергије у овом случају користи гас, а такође је могуће користити и електричну енергију и чврсто гориво. Треба напоменути да овакав систем топлу воду произведену од стране соларних пријемника користи искључиво за грејање, а не као топлу санитарну воду [1].



Слика 1. Шема функционисања активној соларној сисџема [2]

1 – соларни пријемник, 2 – пумпа која погони воду кроз соларни пријемник, 3 – резервоар, 4 – регулациони вентил, 5 – сабирник, 6 – улаз воде у зидне панеле, 7 – котло, 8 – пумпа у сисџему грејања, 9 – излаз воде из зидних панела, 10 – разделник.

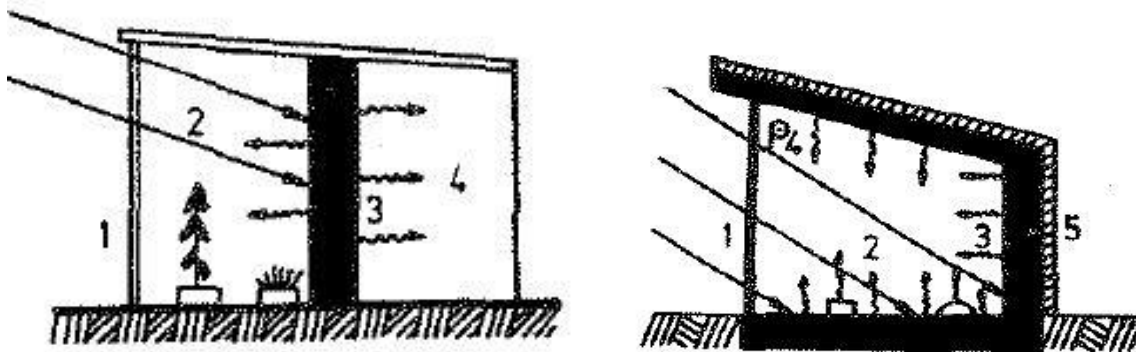
Монтажа соларних пријемника се може вршити на крову, фасади објекта, дворишту или на било ком другом погодном месту. Приликом монтаже мора се водити рачуна о постизању задате ефикасности соларног пријемника, што у ствари представља његова оријентација, ( $i$ ) и нагиб, ( $G$ ) такав да прима највећу могућу количину Сунчевог зрачења, односно да је угао нормале његове површине (раван соларни пријемник) и правца Сунчевог зрака што мањи, по могућству једнак нули. Уколико се ради о фиксном соларног пријемнику, његова оријентације је одређена смером југа (северна хемисфера), а нагиб се одређује тако да у току године панел прими максимално могућу количину зрачења. То није једноставан задатак, с обзиром на Сунчево, дневно и годишње кретање на небеској сфери. Постоје више метода одређивања оптималног нагиба соларног пријемника. Најстарији и најпримењиванији метод је према географској ширини  $\phi$ . Углавном се препорке групишу око нагиба панела који је једнак  $G = \phi + (10^\circ \div 30^\circ)$  [2].

## 2.2 Пасивни соларни системи

Пасивно коришћење Сунчеве енергије за грејање у кућама и другим објектима најчешће се обезбеђује прилагођавањем делова површина јужних фасада кућа и других објеката да обављају функцију апсорбера Сунчеве енергије. Ово се постиже на тај начин што се поменуте површине зидова обоје црном бојом и на одређеном растојању од зида затварају стакленом или провидном пластичном плочом тако да се ове површине одвоје од спољашње средине термо- и хидро-изолацијом.

Сунчеви зраци улазе у просторију кроз провидну плочу као кроз прозор и стога се овај начин пасивног соларног грејања често назива директним захватањем Сунчевог зрачења. Стаклена површина и зид објекта образују у ствари ваздушни соларни колектор (слика 2а). Из овог колектора се топлота са спољашње апсорберске површине фасаде кроз зид преноси на ваздух у просторији која се греје, при чему не долази до протока топлијег ваздуха из колекторског простора у простор који се греје. Ако је простор између стаклене плоче и зида мањи, онда он служи као термо- и хидро-изолација апсорберске површине зида. Међутим, у пракси је знатно чешћи већи ваздушни простор који поред термо- и хидро-изолације може да послужи и као стаклена башта (слика 2а) за држање цвећа током зиме.

Под, зидови и ствари у простору апсорбују Сунчеве зраке који на њих директно падају тако да загрејани под, зидови и предмети у просторији емитују топлотну енергију (слика 2б). Услед расејавања светлости зраци индиректно доспевају на зидове и таваницу који је такође загрејан и зраче топлотну енергију. Зрачење топлоте са свих страна у просторији, веома пријатно делује на људе који се налазе у њој. То значи да пасивну соларну кућу чини и све оно што се налази иза застакљене површине. Температура у просторији зависи од метеоролошких услова околине, величине јужне застакљене површине, масе, врсте материјала и боје зидова и предмета који апсорбују Сунчеве зраке. Температура расте у току дана нарочито у просторији на јужној страни зграде, достиже максимум по подне, а затим опада све до наредног јутра [1].



Слика 2. а) грејање директним захватањем Сунчевог зрачења; б) под, зидови и ствари апсорбују Сунчеве зраке.

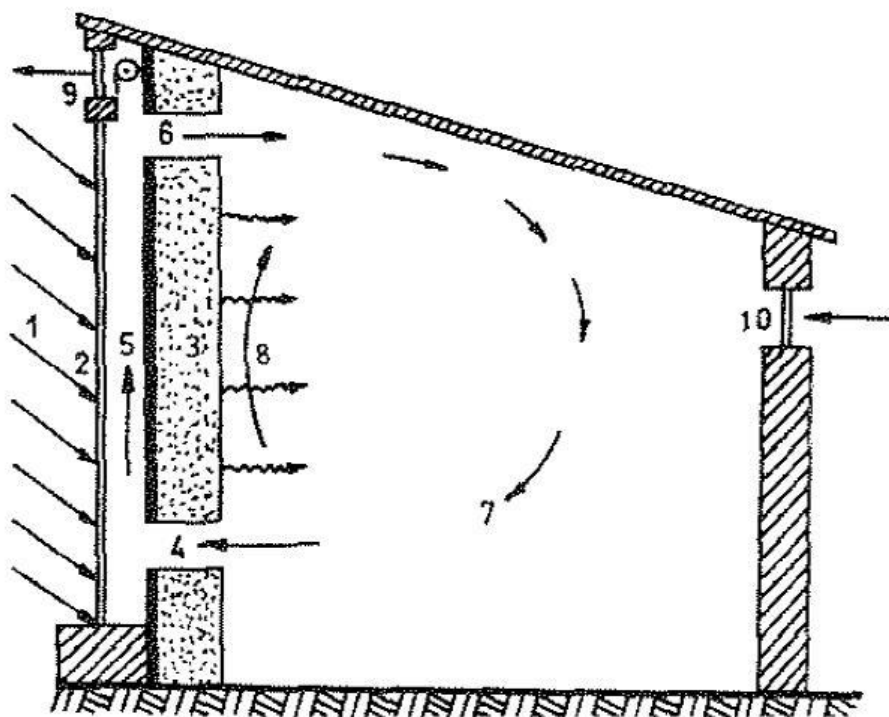
1- Застакљена јужна страна; 2- простор који се греје; 3- под, зидови и таваница као апсорбери; 4- намотана завеса; 5- изолација.

### 2.2.1 Тромбеов зид. Пасивно коришћење Сунчеве енергије са протоком ваздуха

Усавршавање пасивног соларног система за загревање просторија заснованог на принципу директног захватања Сунчеве енергије извео је 1960. Године француски научник и конструктор познате соларне куће у Пиринејима професор Felix Trombe. Он је на јужној страни своје куће саградио масиван зид који је обојен црном бојом и застакљен био истовремено соларни колектор и акумулатор. Овај зид велике масе познат је под именом Тромбеов зид. Са предње црне стране Тромбеовог зида топлота се преноси кроз зид ка његовој задњој страни где стиже при крају дана. Задња страна зида зрачи примљену енергију баш тада када је најпотребније тако да је боравак у просторији пријатан. Тамно обојен зид са предње стране дебљине око 40 cm, као акумулатор може да задржи близу 50% примљене соларне енергије, док осталих 50% загрева просторију.

Пасивни соларни систем са Тромбеовим зидом начешће се изводи тако да се омогући проток, односо циркулација ваздуха из међупростора стаклене површине и зида у простору који се греје и обрнуто. У том циљу на доњем и горњем делу Тромбеовог зида остављају се отвори тако да долази до природне циркулације ваздуха између просторија и застакљене површине преко предње загрејане стране зида.

Изглед и функционисање система пасивног соларног грејања просторија, применом Тромбеовог зида са природном циркулацијом приказан је шематски на слици 3. у вертикалном пресеку. У зимском периоду, од септембра до априла, Сунчеви зраци (1) пролазе косо кроз застакљену површину (2) и падају на предњу црну површину Тромбеовог зида (3) од бетона који се загрева. Половину ове соларне енергије акумулира зид, а друга половина ефектом стаклене басте ствара природну циркулацију ваздуха. Усисани ваздух кроз доњи отвор зида (4) долази у простор између стаклене површине и зида, загрева се Сунчевом енергијом, постаје лакши и струји навише (5). Кроз горњи отвор Тромбеовог зида (6) загрејани ваздух доспева у просторију која се греје, хлади се, постаје тежи, пада наниже (7) и улази поново кроз отвор (4) у простор између стаклене површине и зида. Затим се описани кружни циклус понавља [1].



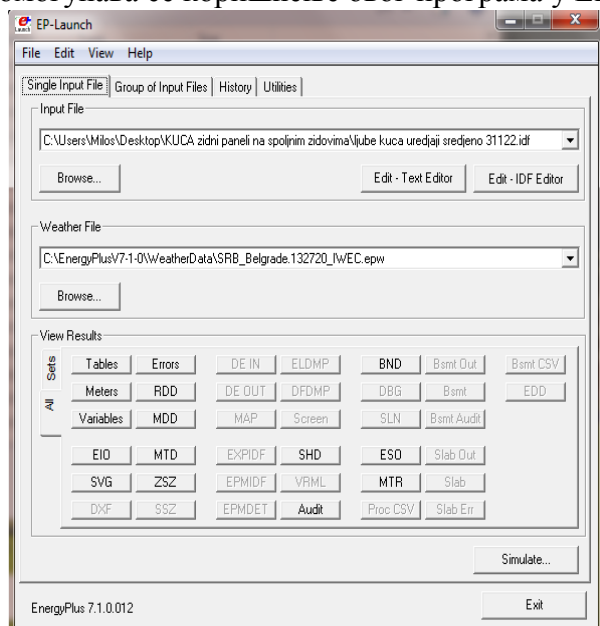
Слика 3. Изглед Тромбеовој зида са природном циркулацијом

Топлота акумулирана у Тромбеовом зиду преноси се кроз зид и као што је описано зрачењем (8) загрева просторију. На тај начин просторија се може загревати до потребне температуре за угодно становање. За време топлијих дана може да дође и до прегревања просторија. Стога се топлији ваздух кроз отвор (9) избацује у атмосферу а кроз отвор (10) се у просторију пропушта свеж спољашњи ваздух. Тако је на једноставан начин у овом пасивном соларном систему истовремено обезбеђена и климатизација просторија што је веома значајно.

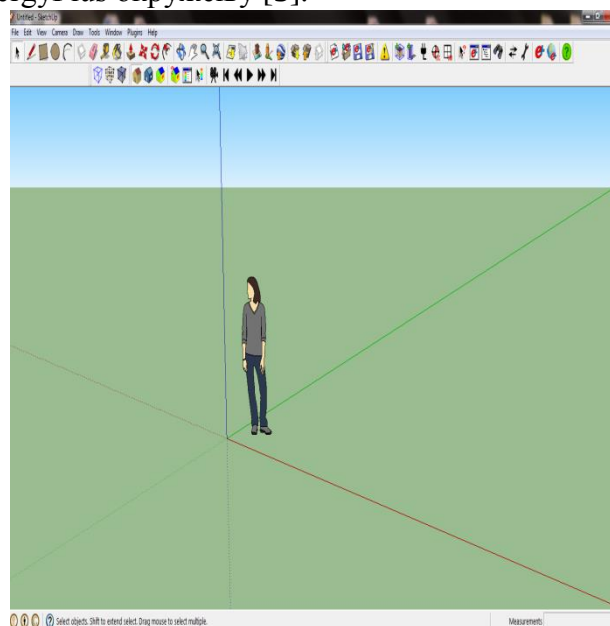
Да се Тромбеов зид не би ноћу хладио, потребно је да се између њега и застакљене површине уградити завеса као термални застор. На слици 3. ова завеса је приказана у увијеном стању поред отвора (9). Чим престане Сунчево зрачење ова завеса се спушта. У летњем периоду дању ова завеса се такође спушта да би се спречило прегревање зида. Ноћу се она подиже да би се омогућило хлађење зида зрачењем. На тај начин се отворима (9) и (10), који се могу затварати и отварати капцима, као и завесом, може веома добро извршити климатизација просторије.

## 2.3 EnergyPlus и Google SketchUp

EnergyPlus (слика 4.) је програм за симулацију и анализу енергетских и термичких оптерећења грађевинских објеката. На основу описа објеката, физичком изгледу зграде, повезаних механичких и других система, EnergyPlus прорачунава енергију потребну за грејање и хлађење објеката у оквиру предвиђених оптималних вредности температура, као и потрошњу енергије примарног постројења са опремом. EnergyPlus је програм који oponaша реалне услове „микроклиме” и енергетских потреба једног објекта. Google SketchUp (слика 5.) је 3D софтвер за моделирање. Једноставан је за употребу, брз и прецизан. Употребом Google SketchUp-а 3D кориснику је на располагању могућност приказивања мноштва детаља, комуникација са сарадницима и online публиковања радова. Употребом посебног plug-ина омогућава се коришћење овог програма у EnergyPlus окружењу [3].



Слика 4. Окружење EnergyPlus-а



Слика 5. Окружење Google SketchUp-а

## 3. Опис објеката

### 3.1 Физички опис објеката

Имајући у виду податке, који садржи овај рад, о потрошњи енергије, уштеде остварене рефлекторима (огледалима) и коришћењем слојевитости прозора, користимо три типа објеката. Један објекат ће бити са стандардним застакљењем зида (25,67%) (слика 6) где је укупна површина зидова  $133,78 \text{ m}^2$  а површина прозора  $34,34 \text{ m}^2$ , други са 50% застакљења зида (слика 7) где је укупна површина зидова  $108,54 \text{ m}^2$  а површина прозора  $55,58 \text{ m}^2$  и 80% застакљења зида (слика 8) где је укупна површина зидова  $61,2 \text{ m}^2$  а површина прозора  $49,5 \text{ m}^2$ . Сва три објекта су истих димензија и корисних површина. Разликују им се само застакљене површине на јужној, источној и западној фасади објекта.

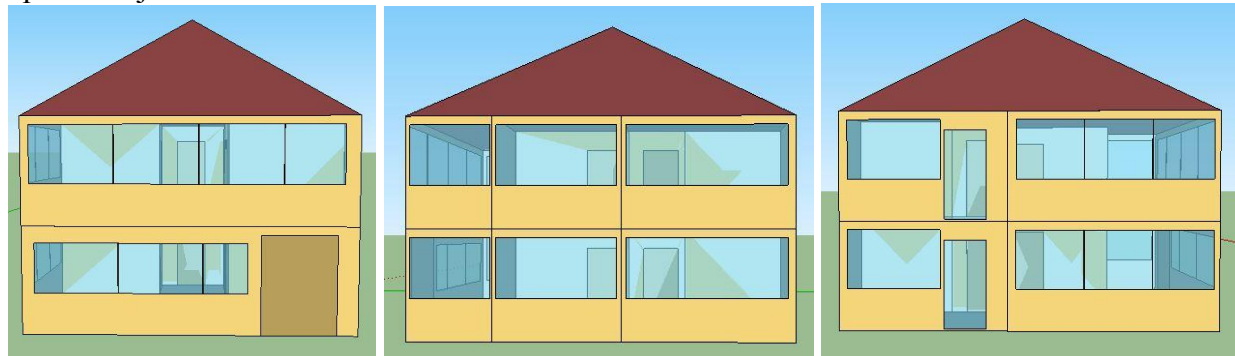
Сваки од објекта је укупне површине од  $215,92 \text{ m}^2$ , при чему се загрева само  $143,96 \text{ m}^2$  и постављени су као слободно стојећи са све четири слободне фасаде са истим распоредом просторија у приземљу и на спрату. Објекат садржи дневну собу спојену са кухињом, две собе и купатило. Исти распоред просторија је и на спрату. Кров је на четири воде. Објекат користи гасно грејање.

Приказ објекта са стандардним застакљењем зида (25,67%):



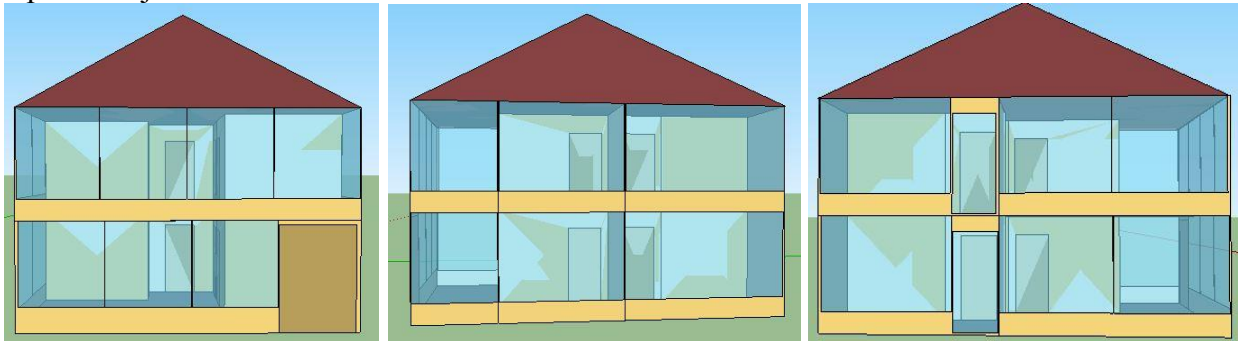
Слика 6. Објекат са стандардним застакљењем зида: а) јужна страна; б) источна страна; в) западна страна.

Приказ објекта са 50% застакљености зида:



Слика 7. Објекат са 50% застакљења зида: а) јужна страна, б) источна страна, в) западна страна.

Приказ објекта са 80% застакљености зида:



Слика 8. Објекат са 80% застакљења зида: а) јужна страна, б) источна страна, в) западна страна.

Табела 1. Димензије и површине просторија

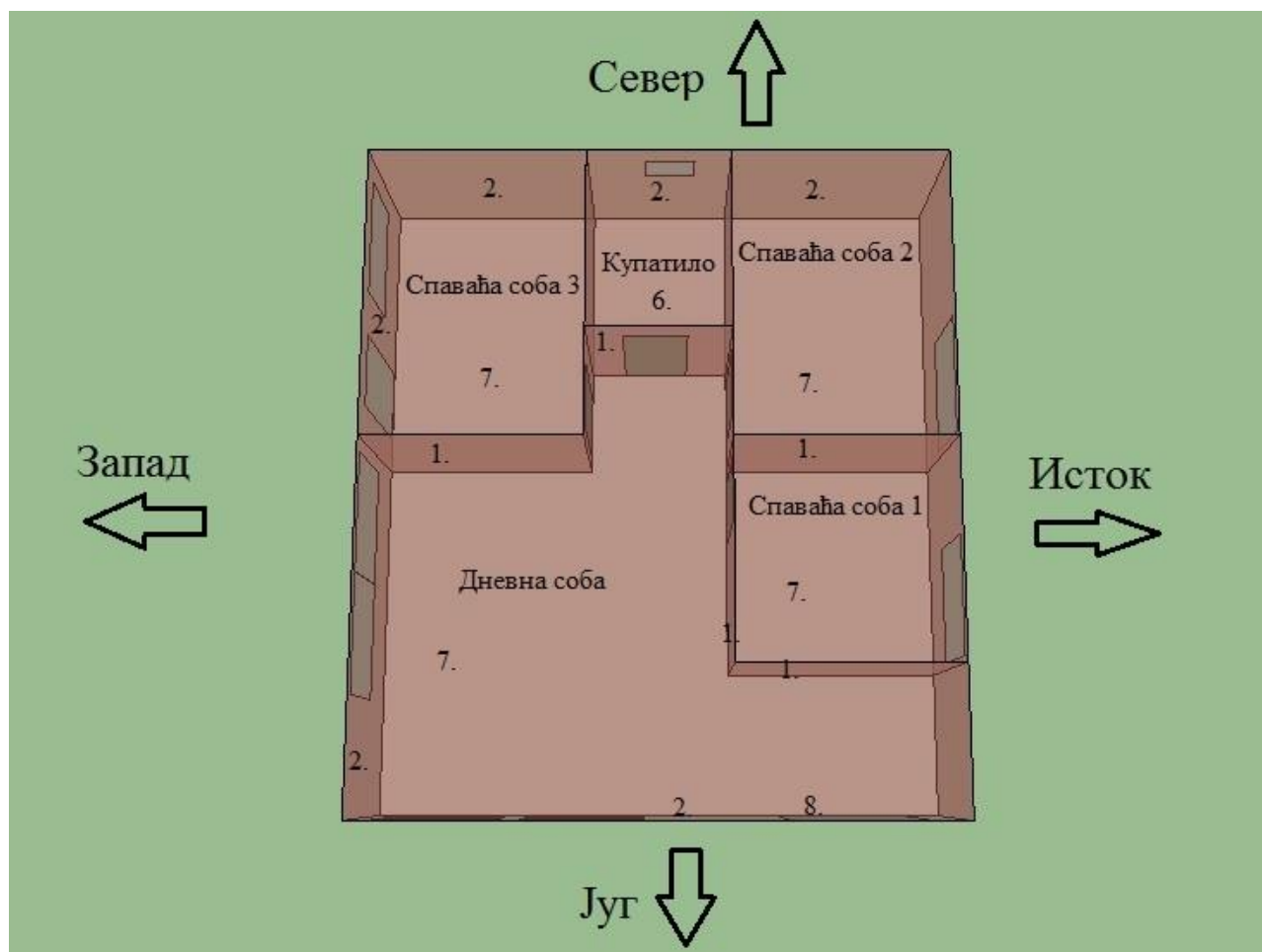
| Просторије     | Димензије (ДxШ) | Површина [m <sup>2</sup> ] |
|----------------|-----------------|----------------------------|
| Дневна соба    | 8x5             | 33.99                      |
| Спаваћа соба 1 | 3x3             | 9                          |
| Спаваћа соба 2 | 3x4             | 12                         |
| Спаваћа соба 3 | 4x3             | 11.99                      |
| Купатило       | 2x2.5           | 5                          |
| Укупно         |                 | 71.98                      |

Дужина објекта је 9m а ширина 8m. У табели 1. дате су површине и димензије просторија. Исти распоред просторија је и на спрату. У табели 2. може се видети целокупан примењени грађевински материјал, са спецификационим карактеристикама у погледу густине, дебљине, специфичне топлоте и коефицијента провођења топлоте, који се користио у прорачуну.

Табела2. Грађевински материјал који се користио у прорачуну

| Материјал         | Густина<br>$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | Дебљина<br>$\delta$ (m) | Специфична<br>топлота<br>$c$ (J/kgK) | Коефицијент<br>провођења<br>топлоте<br>$\lambda$ (W/mK) |
|-------------------|----------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Цементна кошуљица | 2100                                   | 0,04                    | 1050                                 | 1,4                                                     |
| Камен             | 2000                                   | 0,25                    | 920                                  | 1,16                                                    |
| Шљунак            | 1700                                   | 0,2                     | 840                                  | 0,81                                                    |
| Кречни малтер     | 1600                                   | 0,02                    | 1050                                 | 0,81                                                    |
| Паркет            | 700                                    | 0,02                    | 1670                                 | 0,21                                                    |
| Монта             | 1200                                   | 0,16                    | 920                                  | 0,6                                                     |
| Пуна опека        | 160                                    | 0,2                     | 920                                  | 0,64                                                    |
| Полистирен        | 20                                     | 0,06                    | 1260                                 | 0,041                                                   |
| Керамичке плочице | 1700                                   | 0,015                   | 920                                  | 0,87                                                    |
| Битумен           | 1100                                   | 0,01                    | 1050                                 | 0,19                                                    |

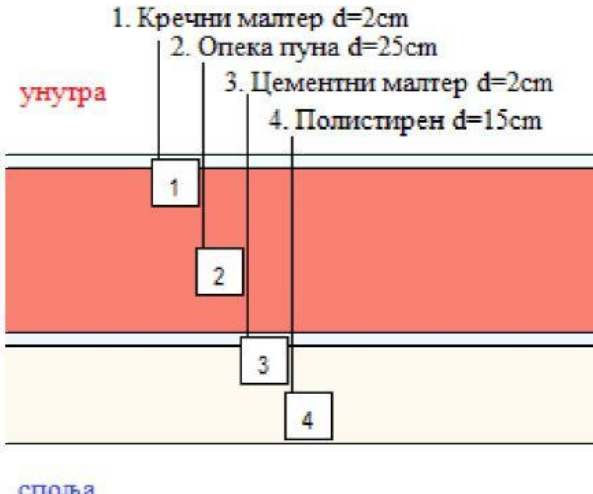
Грађевинске конструкције које узимају у обзир површину, тренутни коефицијент пролаза топлоте са њиховим елементима су приказани у табели 3. Свака грађевинска конструкција је обележена редним бројем ради лакшег праћења на слици 9.

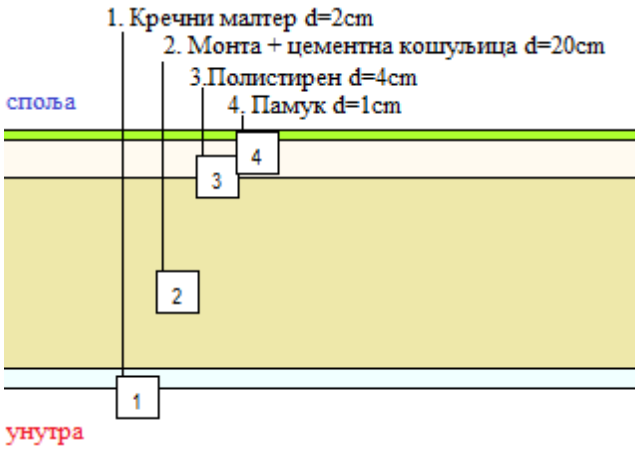
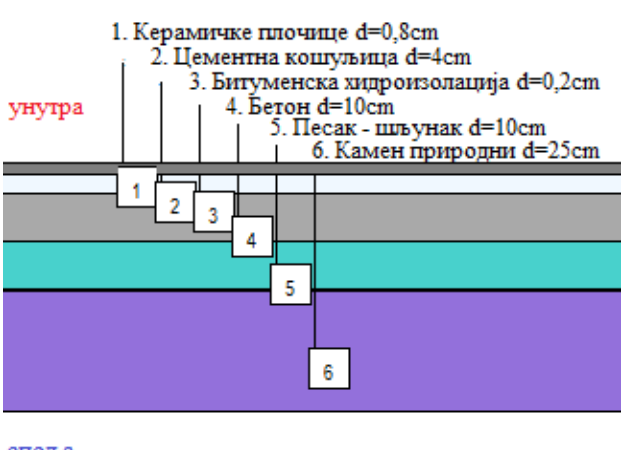
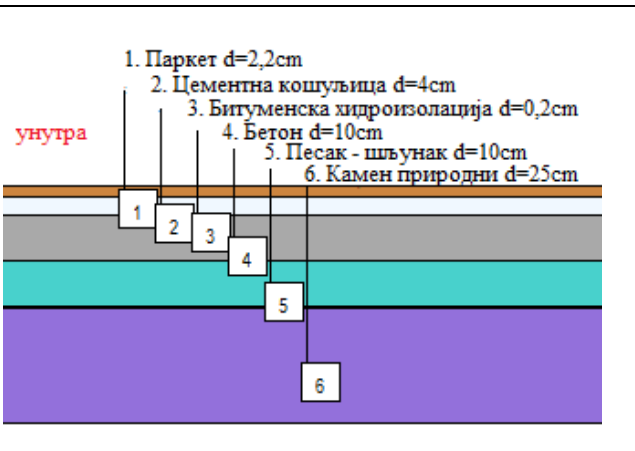


Слика 9. Распоред просторија у приземљу

Табела 3. Састав грађевинске конструкције

| Грађевинска конструкција                                                                                                         | Елементи грађевинске конструкције                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>1. Унутрашњи зид<br/>Површина: 31.2 [m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент пролаза топлоте<br/>U: 1.536[W/m<sup>2</sup>K]</p> | <p>1. Кречни малтер d=2cm<br/>2. Пуна опека d=25cm<br/>3. Кречни малтер d=2cm</p> <p>унутра</p> <p>споља</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>2. Спољашњи зид<br/>Површина: 196[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент<br/>пролаза топлоте<br/>U: 0.235[W/m<sup>2</sup>K]</p>                                                                                                            |  <p>1. Кречни малтер d=2cm<br/>2. Опека пуна d=25cm<br/>3. Цементни малтер d=2cm<br/>4. Полистирен d=15cm</p> <p>унутра</p> <p>споља</p> |
| <p>3. Међуспратна<br/>конструкција између<br/>грејаних простора<br/>различитих корисника<br/>(паркет)(спрат/приземље)<br/>Површина: 81,87[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент<br/>пролаза топлоте<br/>U: 1,745[W/m<sup>2</sup>K]</p>       |  <p>1. Паркет d=2,2cm<br/>2. Монта + цементна кошуљица d=20cm<br/>3. Кречни малтер d=2cm</p> <p>Унутра</p> <p>Споља</p>                 |
| <p>4. Међуспратна<br/>конструкција између<br/>грејаних простора<br/>различитих корисника<br/>(плочице)<br/>(спрат/приземље)<br/>Површина: 19,32[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент<br/>пролаза топлоте<br/>U: 2,096[W/m<sup>2</sup>K]</p> |  <p>1. Керамичке плочице d=0,8cm<br/>2. Монта + цементна кошуљица d=20cm<br/>3. Кречни малтер d=2cm</p> <p>Унутра</p> <p>Споља</p>     |

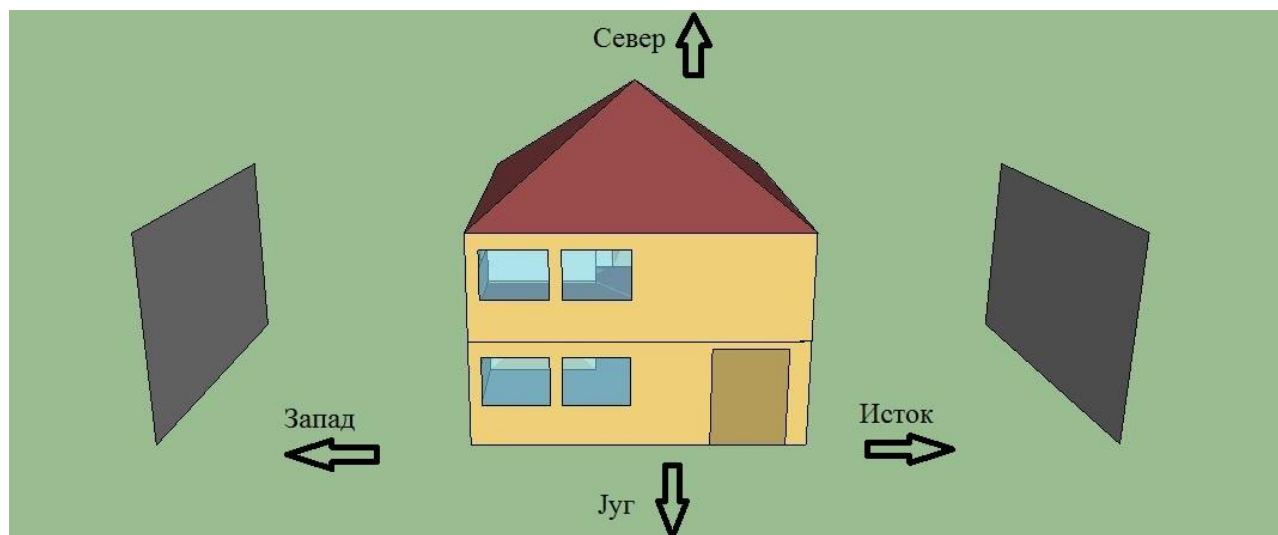
|                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>5. Међуспратна конструкција испод негрејаног простора (поткровље/спрат)<br/>Површина: 90,64[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент пролаза топлоте<br/>U: 0,583[W/m<sup>2</sup>K]</p> |  <p>1. Кречни малтер d=2cm<br/>2. Монта + цементна кошуљица d=20cm<br/>3. Полистирен d=4cm<br/>4. Памук d=1cm</p> <p>споља</p> <p>унутра</p>                                                                           |
| <p>6. Под на земљи плочице<br/>Површина: 26,17[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент пролаза топлоте<br/>U: 1,597[W/m<sup>2</sup>K]</p>                                                 |  <p>1. Керамичке плочице d=0,8cm<br/>2. Цементна кошуљица d=4cm<br/>3. Битуменска хидроизолација d=0,2cm<br/>4. Бетон d=10cm<br/>5. Песак - шљунак d=10cm<br/>6. Камен природни d=25cm</p> <p>унутра</p> <p>споља</p> |
| <p>7. Под на земљи паркет<br/>Површина: 75,52[m<sup>2</sup>]<br/>Укупни коефицијент пролаза топлоте<br/>U: 1,403[W/m<sup>2</sup>K]</p>                                                  |  <p>1. Паркет d=2,2cm<br/>2. Цементна кошуљица d=4cm<br/>3. Битуменска хидроизолација d=0,2cm<br/>4. Бетон d=10cm<br/>5. Песак - шљунак d=10cm<br/>6. Камен природни d=25cm</p> <p>унутра</p> <p>споља</p>           |

|                                                                                                                                                              |                                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 8. Спољна врата<br>Површина: 3,2[m <sup>2</sup> ]<br>Укупни коефицијент<br>пролаза топлоте<br>U: 2,5[W/m <sup>2</sup> K]                                     |                                               |
| Прозори и балконска<br>врата грејаних<br>просторија<br>Површина: 17,17[m <sup>2</sup> ]<br>Укупни коефицијент<br>пролаза топлоте<br>U: 3[W/m <sup>2</sup> K] | Стакло - 4mm<br>Ваздух - 12mm<br>Стакло - 4mm |

### 3.2 Извођење система рефлектора на објекту

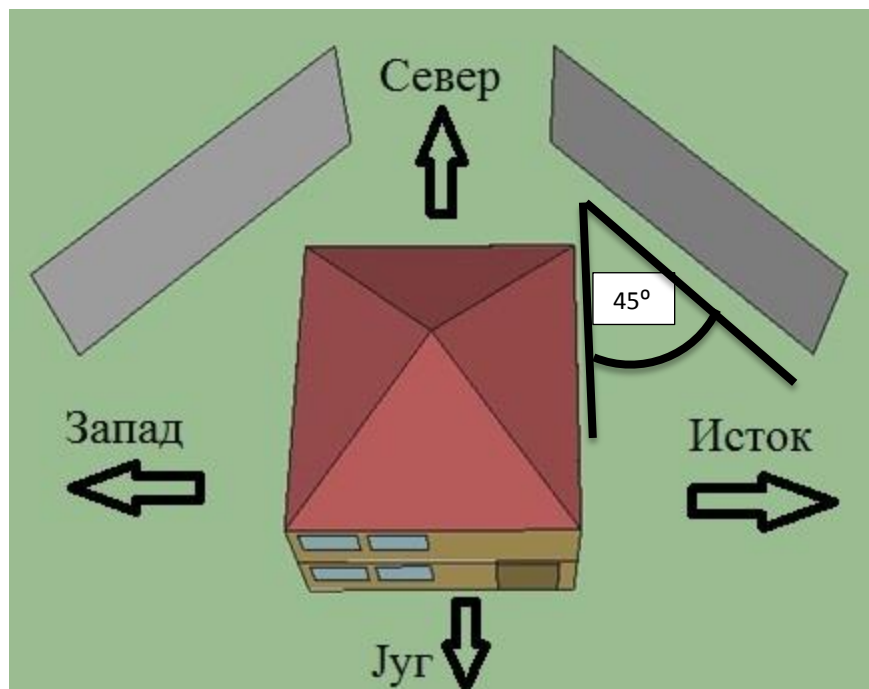
Сама суштина рада огледа се у томе колико ће се уштедети енергије за грејање објекта постављањем рефлектора (огледала) на одређеној удаљености и нагибу, као и коришћењем слојевитости прозора.

При изради овог мастер рада, првобитна идеја је била да се рефлектори поставе са источне и западне стране објекта на једнаким удаљењима, на 2.5m, 5m, 7.5m, и 10m под углом од 90<sup>0</sup> (слика 10). Рефлектори су дужине 9m као бочна дужина објекта и висине 5.2m у висини објекта.



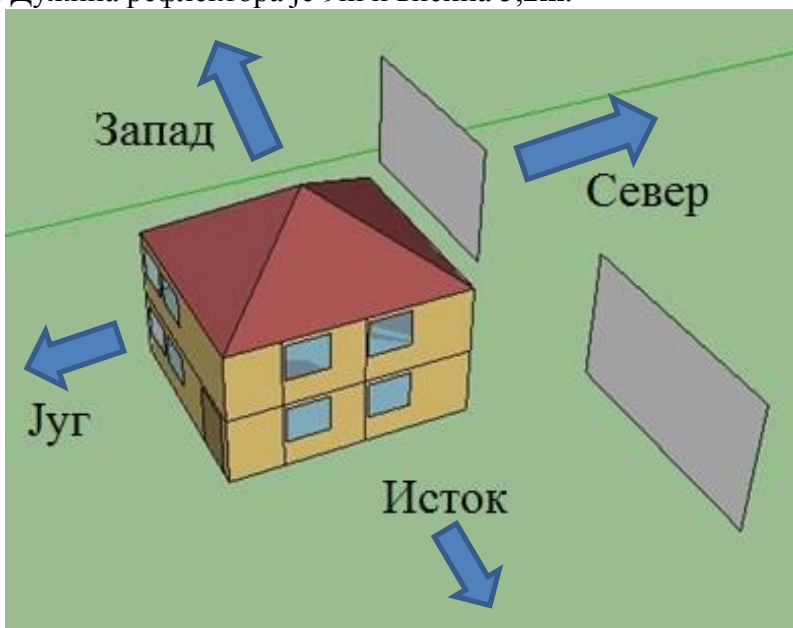
Слика 10. Објекат са постављеним рефлекторима на источној и западној страни под углом од 90<sup>0</sup>

Затим се пристипило следећем положају рефлектора. Вертикалне рефлекторе смо поставили на северној страни објекта усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од 45<sup>0</sup> у односу на бочне стране објекта, дужине 12m и висине 5.2m, на удаљености од 5m и 10m у односу на ивицу објекта (слика 11).



Слика 11. Објект са постављеним вертикалним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од  $45^\circ$  у односу на бочне стране објекта

До идеалног положаја рефлектора, дошло се постављањем вертикалних рефлектора на северној страни објекта усмереним ка јужној страни објекта, на дужини од 5m и 10m од објекта(слика 12). Дужина рефлектора је 9m и висина 5,2m.



Слика 12. Објект са постављеним вертикалним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни објекта

Табела 4. Приказ испитиваних сценарија

|                       |                                                               | Ситуација<br>1 | Ситуација<br>2 | Ситуација<br>3 | Ситуација<br>4 | Ситуација<br>5 | Ситуација<br>6 | Ситуација<br>7 | Ситуација<br>8 | Ситуација<br>9 |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Застакљење<br>прозора | Једноструки прозори                                           | •              | •              | •              | •              | •              |                |                |                |                |
|                       | Двоструки прозори                                             |                |                |                |                |                | •              | •              |                |                |
|                       | Троструки прозори                                             |                |                |                |                |                |                |                | •              | •              |
| Положај<br>рефлектора |                                                               |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|                       | Без рефлектора                                                | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              |
|                       | На источној и западној<br>страни                              |                | •              |                |                |                |                |                |                |                |
|                       | На северној страни<br>усмереним ка југозападу и<br>југоистоку |                |                | •              |                |                |                |                |                |                |
|                       | На северној страни<br>усмереним ка јужној под 90°             |                |                |                | •              |                | •              |                | •              |                |
|                       | На северној страни<br>усмереним ка јужној под 60°             |                |                |                |                | •              |                | •              |                | •              |
| Удаљење<br>рефлектора |                                                               |                |                |                |                |                |                |                |                |                |
|                       | 2.5m                                                          |                | •              |                |                |                |                |                |                |                |
|                       | 5m                                                            |                | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              |
|                       | 7.5m                                                          |                | •              |                |                |                |                |                |                |                |
|                       | 10m                                                           |                | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              | •              |

Табела 4. је дата у циљу лакше оријентације у раду, и позивања на њу. За три типа објекта дате су 9 ситуација у односу на застакљење прозора, положаја рефлектора и удаљења рефлектора од објекта.

### 3.3 Полазни подаци

За симулацију енергетског понашања објекта коришћен је софтвер EnergyPlus у оквиру којег је могуће дефинисати архитектуру, параметре објекта и сагледати његово термичко понашање током жељеног периода. Сам програм има могућност одабира временских фајлова и због тога у овом случају је одабран Крагујевац, како би резултати били што реалнији. Геометрија објекта је рађена у програму SketchUP који је повезан са EnergyPlus-ом. У табелама испод (од табеле 5 до табеле 16 ) биће објашњено уношење усвојених података у горе наведеним програмима, а пошто програм садржи велики број опција, биће наведене само оне главне. Имајући у виду да одређене опције садрже велики број величина (Obj1, Obj2,...) углавном ће табеларно бити приказане само две величине, док ће остале бити напоменуте.

Задавање периода рада система за грејање може се видети у табели 5. Потребно је унети почетак у овом случају грејне сезоне везано за месец (Begin Month - 10) и дан 24 (Begin Day of Month - 15)(15. октобар), а такође и завршетак исте (End Month - 4, End Day of Month - 15)(15. април), с тим да је потребно унети и временски фајл (Use Weather File) града у којем се објекат налази.

Табела 5. Период рада система за грејање (грејна сезона)

| Field                                      | Units | Obj1           |
|--------------------------------------------|-------|----------------|
| Name                                       |       | Grejna sezona  |
| Begin Month                                |       | 10             |
| Begin Day of Month                         |       | 15             |
| End Month                                  |       | 4              |
| End Day of Month                           |       | 15             |
| Day of Week for Start Day                  |       | UseWeatherFile |
| Use Weather File Holidays and Special Days |       | Yes            |
| Use Weather File Daylight Saving Period    |       | Yes            |
| Apply Weekend Holiday Rule                 |       | No             |
| Use Weather File Rain Indicators           |       | Yes            |
| Use Weather File Snow Indicators           |       | Yes            |

Најважнија опција у овом програму без обзира шта желимо да симулирамо је „Schedule Compact“. Ова опција садржи 29 величина (Obj1 до Obj29) и то распореде у виду времена рада електричних и уређаја за осветљење, температуре у зависности од просторије. Температурни лимит воде у систему зидног грејања је до 37 °C. У табели 6. може се видети време боравка људи у просторијама, тј. боравак људи у спаваћој соби и дневној соби („Ljudi u SS“ i „Ljudi u DS“), па је тако временски период људи дефинисан у зависности од доба дана за све дане грејне сезоне. Бројеви који се могу видети у пољима 4, 6 и 8 (Filed 4 , 6 , 8), а реда величина су од 0 до 1 представљају удео боравака људи у просторији. То значи да уколико се сви људи задати програмом, налазе у одређеној просторији унећемо број 1 (Field 4, Obj 1). Уколико је фреквенција или број људи по просторијама мањи од укупно унетог броја за одређену просторију, та вредност се смањује до 0, што значи да се у просторији не налазе људи.

Табела 6. Временски период боравка људи у просторији дефинисан у Schedule Compact-у

| Field                     | Units  | Obj1           | Obj2           |
|---------------------------|--------|----------------|----------------|
| Name                      |        | Ljudi u SS     | Ljudi u DS     |
| Schedule Type Limits Name |        | Fraction       | Fraction       |
| Field 1                   | varies | Through: 12/31 | Through: 12/31 |
| Field 2                   | varies | For: AllDays   | For: AllDays   |
| Field 3                   | varies | Until: 7:00    | Until: 7:00    |
| Field 4                   | varies | 1              | 0              |
| Field 5                   | varies | Until: 11:00   | Until: 11:00   |
| Field 6                   | varies | 0.2            | 0.7            |
| Field 7                   | varies | Until: 16:00   | Until: 16:00   |
| Field 8                   | varies | 0              | 0.3            |

Још једна веома битна величина ове опције је регулација система за грејање (табела 7). У овом објекту, она је зависила је од температуре у просторијама. Програмом је задато да се температура у просторијама регулише у временским интервалима и то од 7 до 22h (Field 5), у дневној (Htg-SetP-Sch-Ds) и спаваћој соби температура мора бити 20 °C (Field 6), од 22 до 24h (Field 7) температура не сме бити нижа од 18°C (Field 8) и од 24 до 7h (Field 3) температура не сме бити нижа од 15°C (Field 4). У случају купатила (Htg-SetP-Sch-KUP), програмом је задато да температура зависи од следећих временских интервала од 7 до 21h (Field 5) температура мора бити 24 °C (Field 6), од 21 до 24h (Field 7) температура не сме бити нижа од 20°C (Field 8) и од 24 до 7h (Field 3) температура не сме бити нижа од 12°C (Field 4). Уколико температура није у овим интервалима систем за грејање се активира.

Табела 7. Регулација система за грејање у зависности од температуре

| Field                     | Units  | Obj20           | Obj21            |
|---------------------------|--------|-----------------|------------------|
| Name                      |        | Htg-SetP-Sch-DS | Htg-SetP-Sch-KUP |
| Schedule Type Limits Name |        | Temperature     | Temperature      |
| Field 1                   | varies | Through: 12/31  | Through: 12/31   |
| Field 2                   | varies | For: AllDays    | For: AllDays     |
| Field 3                   | varies | Until: 07:00    | Until: 07:00     |
| Field 4                   | varies | 15              | 12               |
| Field 5                   | varies | Until: 22:00    | Until: 21:00     |
| Field 6                   | varies | 20              | 24               |
| Field 7                   | varies | Until: 24:00    | Until: 24:00     |
| Field 8                   | varies | 18              | 20               |

Карактеристике грађевинског материјала који се користио у прорачуну налазе се у табели 8. Поред назива материјала потребно је унети храпавост (Roughness - програм даје одређене опције у зависности од квалитета храпавости), затим дебљину (Thickness), топлотну проводљивост (Conductivity), густину (Density) и специфичну топлоту материјала (Specific Heat). У табели се могу видети само два материјала док се остали материјали коришћени у прорачуну, са својим карактеристикама, могу наћи у табели 2.

Табела 8. Карактеристике грађевинског материјала

| Field         | Units  | Obj1          | Obj2               |
|---------------|--------|---------------|--------------------|
| Name          |        | Krečni malter | Cementna kosuljica |
| Roughness     |        | MediumSmooth  | Smooth             |
| Thickness     | m      | 0.025         | 0.04               |
| Conductivity  | W/m-K  | 0.81          | 1.4                |
| Density       | kg/m3  | 1600          | 2100               |
| Specific Heat | J/kg-K | 1050          | 1050               |

Елементи грађевинске конструкције садрже зидове плафоне и подове. У зависности од карактеристика и врсте материјала од којих су елементи сачињени, исти се уносе и задају у програм. У табели 4 налази се детаљан опис свих конструкција, док табела 9. представља елементе конструкције у EnergyPlus-у.

Табела 9. Елементи грађевинске конструкције од којих се састоји објект

| Field         | Units | Obj1          | Obj2           |
|---------------|-------|---------------|----------------|
| Name          |       | Zid spoljni   | Zid unutrašnji |
| Outside Layer |       | Stiropor      | Krečni malter  |
| Layer 2       |       | Krečni malter | Puna opeka     |
| Layer 3       |       | Puna opeka    | Krečni malter  |
| Layer 4       |       | Krečni malter |                |
| Layer 5       |       |               |                |

За избор броја људи, као и то шта исти раде у одређеним просторијама (седе, кувају, крећу се...) служи нам опција која се може видети у табели 10. Ова опција спада у ред топлотних добитака и сходно врсти просторије (Name) и задацима који људи обављају (Activity Level Schedule Name), а и броју самих људи у просторији (Number of People) из табеле са жељеним излазним параметрима (Output: Variable одабрати опцију „People Total Heat Gain“) се може видети колико износе ови добици у Цулима.

Табела 10. Број и функција људи у просторији

| Field                                     | Units     | Obj1                  | Obj2                  | Obj3                  |
|-------------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Name                                      |           | People DS             | People KUP            | People SS3            |
| Zone or ZoneList Name                     |           | DS                    | Kup                   | SS3                   |
| Number of People Schedule Name            |           | Ljudi u DS            | Ljudi u Kup           | Ljudi u SS            |
| Number of People Calculation Method       |           | People                | People                | People                |
| Number of People                          |           | 3                     | 1                     | 2                     |
| People per Zone Floor Area                | person/m2 |                       |                       |                       |
| Zone Floor Area per Person                | m2/person |                       |                       |                       |
| Fraction Radiant                          |           | 0.1                   | 0.1                   | 0.1                   |
| Sensible Heat Fraction                    |           | autocalculate         | autocalculate         | autocalculate         |
| Activity Level Schedule Name              |           | Toplota od ljudi sedi | Toplota od ljudi sedi | Toplota od ljudi sete |
| Carbon Dioxide Generation Rate            | m3/s-W    | 0.0000000382          | 0.0000000382          | 0.0000000382          |
| Enable ASHRAE 55 Comfort Warnings         |           | No                    | No                    | No                    |
| Mean Radiant Temperature Calculation Type |           | ZoneAveraged          | ZoneAveraged          | ZoneAveraged          |

Следећа опција (табела 11.) се односи на осветљење. Потребно је унети назив просторије (Name), назив зоне у којој се просторија налази (Zone or ZoneList Name), контролу рада сијалица (Schedule Name), снагу сијалице (Lighting Level [W]).

Табела 11. *Распоред сијалица по просторијама и њихова снага изражена у [W]*

| Field                                                  | Units    | Obj1          | Obj2          |
|--------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------|
| Name                                                   |          | Lights DS     | Lights SS3    |
| Zone or ZoneList Name                                  |          | DS            | SS3           |
| Schedule Name                                          |          | Svetlo u DS   | Svetlo u SS   |
| Design Level Calculation Method                        |          | LightingLevel | LightingLevel |
| Lighting Level                                         | W        | 100           | 100           |
| Watts per Zone Floor Area                              | W/m2     |               |               |
| Watts per Person                                       | W/person |               |               |
| Return Air Fraction                                    |          | 0             | 0             |
| Fraction Radiant                                       |          | 0.42          | 0.42          |
| Fraction Visible                                       |          | 0.18          | 0.18          |
| Fraction Replaceable                                   |          | 0             | 0             |
| End-Use Subcategory                                    |          | General       | General       |
| Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature |          | No            | No            |

Избор електричних уређаја, њихових снага као и времена рада у одређеним просторијама, а све у циљу добијања што тачнијих података о топлотним добицима се могу видети у табели испод 12.

Табела 12. *Распоред ел. уређаја по просторијама и њихова снага изражена у [W]*

| Field                           | Units    | Obj1           | Obj2            |
|---------------------------------|----------|----------------|-----------------|
| Name                            |          | El uređaj u DS | El uređaj u SS3 |
| Zone or ZoneList Name           |          | DS             | SS3             |
| Schedule Name                   |          | El.oprema u DS | El.oprema u SS  |
| Design Level Calculation Method |          | EquipmentLevel | EquipmentLevel  |
| Design Level                    | W        | 700            | 100             |
| Watts per Zone Floor Area       | W/m2     |                |                 |
| Watts per Person                | W/person |                |                 |
| Fraction Latent                 |          | 0              | 0               |
| Fraction Radiant                |          | 0.3            | 0.3             |
| Fraction Lost                   |          | 0              | 0               |
| End-Use Subcategory             |          | General        | General         |

Једна од веома битних опција (табела 13.) је количина измењеног ваздуха по просторијама (вентилација). Сама количина измене ваздуха, пре свега зависи од врсте и квалитета заптивености столарије. У конкретном случају, количина измењеног ваздуха (Air Changes per Hour) кретала се од 0,5 до 0,75 [1/h], зависно од намене просторије (0,5 за дневне собе, спаваће собе и ходнике, 0,6 за степениште и 0,75 за купатило). Сама количина измењеног ваздуха директно утиче на потрошњу енергије.

Табела 13. Вентилација - инфилтрација (измена ваздуха [1/h]) по просторијама

| Field                               | Units   | Obj1            | Obj2             |
|-------------------------------------|---------|-----------------|------------------|
| Name                                |         | DS Infiltracija | Kup Infiltracija |
| Zone or ZoneList Name               |         | DS              | Kup              |
| Schedule Name                       |         | Infiltracija    | Infiltracija     |
| Design Flow Rate Calculation Method |         | AirChanges/Hour | AirChanges/Hour  |
| Design Flow Rate                    | m3/s    |                 |                  |
| Flow per Zone Floor Area            | m3/s-m2 |                 |                  |
| Flow per Exterior Surface Area      | m3/s-m2 |                 |                  |
| Air Changes per Hour                | 1/hr    | 0.5             | 1.25             |
| Constant Term Coefficient           |         | 0.606           | 0.606            |
| Temperature Term Coefficient        |         | 0.036359996     | 0.036359996      |
| Velocity Term Coefficient           |         | 0.1177165       | 0.1177165        |
| Velocity Squared Term Coefficient   |         | 0               | 0                |

Следећа опција (табела 14.) односи се на димензионисање рефлектора. Потребно је унети назив рефлектора (Name), број темена (Number of vertices) и задавање координатних тачака x,y,z осом (Vertex 1 X-coordinate, Vertex 1 Y-coordinate, Vertex 1 Z-coordinate ...).

Табела 14. Димензионисање рефлектора

| Field                       | Units | Obj1                      | Obj2                      |
|-----------------------------|-------|---------------------------|---------------------------|
| Name                        |       | REFLECTIVE FACADE TO EAST | REFLECTIVE FACADE TO WEST |
| Transmittance Schedule Name |       |                           |                           |
| Number of Vertices          |       | 4                         | 4                         |
| Vertex 1 X-coordinate       | m     | 1                         | 18                        |
| Vertex 1 Y-coordinate       | m     | 24                        | 24                        |
| Vertex 1 Z-coordinate       | m     | 0                         | 0                         |
| Vertex 2 X-coordinate       | m     | 1                         | 18                        |
| Vertex 2 Y-coordinate       | m     | 27                        | 27                        |
| Vertex 2 Z-coordinate       | m     | 5.2                       | 5.2                       |
| Vertex 3 X-coordinate       | m     | 10                        | 27                        |
| Vertex 3 Y-coordinate       | m     | 27                        | 27                        |
| Vertex 3 Z-coordinate       | m     | 5.2                       | 5.2                       |
| Vertex 4 X-coordinate       | m     | 10                        | 27                        |
| Vertex 4 Y-coordinate       | m     | 24                        | 24                        |
| Vertex 4 Z-coordinate       | m     | 0                         | 0                         |

Особине гаса који се користи у прозорима или прозор-вратима представљен је у табели 15. Потребно је унети назив гаса (Name), који је тип гаса (Gas Type) и густина гаса (Thickness) у m.

Табела 15. Особине гаса који се користе

| Field     | Units | Obj1     | Obj2       |
|-----------|-------|----------|------------|
| Name      |       | Air 13mm | Argon 13mm |
| Gas Type  |       | Air      | Argon      |
| Thickness | m     | 0.0127   | 0.0127     |

Последња ставка су жељени излазни параметри програма (табела 16). База садржи велики број опција, а у конкретном случају ради се о потрошњи гаса (Gas:Facility), температури у просторијама (Zone Mean Air Temperature), спољној температури (Outdoor Dry Bulb). У зависности од тога за који временски период се обрађују подаци да ли је то период целе грејне сезоне или се ради о месечном нивоу, дневном нивоу или нивоу по часовима користи се опција „Reporting Frequency“.

Табела 16. Загађи излазни параметри

| Field               | Units | Obj1              | Obj2             |
|---------------------|-------|-------------------|------------------|
| Key Value           |       | *                 | *                |
| Variable Name       |       | Zone Mean Air Tem | Outdoor Dry Bulb |
| Reporting Frequency |       | RunPeriod         | Monthly          |
| Schedule Name       |       |                   |                  |

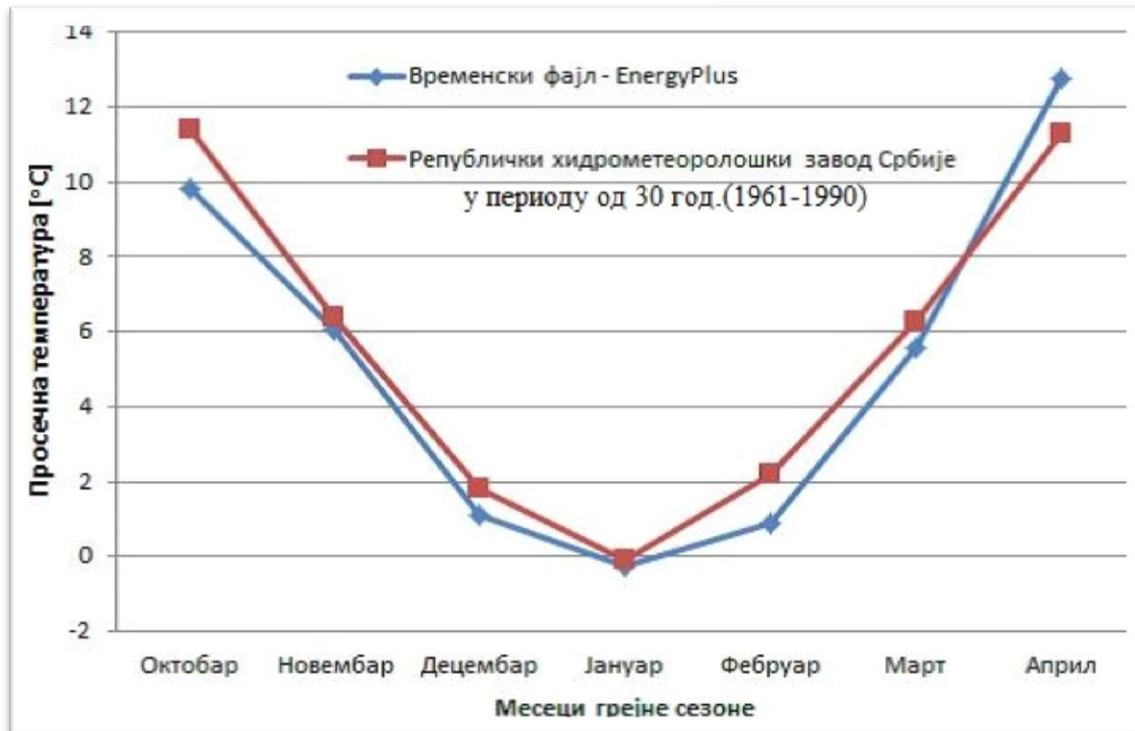
## 4. Анализа резултата и дискусија

Овим радом анализиран је утицај рефлектора постављеним на различитим местима око објекта, на уштеду у потрошњи гаса за грејање обухватајући грејну сезону од 15.10. до 15.4. Користићемо три типа објекта. Један објекат ће бити са стандардним застаклењем (25,67%), други са 50% застаклења и 80% застаклења зида на јужној, источној и западној страни објекта. Рефлекторе смо постављали вертикално на једнаким удаљењима на источној и западној страни објекта на 2,5m, 5m, 7,5m и 10m. Затим смо вертикалне рефлекторе постављали на северној страни објекта усмереним ка југозападу и југоистоку постављеним под углом од  $45^{\circ}$  у односу на бочне стране објекта, на удаљености од 5m и 10m од објекта. Затим смо рефлекторе поставили на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од  $90^{\circ}$  и  $60^{\circ}$ , на удаљености од 5m и 10m од северне стране објекта. Рефлектори су дужине 9m и висине 5,2m. Такође ћемо видети колико се енергије троши за загревање објекта коришћењем рефлектора постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној под углом од  $90^{\circ}$  и  $60^{\circ}$  у комбинацији са двослојним и трослојним прозорима.

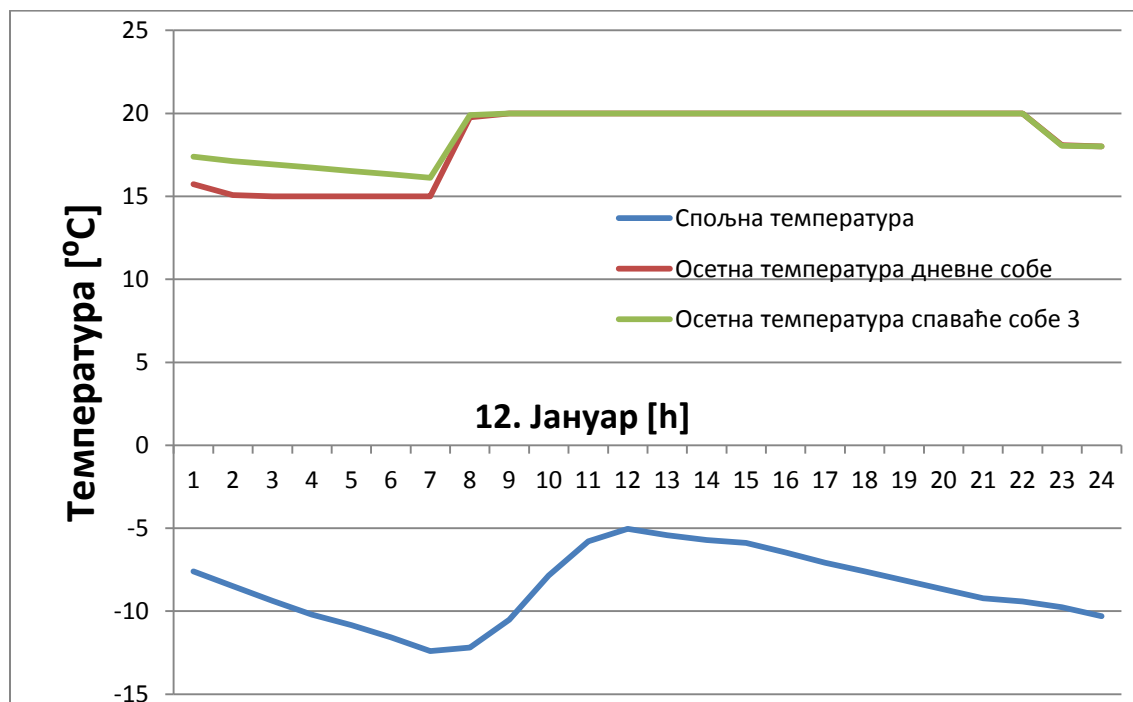
### 4.1 Приказ температура

Као што је напоменуто у полазним подацима временски фајл града Крагујевца из 1995. године коришћен је у прорачуну. Како би смо имали увид да ли се температура кретала у границама просека или одступала од њих упоредиће се временски фајл EnergyPlus-а и подаци Републичког хидрометеоролошког завода Србије (РХЗС) о средњим температурама, у периоду од 30 година (од 1961. до 1990. године). Најхладнији месец је јануар са просечном температуром од  $-0,24^{\circ}\text{C}$  док према подацима РХЗС пресечна температура за месец јануар је била  $-0,1^{\circ}\text{C}$  [4]. Остале просечне температуре по месецима из временског фајла не одступају више од  $1,6^{\circ}\text{C}$  у односу на температуре РХЗС (слика 13).

Средња температура грејне сезоне временског фајла је  $5,14^{\circ}\text{C}$ , док према правилнику о енергетској ефикасности зграда она износи  $5,5^{\circ}\text{C}$  [5]. Може се закључити да су температуре у 1995. години биле у границама просека или нешто ниже.



Слика 13. Просечна температура ваздуха по месецима за грејну сезону

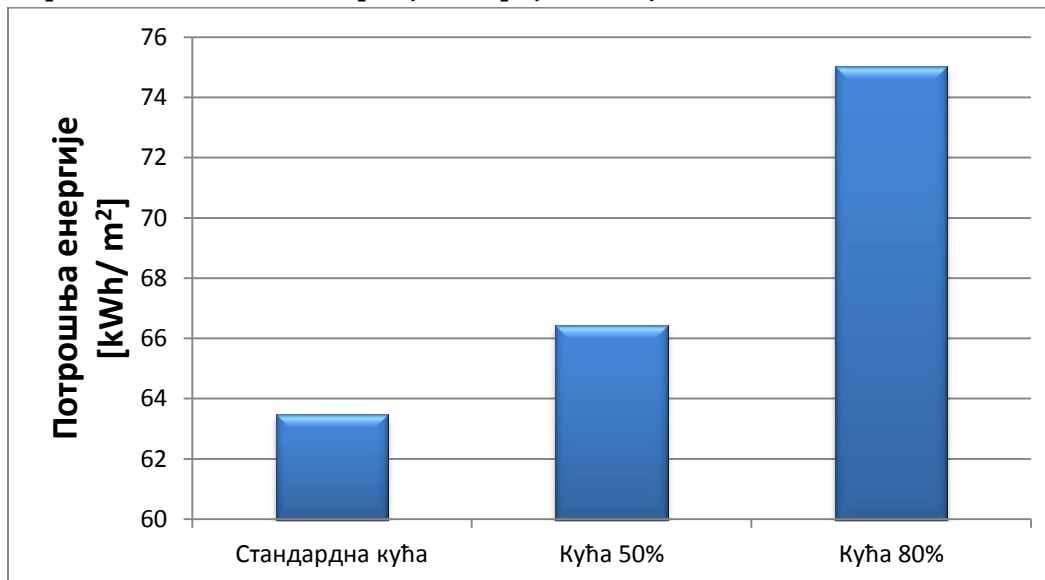


Слика 14. Приказ температуре за најхладнији дан, 24. Јануар

На слици 14. је приказана температура за најхладнији дан (12. Јануар) у грејној сезони по часовима. Овде се може видети да температура у дневној соби није била испод задате температуре од  $15^{\circ}\text{C}$ , а у спаваћој соби 3 није било испод температуре од  $16,11^{\circ}\text{C}$ .

## 4.2 Добијена енергија од стране рефлектора

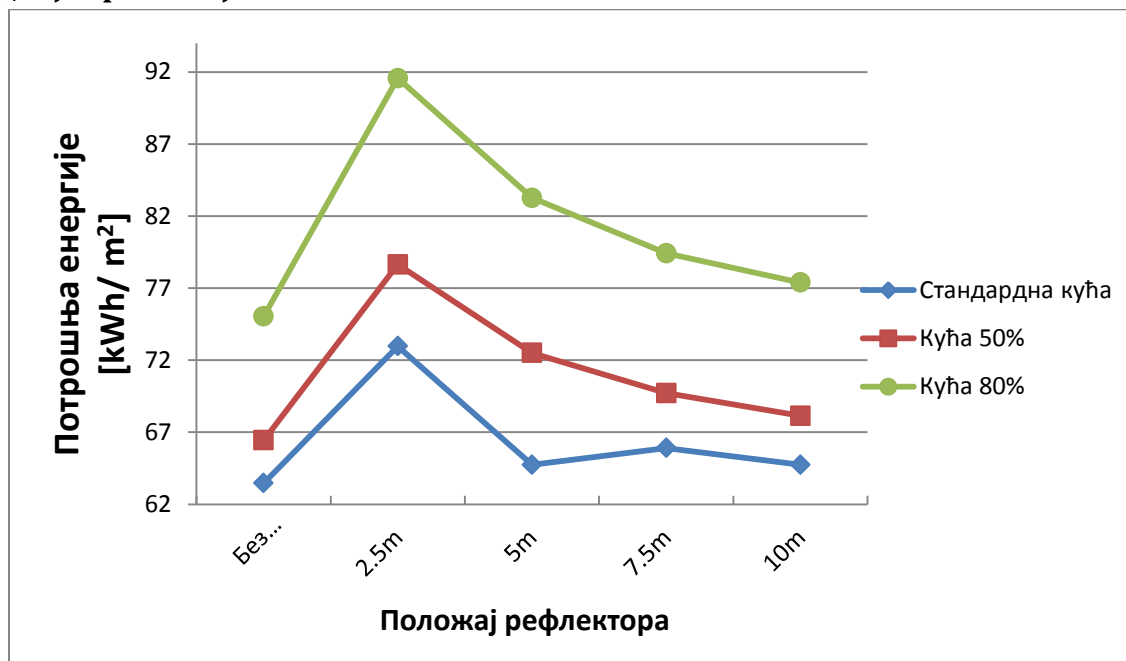
### 4.2.1 Потребна количина енергије за грејање објекта



Слика 15. Потребна количина енергије за грејање сва три објекта (ситуација 1)

На слици 15. приказана је потребна количина енергије за грејање објекта са стандардним застакљењем (25,67%), са 50% и 80% застакљености зида. Објекти су са једноструким прозорима, без рефлектора. За објект са стандардним застакљењем потребно је 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], за објект са 50% застакљености потребно је 66,44 [kWh/m<sup>2</sup>], а за објект са 80% застакљености потребно је 75,03 [kWh/m<sup>2</sup>].

#### 4.2.2 Потрошња енергије са вертикално постављеним рефлекторима на источној и западној страни објекта



Слика 16. Потрошња енергије [ $\text{kWh/m}^2$ ] за сва три објекта са вертикално постављеним рефлекторима на источној и западној страни на једнаким удаљењима (ситуација 2)

На слици 16. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са вертикално постављеним рефлекторима, који су на једнаким удаљењима постављени на источној и западној страни. Рефлектори су дужине 9m и висине 5.2m. Објекти су са једноструким прозорима. Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије већа него када се објекат загрева без њих. Са рефлекторима постављеним на 2,5m од објекта, потрошња енергије износи 72,96 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за стандардну кућу, 78,64 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 50% застакљености и 91,57 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 80% застакљености. Са рефлекторима постављеним на 5m од објекта, потрошња енергије износи 64,74 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за стандардну кућу, 72,50 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 50% застакљености и 83,26 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 80% застакљености. Са рефлекторима постављеним на 7.5m од објекта, потрошња енергије износи 65,90 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за стандардну кућу, 69,72 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 50% застакљености и 79,42 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 80% застакљености. Са рефлекторима постављеним на 10m од објекта, потрошња енергије износи 64,74 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за стандардну кућу, 68,14 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 50% застакљености и 77,38 [ $\text{kWh/m}^2$ ] за објекат са 80% застакљености.

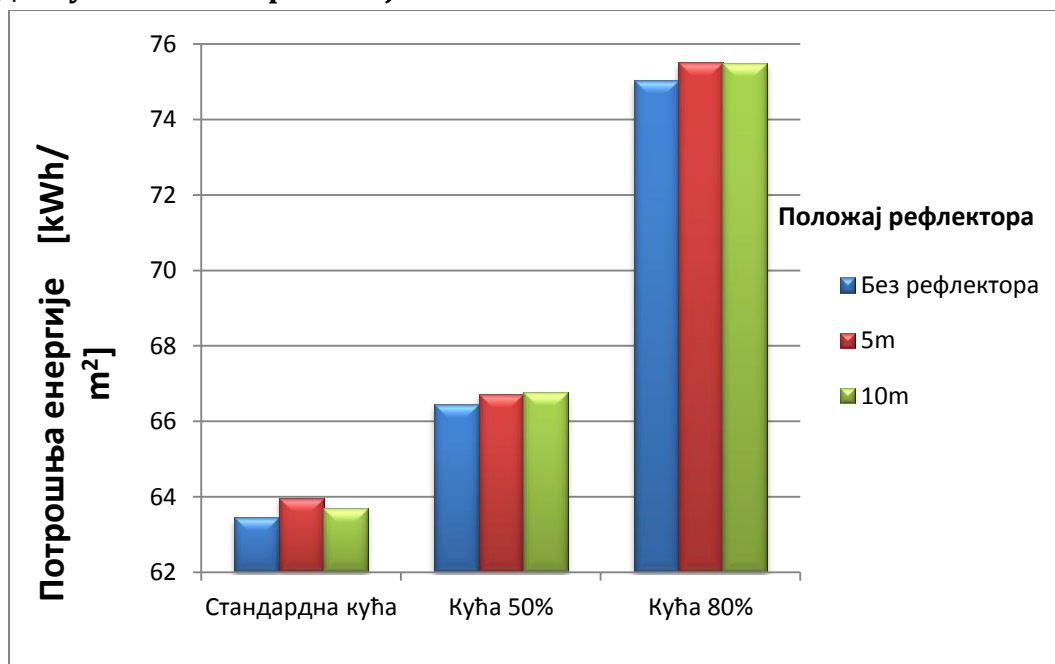
Табела 17. Уштеда у % за сва три објекта са вертикално постављеним рефлекторима на источној и западној страни објекта на једнаким удаљењима

| Положај рефлектора | Стандардна кућа | Кућа 50% | Кућа 80% |
|--------------------|-----------------|----------|----------|
| 2.5m               | -14.97%         | -18.36%  | -22.04%  |
| 5m                 | -2.02%          | -9.12%   | -10.98%  |
| 7.5m               | -3.85%          | -4.93%   | -5.85%   |
| 10m                | -2.01%          | -2.55%   | -3.14%   |

Из табеле 17. видимо да са овако постављеним рефлекторима имамо већу потрошњу енергије код сва три објекта. У зависности од удаљења рефлектора од објекта имамо већу потрошњу од 2,01% до 14,97% код стандардне куће, за објекат са 50% застакљености имамо већу потрошњу од 2,55% до 18,36%, за објекат са 80% застакљености имамо већу потрошњу од 3,14% до 22,04%.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије већа него када се објекат загрева без њих, што значи да овако постављени рефлектори заклањају објекат од Сунчеве енергије.

#### 4.2.3 Потрошња енергије са вертикално постављеним рефлекторима на северној страни објекта, усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од 45° у односу на бочне стране објекта



Слика 17. Потрошња енергије [kWh/m²] за сва три објекта са вертикално постављеним рефлекторима на северној страни објекта, усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од 45° у односу на бочне стране објекта на једнаким удаљењима (ситуација 3)

На слици 17. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са вертикално постављеним рефлекторима, који су на једнаким удаљењима постављени на северној страни објекта, усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од  $45^{\circ}$  у односу на бочне стране објекта. Рефлектори су дужине 12m и висине 5.2m. Објекти су са једноструким прозорима. Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије већа него када се објекат загрева без њих. Са рефлекторима постављеним на 5m од објекта, потрошња енергије износи 63,97 [kWh/m<sup>2</sup>] за стандардну кућу, 66,73 [kWh/m<sup>2</sup>] за објекат са 50% застакљености и 75,50 [kWh/m<sup>2</sup>] за објекат са 80% застакљености. Са рефлекторима постављеним на 10m од објекта, потрошња енергије износи 63,68 [kWh/m<sup>2</sup>] за стандардну кућу, 66,76 [kWh/m<sup>2</sup>] за објекат са 50% застакљености и 75,50 [kWh/m<sup>2</sup>] за објекат са 80% застакљености.

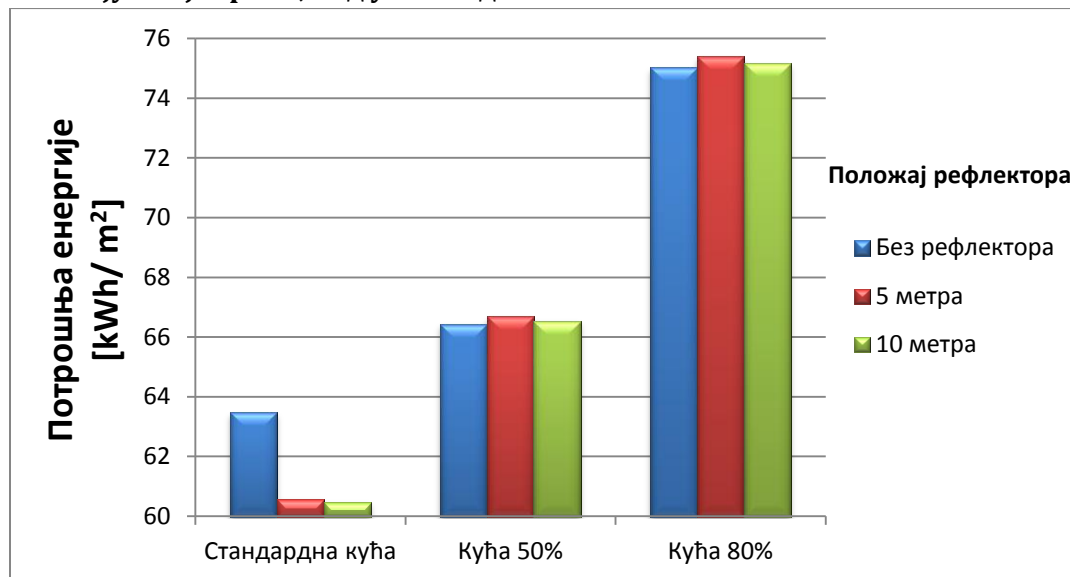
Табела 18. Уштеда у % за сва три објекта са вертикално постављеним рефлекторима који су на једнаким удаљењима постављени на северној страни објекта, усмереним ка југозападу и југоистоку, постављеним под углом од  $45^{\circ}$  у односу на бочне стране објекта

| Положај рефлектора | Стандардна кућа | Кућа 50% | Кућа 80% |
|--------------------|-----------------|----------|----------|
| 5m                 | -0.81%          | -0.43%   | -0.63%   |
| 10m                | -0.34%          | -0.48%   | -0.62%   |

Из табеле 18. видимо да са овако постављеним рефлекторима имамо већу потрошњу енергије код сва три објекта. У зависности од удаљења рефлектора од објекта имамо већу потрошњу од 0,34% до 0,81% код стандардне куће, за објекат са 50% застакљености имамо већу потрошњу од 0,43% до 0,48%, за објекат са 80% застакљености имамо већу потрошњу од 0,62% до 0,63%.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије већа него када се објекат загрева без њих, што значи да овако постављени рефлектори заклањају објекат од Сунчеве енергије, мада су у овом примеру су знатно мањи губици него у прошлом.

#### 4.2.4 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од $90^0$ и $60^0$



Слика 18. Потрошња енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од  $90^0$  на удаљености од 5m и 10m од објекта (ситуација 4)

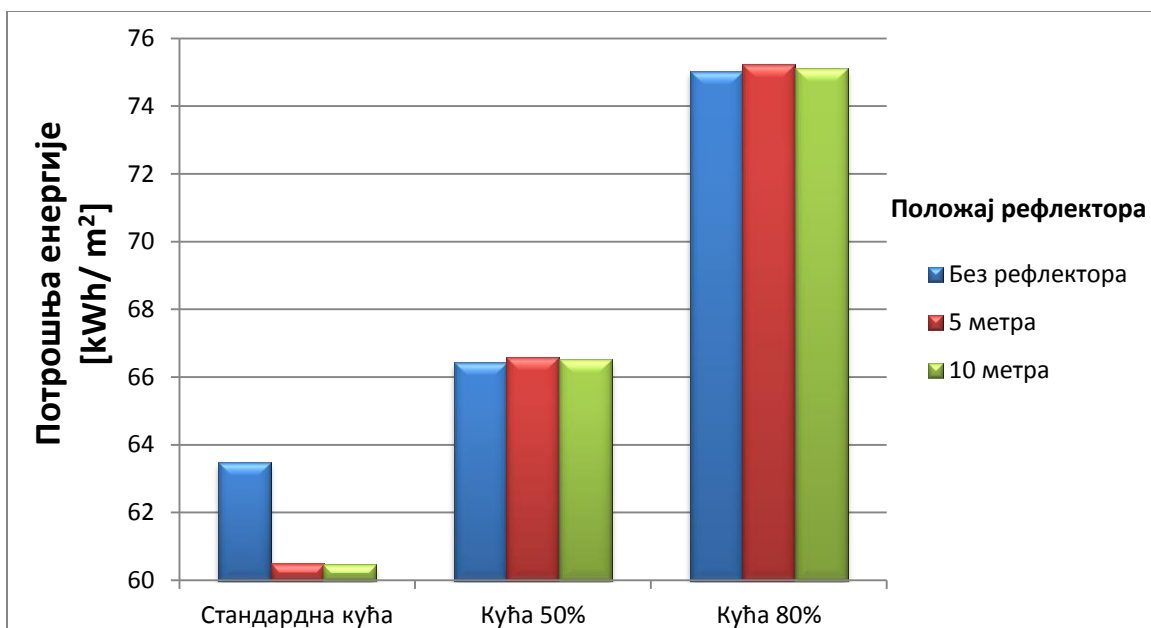
На слици 18. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од  $90^0$  на удаљености од 5m и 10m од објекта. Објекти су са једноструким прозорима. Видимо да је за стандардну кућу најмања потрошња када је рефлектор постављен на 10m која износи 60,48 [kWh/m²]. За објекат са 50% и 80% застакљености потрошња енергије је већа него када су објекти без рефлектора.

Табела 19. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од  $90^0$  на удаљености од 5m и 10m од објекта

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | 4.77%   | 4.71%    |
| Кућа 50%        | -0.39%  | -0.15%   |
| Кућа 80%        | -0.49%  | -0.17%   |

У табели 19. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од  $90^0$  постигнута уштеда од 4,77% на удаљености од 5m, а на 10m од 4,71%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,39% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,15% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекат са 80% застакљености имамо већи потрошњу за 0,49% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,17% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије мања само за стандардну кућу, док је код осталих објеката потрошња незнатно већа.



Slika 19. Потребна количина енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта (ситуација 5)

На слици 19. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта. Објекти су са једноструким прозорима. Видимо да је за стандардну кућу најмања потрошња када је рефлектор постављен на 10m која износи 60,47 [kWh/m²]. За објекат са 50% и 80% застакљености потрошња енергије је већа него када су објекти без рефлектора.

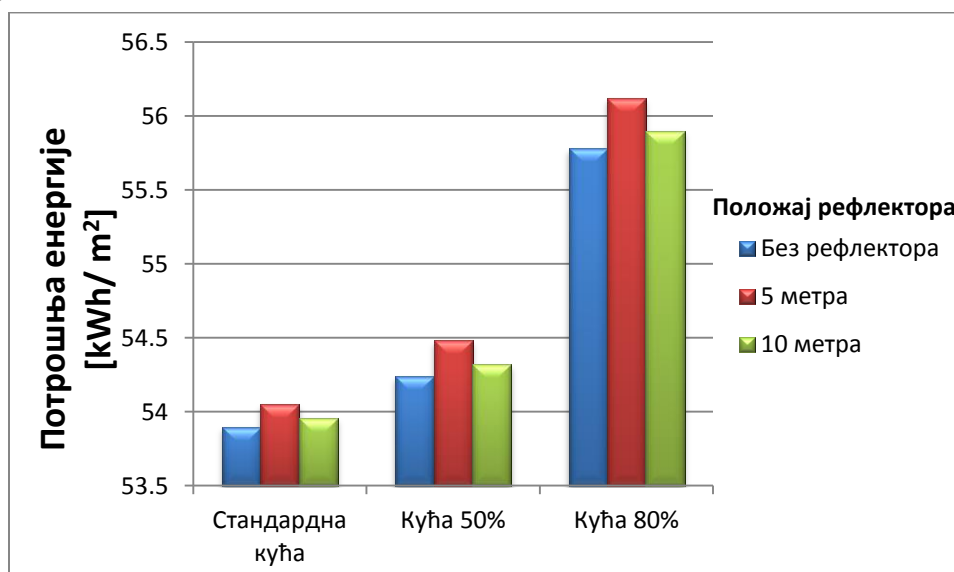
Табела 20. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | 4.70%   | 4.73%    |
| Кућа 50%        | -0.23%  | -0.12%   |
| Кућа 80%        | -0.28%  | -0.12%   |

У табели 20. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од  $60^\circ$  постигнута уштеда од 4,7% на удаљености од 5m, а на 10m од 4,73%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,23% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,12% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекат са 80% застакљености имамо већи потрошњу за 0,28% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,12% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије мања само за стандардну кућу, док је код осталих објеката потрошња незнатно већа.

#### 4.2.5 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од 90° и 60° са двослојним прозорима



Слика 20. Потребна количина енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима (ситуација б)

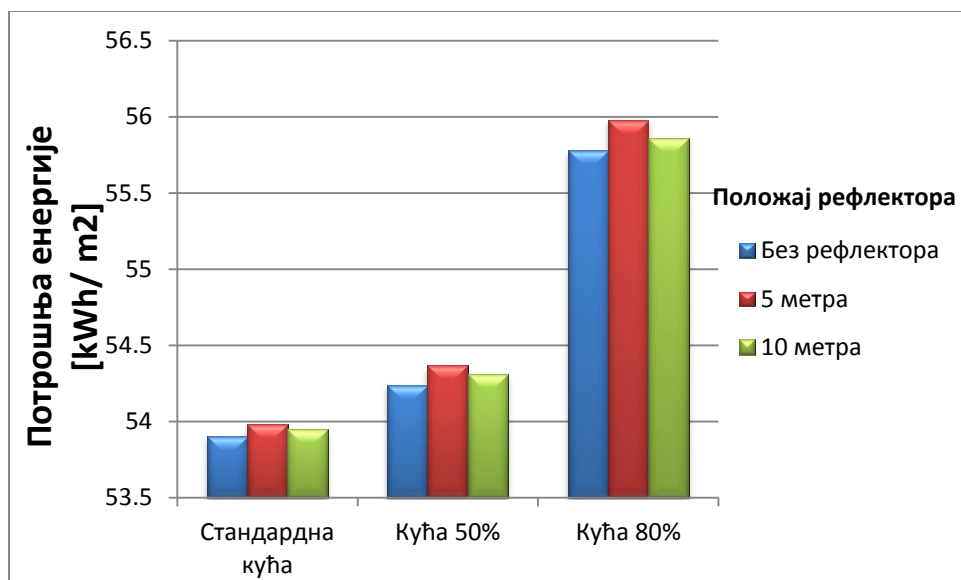
На слици 20. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима. Видимо да сва три објекта имају већу потрошњу енергије када је рефлектор постављен на 5m, где за стандардну кућу износи 54,05 [kWh/m²], за објекат са 50% застакљености износи 54,48 [kWh/m²] а за објекат са 80% застакљености износи 56,12 [kWh/m²].

Табела 21. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | -0.28%  | -0.11%   |
| Кућа 50%        | -0.43%  | -0.15%   |
| Кућа 80%        | -0.61%  | -0.21%   |

У табели 21. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од 90° са двослојним прозорима постигнута већа потрошња за 0,28% на удаљености од 5m, а на 10m од 0,11%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,43% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,15% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекта са 80% застакљености имамо већу потрошњу за 0,61% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,21% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије незнатно већа код свих објеката.



Слика 21. Потрошња енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима (ситуација 7)

На слици 21. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима. Видимо да сва три објекта имају већу потрошњу енергије када је рефлектор постављен на 5m, где за стандардну кућу износи  $53,98 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ , за објекат са 50% застакљености износи  $54,37 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$  а за објекат са 80% застакљености износи  $55,98 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ .

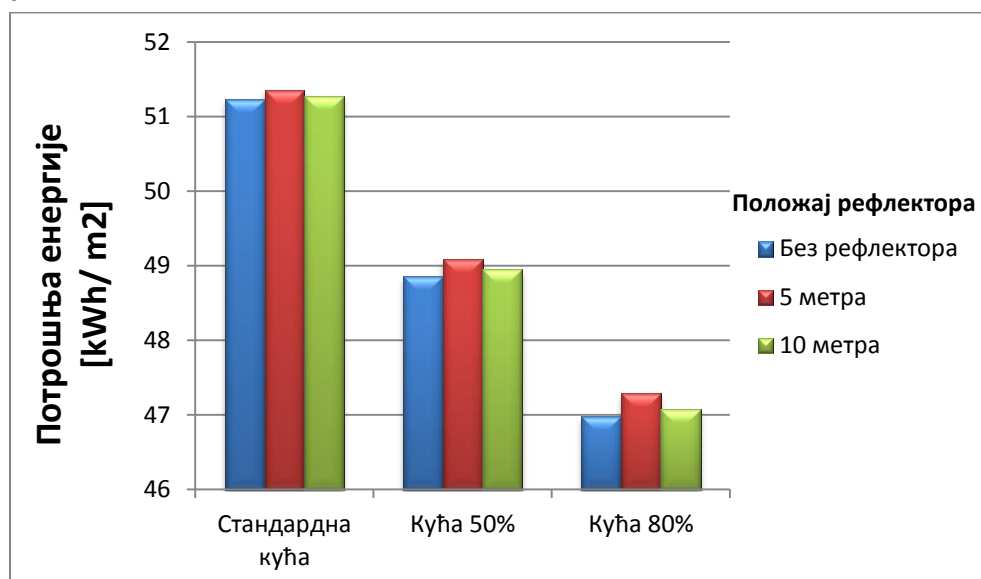
Табела 22. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са двослојним прозорима

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | -0.15%  | -0.08%   |
| Кућа 50%        | -0.25%  | -0.12%   |
| Кућа 80%        | -0.36%  | -0.15%   |

Из табеле 22. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од  $60^\circ$  са двослојним прозорима постигнута већа потрошња за 0,15% на удаљености од 5m, а на 10m од 0,08%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,25% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,12% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекта са 80% застакљености имамо већу потрошњу за 0,36% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,15% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије незнатно већа код свих објеката.

#### 4.2.6 Потрошња енергије са постављеним рефлекторима на северној страни објекта усмереним ка јужној страни, под углом од 90° и 60° са трослојним прозорима



Слика 22. Потребна количина енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима (ситуација 8)

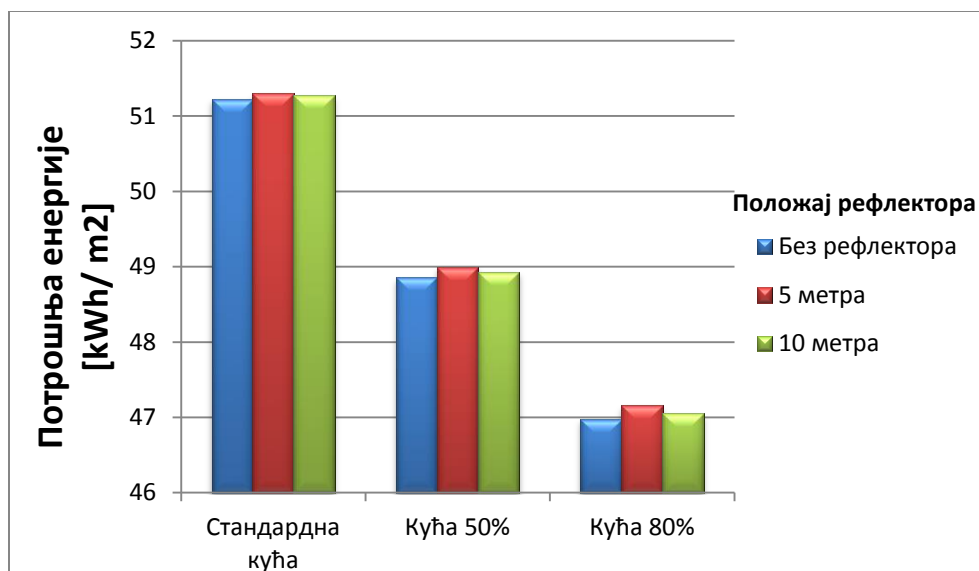
На слици 22. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима. Видимо да сва три објекта имају већу потрошњу енергије када је рефлектор постављен на 5m, где за стандардну кућу износи 51,36 [kWh/m²], за објекат са 50% застакљености износи 49,09 [kWh/m²] а за објекат са 80% застакљености износи 47,29 [kWh/m²].

Табела 23. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од 90° на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | -0.26%  | -0.09%   |
| Кућа 50%        | -0.47%  | -0.18%   |
| Кућа 80%        | -0.67%  | -0.22%   |

Из табеле 23. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од 90° са трослојним прозорима постигнута већа потрошња за 0,26% на удаљености од 5m, а на 10m од 0,09%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,47% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,18% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекта са 80% застакљености имамо већу потрошњу за 0,67% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,22% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије незнатно већа код свих објеката.



Слика 23. Потрошња енергије за грејање сва три објекта са рефлекторима под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима (ситуација 9)

На слици 23. је приказана потрошња енергије за сва три објекта, са рефлекторима постављеним на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима. Видимо да сва три објекта имају већу потрошњу енергије када је рефлектор постављен на 5m, где за стандардну кућу износи  $51,3 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ , за објекат са 50% застакљености износи  $49 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$  а за објекат са 80% застакљености износи  $47,16 \text{ [kWh/m}^2\text{]}$ .

Табела 24. Уштеда у % са рефлектором постављеним под углом од  $60^\circ$  на удаљености од 5m и 10m од објекта са трослојним прозорима

|                 | 5 метра | 10 метра |
|-----------------|---------|----------|
| Стандардна кућа | -0.14%  | -0.07%   |
| Кућа 50%        | -0.28%  | -0.14%   |
| Кућа 80%        | -0.36%  | -0.16%   |

Из табеле 24. видимо да је код стандардне куће са постављеним рефлектором под углом од  $60^\circ$  са трослојним прозорима постигнута већа потрошња за 0,14% на удаљености од 5m, а на 10m од 0,07%. Код објекта са 50% застакљености имамо већу потрошњу за 0,28% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,14% када је рефлектор на удаљености од 10m. Код објекта са 80% застакљености имамо већу потрошњу за 0,36% када је рефлектор на удаљености од 5m, и 0,16% када је рефлектор на удаљености од 10m.

Видимо да је са овако постављеним рефлекторима потрошња енергије незнатно већа код свих објеката.

## 5. Закључак

У времену када је потреба за енергијом све већа а исте је све мање, све више се посвећује пажња повећању енергетске ефикасности објеката.

У овом раду је извршена симулација утицаја рефлектора као пасивног соларног система, постављених на различитим удаљењима од објекта, на уштеду у потрошњи гаса за грејање обухватајући грејну сезону од 15.10. до 15.4. Рефлектори су дужине 9m(12m) и висине 5,2m. У раду су коришћена три типа објекта. Један објекат са стандардним застакљењем зида (25,67%) за који је потребна енергија за загревање 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], други са 50% застакљења зида за који је потребна енергија за загревање 66,44 [kWh/m<sup>2</sup>], и 80% застакљења зида за који је потребна енергија за загревање 75,03 [kWh/m<sup>2</sup>], на јужној, источној и западној страни објекта.

Када смо рефлекторе поставили вертикално на једнаким удаљењима на источној и западној страни објекта на 2,5m, 5m, 7,5m и 10m, видели смо да имамо већу потрошњу него за објекте када су без рефлектора (слика 16).

Када смо вертикалне рефлекторе поставили на северној страни објекта усмереним ка југозападу и југоистоку постављеним под углом од 45° у односу на бочне стране објекта, на удаљености од 5m и 10m од ивице објекта, такође смо видели да имамо већу потрошњу него када је објекат без рефлектора (слика 17).

Када смо рефлекторе поставили на северној страни објекта усмереним ка јужној страни под углом од 90° и 60°, на удаљености од 5m и 10m од северне стране објекта, видели смо да једину уштеду имамо код стандардне куће (слика 18 и 19).

Са вертикалним рефлекторима постављеним на 5m, где је потребна количина енергије за грејање стандардне куће 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], остварена је уштеда за 4,77% тј. потребна количина енергије за грејање је 60,48[kWh/m<sup>2</sup>]. Са вертикалним рефлекторима постављеним на 10m, остварена је уштеда за 4,71% тј. потребна количина енергије за грејање је 60,58[kWh/m<sup>2</sup>].

Са рефлекторима под углом од 60°, постављеним на 5m, где је потребна количина енергије за грејање стандардне куће 63,47 [kWh/m<sup>2</sup>], остварена је уштеда за 4,70% тј. потребна количина енергије за грејање је 60,49[kWh/m<sup>2</sup>]. Са вертикалним рефлекторима постављеним на 10m, остварена је уштеда за 4,71% тј. потребна количина енергије за грејање је 60,47[kWh/m<sup>2</sup>]. За објекте са 50% и 80% застакљености зида, имали смо већу потрошњу која се креће од 0,12% до 0,49% (табеле 26 и 27).

Такође смо упоредили потрошњу енергије за сва три објекта са овако постављеним рефлекторима и коришћењем двослојних и трослојних прозора. Добијени резултати су показали да имамо већу потрошњу енергије која се креће од 0,11% до 0,61% за сва три објекта коришћењем двослојних прозора са вертикалним рефлекторима, од 0,08% до 0,36% за сва три објекта коришћењем двослојних прозора са рефлекторима под углом од 60°, од 0,09% до 0,67% за сва три објекта коришћењем трослојних прозора са вертикалним рефлекторима, од 0,07% до 0,36% за сва три објекта коришћењем трослојних прозора са рефлекторима под углом од 60°.

Несумљиво да је повећање енергетске ефикасности један од најбржих начина за повећање економске и еколошке ефикасности, а управо таквим приступом шаљемо поруку да делимо забринутост за несигурну енергетску будућност.

## 6. Литература

- [1] Слободан Зрнић, Живојин Ћулум., Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Београд.
- [2] Лукић, Н., Бабић, М., Соларна енергија, Машински факултет у Крагујевцу, 2008 (ISBN 86-86663-20-7).
- [3] EnergyPlus Energy Simulation Software. Преузето са:  
[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/on februar 2013.cfm/weather\\_data2.cfm/region=6\\_europe\\_wmo\\_region\\_6](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/on februar 2013.cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6)
- [4] [http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Temperaturni\\_rezim\\_u\\_Srbiji.pdf](http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/Temperaturni_rezim_u_Srbiji.pdf)  
(приступљено 22.10.2015.)
- [5] Правилник о енергетској ефикасности зграда/ Службени гласник РС: 061/2011/