

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Термоенергетски уређаји и постројења

Број индекса: 316/2014

Немања З. Јозић

**Потрошња енергије за грејање домаћинства у зависности од положаја
изолације**

Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Небојша Лукић – ментор
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Захваљујем се проф. др Небојши Лукићу, човеку који ми је од почетка студија доста помогао у стицању знања, искуства и техника из области Преноса топлоте и масе, Обновљивих извора енергије, Термоенергетских уређаја и постројења и који се осим свог изузетног знања и професионалности истиче и изванредним људским квалитетима, а мени је била част да управо он буде мој ментор при изради овог мастер рада. Поред проф. др Небојше Лукића захвалност дугујем и др Новаку Николићу на свесрдној помоћи, саветима и разумевању, које су ми пружили током израде овог мастер рада.

Нарочиту захвалност дугујем свим својим пријатељима и колегама, који су ми на било који начин пружили помоћ и подршку током студирања.

Највећу заслугу за оно што сам постигао приписујем својим родитељима, који су увек били уз мене, без обзира да ли се радило о тешким или срећним тренуцима и без којих све ово што сам досад постигао не би било могуће.

Јун, 2016. године
Крагујевац

Немања Јозић

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да проучи препоручену, као и ширу литературу, и да објасни утицај спољашње изолације на повећање енергетске ефикасности одабраног објекта. Пре свега треба да објасни шта је енергетска ефикасност објекта, на који начин и зашто ће се мењати уградњом изолација као што су: сендвич зид, спољашња изолација стиропором и унутрашња изолација стиропором. Кандидат је у обавези да упореди ове врсте спољашњих изолација у прелазним периодима и да на основу добијених прорачуна губитака топлоте и вредности уштеде енергије прикаже табеларно и у виду дијаграма најефикасније изолације и уштеде енергије објекта.

Препоручена литература:

- [1] Слободан Зрнић, Живојин Ћулум, Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, Нови Сад, 1966.
- [2] Тодоровић, Б., Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Београд, 2005.

Крагујевац, 04.07. 2016.

Ментор:

Проф. др Небојша Лукић,
редовни професор

РЕЗИМЕ

Енергетска ефикасност подразумева низ мера које предузимамо у циљу смањења потрошње енергије, а које при томе не нарушавају услове рада и живота.

Са циљем повећања енергетске ефикасности, у овом раду, извршене су симулације у софтверском пакету EnergyPlus, које ће показати зависност потрошње електричне енергије, која се користи за грејање објекта током грејне сезоне, од врсте спољашње изолације. У првом случају је извршена симулација за одабрани објект који није изолован, други случај је симулација истог објекта који је изолован са спољашње стране стиропором дебљине 10 cm, трећи случај је унутрашња изолација стиропором 10 cm и последњи, четврти случај, је симулација објекта изолованог сендвич зидом. Такође је упоређена разлика између ових изолација, као и температура са унутрашње и спољашње стране зида током различитих временских периода.

Објект симулације у овом раду је стамбена кућа 253 m^2 , а површина која се загрева износи 88.44 m^2 .

Кључне речи: енергетска ефикасност, EnergyPlus, изолација, стиропор, температуре

ABSTRACT

Energy efficiency involves a series of measures we are taking in order to reduce energy consumption, and which do not impair the conditions of work and life.

With the aim of increasing energy efficiency, in this paper were carried out simulation in EnergyPlus software package, which will demonstrate the dependence of the consumption of electricity, which is used for heating the building during the heating season, the type of external insulation. In the first case, the simulation was performed for the selected object which is not isolated, the second case is a simulation of the same object which is isolated from the outside styrofoam 10 cm thick, the third case is the internal insulation polystyrene 10 cm, and the last, the fourth case, the simulation facility insulated sandwich wall. He also compared the difference between the insulation and the temperature inside and outside of the wall during different periods of time.

The building simulation in this paper is a residential house 253 m^2 , while the area that is heated is 88.44 m^2 .

Keywords: energy efficiency, EnergyPlus, insulation, styrofoam, temperature

Садржај

1	УВОД	8
2	СОФТВЕРИ	9
2.1	GoogleSketchUp	9
2.2	EnergyPlus	10
3	ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ	12
3.1	Енергетска ефикасност у домаћинствима	12
3.1.1	Омотач зграде и мере енергетске ефикасности на омотачу зграде	14
3.1.2	Спречавање неконтролисаног продора ваздуха кроз омотач објекта	15
3.1.3	Губици топлоте кроз прозоре	16
3.2	Термоизолација	18
3.2.1	Основни појмови	18
3.2.2	Материјали	20
3.2.2.1	Стиропор	22
3.2.2.2	Минерална вуна	22
3.2.3	Топлотни мостови	24
3.3	Енергетски разред објекта	28
3.4	Конструкције зидова	29
3.4.1	Спољашња изолација стиропором	29
3.4.2	Унутрашња изолација стиропором	30
3.4.3	Изолација сендвич зидом	31
4	ОПИС СТАМБЕНОГ ОБЈЕКТА	32
4.1	Локација и физички опис објекта	32
4.2	Материјали објекта	36
4.3	Конструкције	37
4.4	Расвета	39
4.5	Људи	40
4.6	Грејна тела и пројектоване температуре	42
4.7	Електрични уређаји	43
5	АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА	44
5.1	Дијаграми температура	46

5.2	Резултати симулације објекта без изолације.....	49
5.3	Резултати симулације након спољашње изолације објекта стиропором 10 cm	51
5.4	Резултати симулације након унутрашње изолације објекта стиропором 10 cm	53
5.4	Резултати симулације након изолације објекта сендвич зидом.....	55
5.5	Упоредивање добијених резултата.....	57
5.6	Резултати симулације током одређених периода	59
5.7	Промена унутрашње и спољашње температуре зида током одређених периода.....	62
5.8	Поређење промена температуре по просторијама током најхладнијег дана .	64
6	ПЕРИОД ОТПЛАТЕ	67
7	ЗАКЉУЧАК.....	71
	ЛИТЕРАТУРА	72

1 УВОД

Уштеда енергије у стамбеним објектима данас је један од главних светских трендова. Разлог томе је што падаци из различитих извора говоре да потрошња енергије у домаћинствима обухвата од 20-40% од укупне потрошње енергије. Власници стамбених објеката могу достићи уштеду у енергији до 30%, или више, при чему повећавају или одржавају ниво удобности објекта, а истовремено постижу да они буду енергетски ефикаснији.

Из разлога повећања енергетске ефикасности у фази пројектовања се користе разни програмски пакети да би извршиле симулације и увидела потрошња, као и да ли је исплатива инвестиција након предузетих одређених мера за смањење потрошње енергије. У овом раду користе се програмски пакети GoogleSketchUp за моделирање објеката и EnergyPlus који има могућност да симулира термичку функцију објекта у условима приближним реалним.

Због ниске цене струје у Србији рађене су симулације за електрично грејање. Инсталација овог грејања не захтева велике финансијске издатке. Може да се инсталира у новоизграђеним објектима или за догрејавање у постојећим просторијама. Предност оваквог грејања је јер нуди брзо, удобно грејање, као и једноставно руковање.

Вршене су симулације за различите конструкције спољашњег зида, као што су изолација стиропором са унутрашње стране зида, изолација стиропором са спољашње стране зида и изолација сендвич зидом. Основни циљ оваких симулација је упоређивање потрошње енергије за грејање током сезоне као и понашање и потрошња ових конструкција у различитим временским периодима.

Приказана је и промена температуре са унутрашње и спољашње стране зида током наглог пораста и наглог пада температуре, за све случајеве изолације.

2 СОФТВЕРИ

Данас софтвери представљају кључ успеха већине рачунарских система и уједно фактор диференцијације организација које их поседују. Софтвер је постао битна компонента у пословном одлучивању и основа у научним истраживањима и инжењерском решавању проблема. Он такође представља значајну компоненту у индустријским, транспортним, медицинским, телекомуникационим, војним и бројним другим врстама система. У савременом свету софтвери су практично неизбежани и свуда присутани.

У овом раду су коришћени, као што је раније поменуто, следећи софтвери: GoogleSketchUp и EnergyPlus.

2.1 GoogleSketchUp

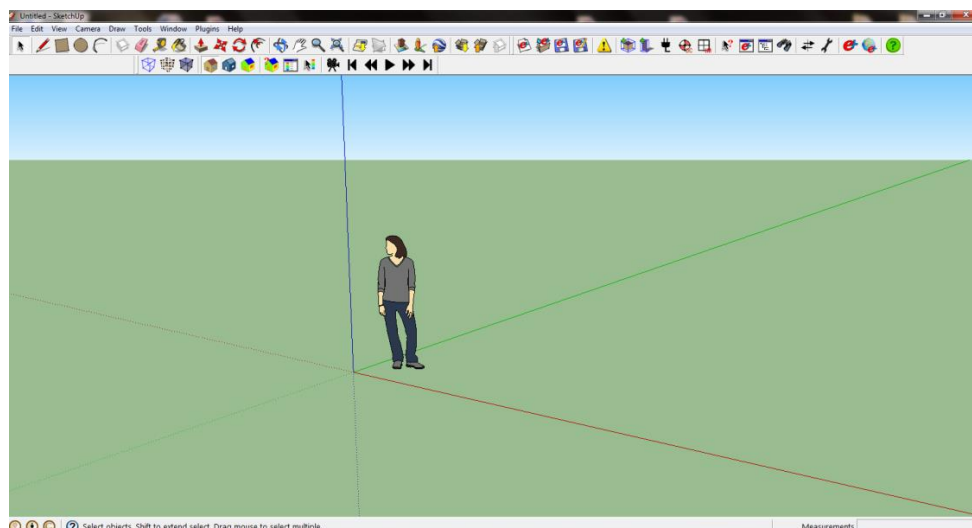
GoogleSketchUp (слика 1) је програм за 3D моделирање (предмета, зграда,...). Намењен за архитекте, грађевинске инжењере, режисере, креаторе игрица и сличним професијама. Програм је предвиђен да буде што флексибилнији и лакши за употребу од других CAD програма за 3D компјутерски дизајн.

GoogleSketchUp 8 има више функција:

- алатке за базно и специјално 3D уређивање,
- могућност рада са сценама,
- подршка стилова,
- брзо стварање тродимензионалног текста,
- интеграција са сервисом GoogleEarth,
- могућност рада са готовим моделима,
- подршка популарних формата 3D графике.

Постоји отворена библиотека на мрежи која је препуна бесплатних модела (нпр. прозори, врата, аутомобили, итд.), 3D складиште, где корисници могу додати своје моделе. Програм обухвата израду функционалности распореда, омогућава површински "rendering" у променљивим "стиловима", подржава програме треће стране "plug-in" који пружају друге могућности.

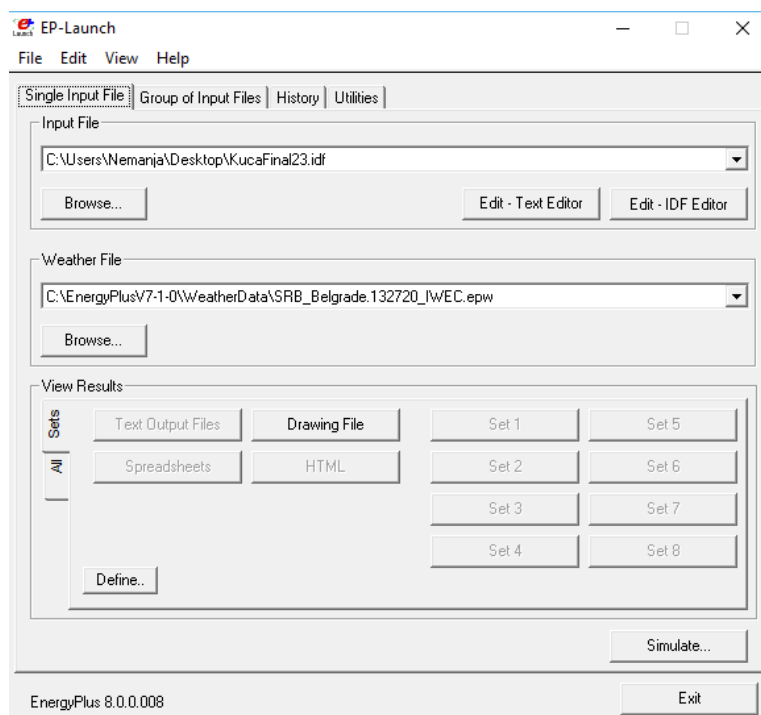
Употребом посебног plug-ina омогућава се коришћење овог програма у EnergyPlus окружењу, што је битно за овај рад.



Слика 1 Радно окружење GoogleSketchUp-а са потребним алатима

2.2 EnergyPlus

Овај софтвер моделира грејање, хлађење, осветљење, вентилацију, и друге енергетске токове као и водену мрежу у домаћинству. Укључује многе иновативне способности симулације као што су временски размаци мањи од једног сата, аутоматски системи, топлотно балансиране зоне симулације, проток ваздуха кроз све термичке зоне, термичку удобност, коришћење воде, као и природну вентилацију.



Слика 2 Радно окружење EnergyPlus-а

EnergyPlus (слика 2) има своје корене у BLAST и DOE-2 програмским пакетима. Оба ова пакета, BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics- термичка анализа зграда и система термодинамике) и DOE-2, развијени су и објављени у касним седамдесетим и раним осамдесетим годинама XX века, као алати за термичке и енергетске симулације. Корисници ових алата били су инжењери дизајна и архитекте који би на прави начин одредили неопходну HVAC опрему, развијали различите студије о анализи животног циклуса, оптимизовали енергетске перформансе, итд.

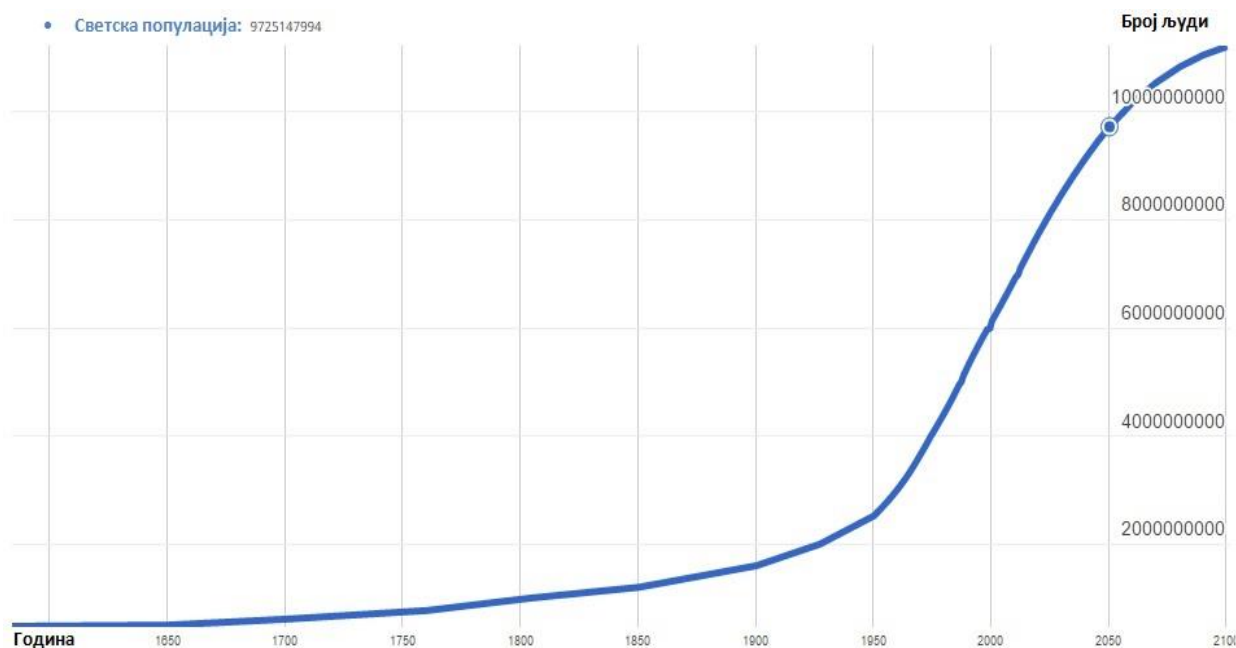
Рођени из потребе коју је изазвала енергетска криза раних седамдесетих година и самог сазнања да је потрошња енергије за загревање просторија највећа компонента статистике потрошње енергије у Америци, ова два програма су покушала да реше исти проблем из две мање-више различите перспективе.

Као и његови претходници, и EnergyPlus је програм за енергетску и термичку анализу и симулацију. Заснован на корисниковој дефиницији куће (зграде), у смислу физичких ограничења и зависних механичких параметара, EnergyPlus ће израчунати неопходне грејне и расхладне параметре који су неопходни како би се одржала термичка контрола на специфичним тачкама куће. [1]

3 ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

3.1 Енергетска ефикасност у домаћинствима

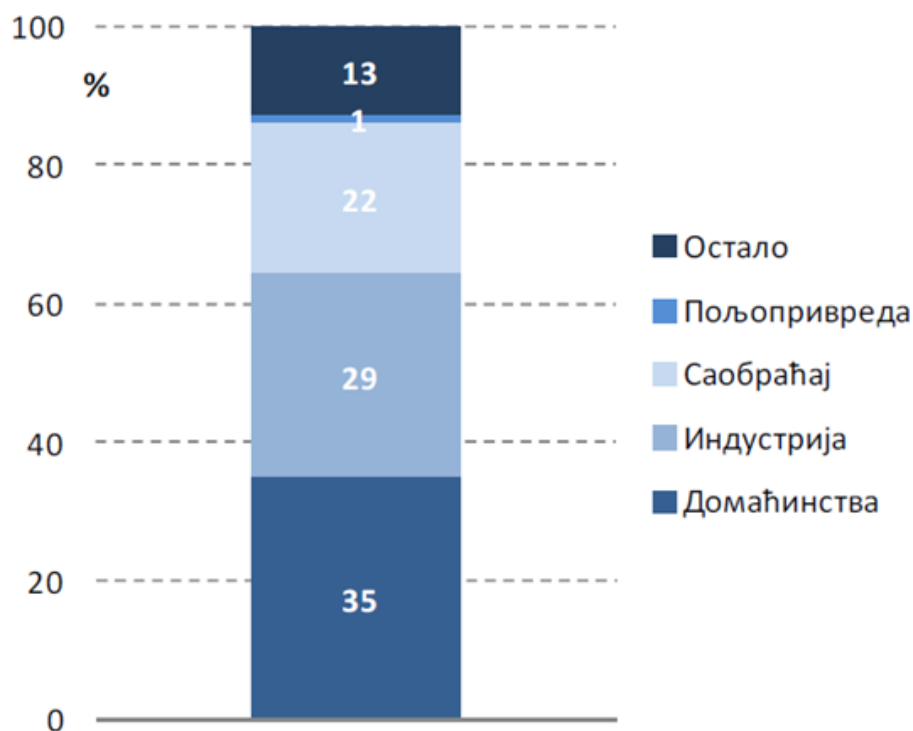
Постоји неколико основних разлога због чега је потреба за енергетском ефикасношћу све већа, како у свету тако и код нас. Један је да су фосилна горива ограничен ресурс, други је да је број популације на свету све већи. Тренутно на свету има око 7,3 милијарде људи, а предвиђања су да ће тај број расти тако да се предвиђа више од 9 милијарди становника до 2050. године, што је приказано на слици 3. То значи да ће се количине фосилних горива све више и више трошити у будућности, стога су све могуће мере енергетске ефикасности неопходне. Још један од битних разлога је и очување животне средине.



Слика 3 Графички приказ пораста популације [2]

Ако знамо да се данас више од 95 % природних ресурса изгуби пре настанка финалног производа, док одређени производи захтевају ресурсе и по изласку на тржиште (нпр. аутомобили) онда је јасно да то говори у прилог томе да традиционална политика мора да се мења и еволуира у складу са напретком човечанства. Данас само 20% светске популације ужива у том напретку, условљеном повећањем економске активности у циљу остваривања профита, и достигнућима, а остатак трпи последице промена у природи изазване нашим неодговорним понашањем. Сагласно нашој националној стратегији, један основних приоритета је рационална употреба квалитетних енергената и повећање енергетске ефикасности у производњи, дистрибуцији и коришћењу енергије код крајњих корисника.

На слици 4 је приказана потрошња финалне енергије у Србији у 2011. години, где се види да је највећа потрошња у домаћинствима.



Слика 4 Структура финалне потрошње енергије у Србији [3]

Под појмом унапређења енергетске ефикасности у зградарству подразумева се континуирани и широк опсег делатности којима је крајњи циљ смањење потрошње свих врста енергије уз исте или боље услове у објекту. Као последицу смањења потрошње необновљивих извора енергије (фосилних горива) услед мера енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора енергије, имамо смањење емисије штетних гасова (CO_2 и др.) што доприноси заштити природне околине, смањењу глобалног загревања и одрживом развоју земље. [4]

Енергија се у домаћинствима непотребно губи услед недовољне енергетске ефикасности:

- омотача објекта,
- система за грејање и климатизацију,
- система за добијање топле воде за директну потрошњу,
- електричних апарата, уређаја и расвете,
- система, уређаја и начина коришћења воде.

3.1.1 Омотач зграде и мере енергетске ефикасности на омотачу зграде

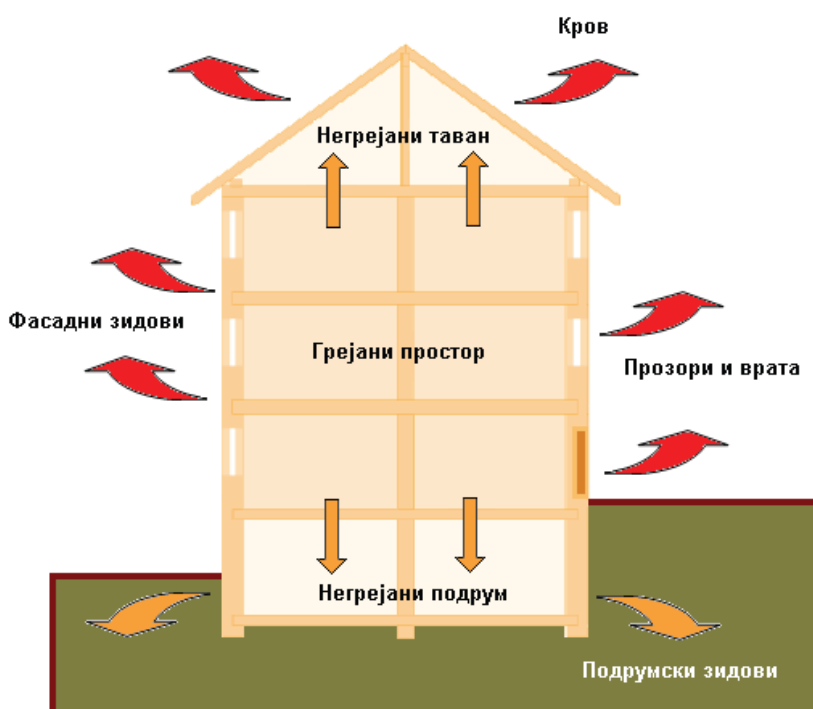
Под омотачем зграде подразумевају се сви гранични елементи који одвајају грађевински објект од спољне околине и земљишта на коме је подигнут: фасадни зидови са вратима и прозорима, кровна конструкција, као и основа зграде на којој она лежи на тлу.

Осим својих механичких функција, омотач има задатак да штити унутрашњи простор од утицаја спољних високих или ниских температура, од падавина, од ветра, буке и других спољних неповољности. Али и да истовремено омогућава приступ природне светлости у унутрашњости зграде као и визуелни контакт људима у њој са околном природом. [5]

Топлотна енергија се губи кроз омотач зграде, који је приказан на слици 5. Омотач зграде чине сви гранични елементи који одвајају грађевински објект од ваздуха или тла на коме је подигнут.

Омотач зграде чине:

- кровна конструкција,
- фасадни зидови,
- прозори и врата,
- основа зграде.



Слика 5 Приказ губитака кроз омотач зграде

У основи, мере енергетске ефикасности на омотачу зграде имају три карактеристична ефекта:

- смањује се пролаз топлоте кроз поједине сегменте омотача (трансмисиони губици топлоте),
- смањује се инфилтрација ваздуха у просторију (вентилациони губици топлоте),
- смањује се дифузија водене паре, и са њом у вези губици топлоте.

Топлотном изолацијом зграде постижу се следећи резултати:

- смањује се пролаз топлоте кроз поједине сегменте омотача (спољашњи зидови, кров и кровна конструкција, подрум),
- смањује топлотне губитке зими и прегревање простора лети,
- штити носећу конструкцију од спољашњих утицаја и јаких температурних напрезања,
- топлоотно изолована зграда је термички угоднија, продужава јој се животни век и доприноси заштити околине.

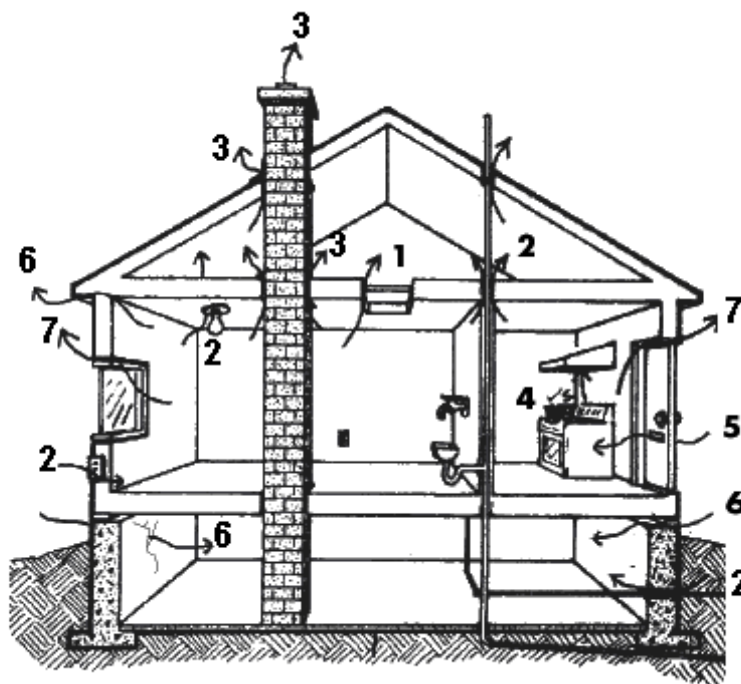
3.1.2 Спречавање неконтролисаног продора ваздуха кроз омотач објекта

Основне чињенице које указују на постојање проблема са неконтролисаним продором ваздуха у објекат су:

- увећан рачун за грејање,
- неке просторије је тешко загрејати,
- инсекти користе путеве продора ваздуха за улазак у дом.

Уобичајени путеви продора ваздуха кроз омотач, који се могу видети на слици 6, су:

- отвори за приступ тавану (1),
- локације око цеви и око електричних инсталација (2),
- димњак (3),
- аспиратор (4),
- отвор за примање поште (5),
- отвори у спојевима конструкција и пукотине у зидовима (6),
- прозори и врата (7).



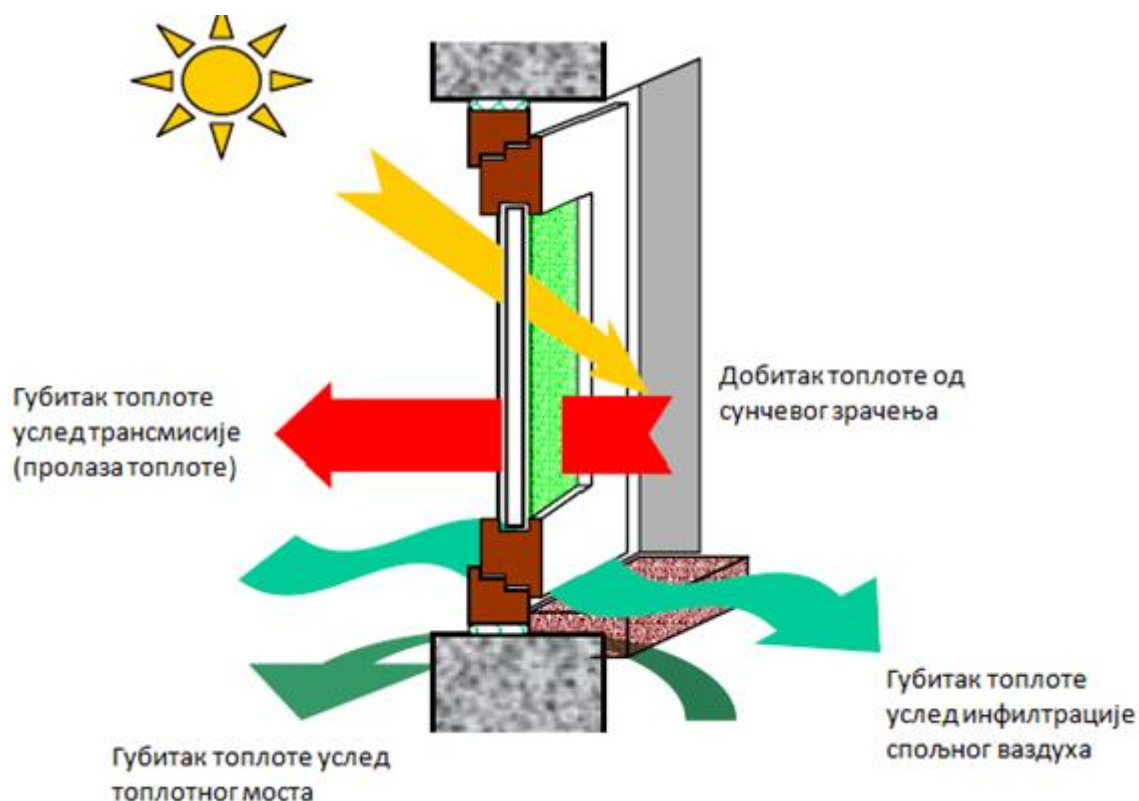
Слика 6 Пuteви продора ваздуха кроз омотач

Затварање путева неконтролисаног продора ваздуха кроз омотач:

- покретне површине се заптивају еластичним изолаторима,
- непокретне површине се заптивају најчешће посебним смешама које после одређеног времена очвршћавају (гипс, малтер, силикон, полиуретанске пене и сл.),
- пукотине око цеви кроз које протиче топла вода (или на димњацима) се затварају материјалима који морају бити постојани на повишеним температурама.

3.1.3 Губици топлоте кроз прозоре

Губици кроз прозоре су трансмисијски, односно они кроз затворен прозор и вентилацијски, односно они кроз отворен прозор. На слици 7 су приказани губици и добици кроз прозор.



Слика 7 Приказ губитака и добитака [6]

Постоји много различитих врста прозора, а њихов коефицијент пролаза топлоте се креће од $<0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ код најбољих прозора са троструким стаклима испуњених инертним гасовима, па све до $5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, код старих прозора са једноструким стаклом.

Основне функције прозора су обезбеђивање:

- дневне светлости у објекту,
- вентилације,
- визуелног контакта са спољашњом средином,
- смањења губитака топлоте,
- заштите унутрашњости објекта од спољашњих непогодних утицаја.

Основна карактеристика која дефинише енергетске перформансе прозора је коефицијент пролаза топлоте, који зависи од врсте и дебљине стакла, материјала оквира и рама.

Користе се следеће стратегије за побољшање енергетске ефикасности прозора:

- више стаклених панела (два или три),
- пуњење инертним гасовима,
- нискоемисиони слојеви.

3.2 Термоизолација

Изолациони слојеви повећавају отпор провођењу топлоте кроз зидове па се смањује пролаз топлоте кроз њихову конструкцију, што доприноси малој потребној количини топлоте за грејање.

Изолациона маса се може уградити са спољне или унутрашње стране зида, или као слој у његовој унутрашњости. Ако је изолација постављена на спољној страни зида, онда су температуре масе зида ниже. Тиме се умањују дилатације елемената фасаде, односно топлота напрезања конструктивних елемената, чиме се спречава појава напруса у зидовима. У тако постављеној изолацији главна маса зида је концентрисана ка унутрашњем простору, па се по прекиду грејања акумулирана топлота у њој постепено ослобађа и преноси у просторију, те се дуже одржавају задовољавајуће температуре унутар зграде. [5]

Топлотна изолација (термоизолација) куће чува енергију, здравље и обезбеђује већи термички комфор станарима. У зимском периоду су изоловани зидови топлији са унутрашње стране, те је спречена појава кондензације и буђи. У летњем периоду изолација спречава прекомерно загревање зидова те је кућа хладнија и пријатнија за боравак. Глобално гледано добро топлотно изолована кућа има уједначену температуру током читаве године. Топлотна изолација се може сматрати дугорочном заштитом, а разлог за то је што након основног улагања дужи временски период не захтева никаква додатна улагања и одржавање.

Локације за уградњу термоизолације су:

- плафони према негрејаном простору,
- спољашњи зидови,
- подови према негрејаном простору.

Особине квалитетног термоизолационог материјала:

- што нижи коефицијент проводљивости топлоте,
- отпорност на влагу и промене температуре,
- постојаност у механичком погледу,
- једноставна уградња.

3.2.1 Основни појмови

Питање кондукције (провођења) и конвекције (струјања) топлоте изискује објашњење одређених појмова:

- Топлотни флуks F (Φ) – количина топлоте у јединици времена, односно, брзина преношења топлотне енергије.

$$F = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \left[\frac{J}{s} \right] \quad (3.2.1.1)$$

- Густина топлотног флуksа / специфични топлотни флуks q (Φ/A) - топлотни флуks по јединици површине, односно, топлотна енергија која у јединици времена прође кроз јединичну површину.

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta t \cdot A} \left[\frac{J}{s \cdot m^2} \right] \quad (3.2.1.2)$$

У начелу, контрола протока топлотне енергије кроз неку конструкцију се заснива на 3 карактеристична механизма деловања:

- рефлексија зрачења (карактеристика метала, односно, материјала код којих преовлађује зрачење као начин преношења топлоте – принцип се везује за правилно постављање металних фолија у склопу конструкција),
- отпор пролазу топлоте (принцип деловања термоизолационих материјала),
- складиштење (акумулирање) топлоте (карактеристика масивних конструкција) – значајно за адекватну топлотну стабилност конструкције.

Способност материјала да кроз своју масу пренесе топлоту као последицу разлике у температури између његових двеју површина представља његову проводљивост или проводност. Коефицијент топлотне проводљивости λ јесте својство самог материјала.

$$\lambda = \frac{q \cdot d}{\Delta T} \left[\frac{W}{m \cdot K} \right] \quad (3.2.1.3)$$

Коефицијент топлотне пропустљивости Λ је својство конструкције (грађ. елемента). Количина топлоте која се пропусти у једној секунди кроз неку грађевинску конструкцију, управно на њену јединичну површину уколико је разлика температуре у стационарном стању између њених граничних површина 1К.

$$\Lambda = \frac{\lambda}{d} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (3.2.1.4)$$

Отпор који пружа конструкција приликом проласка топлоте кроз њу:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\lambda_i} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (3.2.1.5)$$

Коефицијент прелаза топлоте h (α) (са унутрашње и са спољашње стране конструкције). Количина топлоте која у једној секунди пређе са чврстог тела на флуид или обратно, управно н јединичну површину, уколико је разлика у њиховој температури 1К.

$$h = \frac{\Delta Q}{\Delta T \cdot A \cdot \Delta t} = \frac{\Phi_A}{\Delta T} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (3.2.1.6)$$

Отпор граничне површине:

$$\lambda = \frac{1}{h} \left[\frac{m^2 \cdot K}{W} \right] \quad (3.2.1.7)$$

Укупни отпор пролазу топлоте R_u , где су R_{si} и R_{se} унутрашњи отпор прелазу топлоте, односно спољашњи отпор прелазу топлоте је дат у једначини:

$$R_u = R_{si} + R + R_{se} \quad (3.2.1.8)$$

Коефицијент пролаза топлоте U (k). Количина топлоте која у јединици времена (секунди) прође кроз грађевинску конструкцију, управно на јединичну површину, под условом да је разлика у температури ваздуха са једне и друге стране конструкције 1К.

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 \cdot K} \right] \quad (3.2.1.9)$$

3.2.2 Материјали

Од првих корака човека на Земљи до данас, људи су тражили и примењивали различите природне материјале како би боравак у својим стаништима учинили пријатнијим. У једном периоду су то били материјали биљног порекла попут сламе, трске, грања, а потом и материјали веће густине – земља тј. блато, глина, камен...

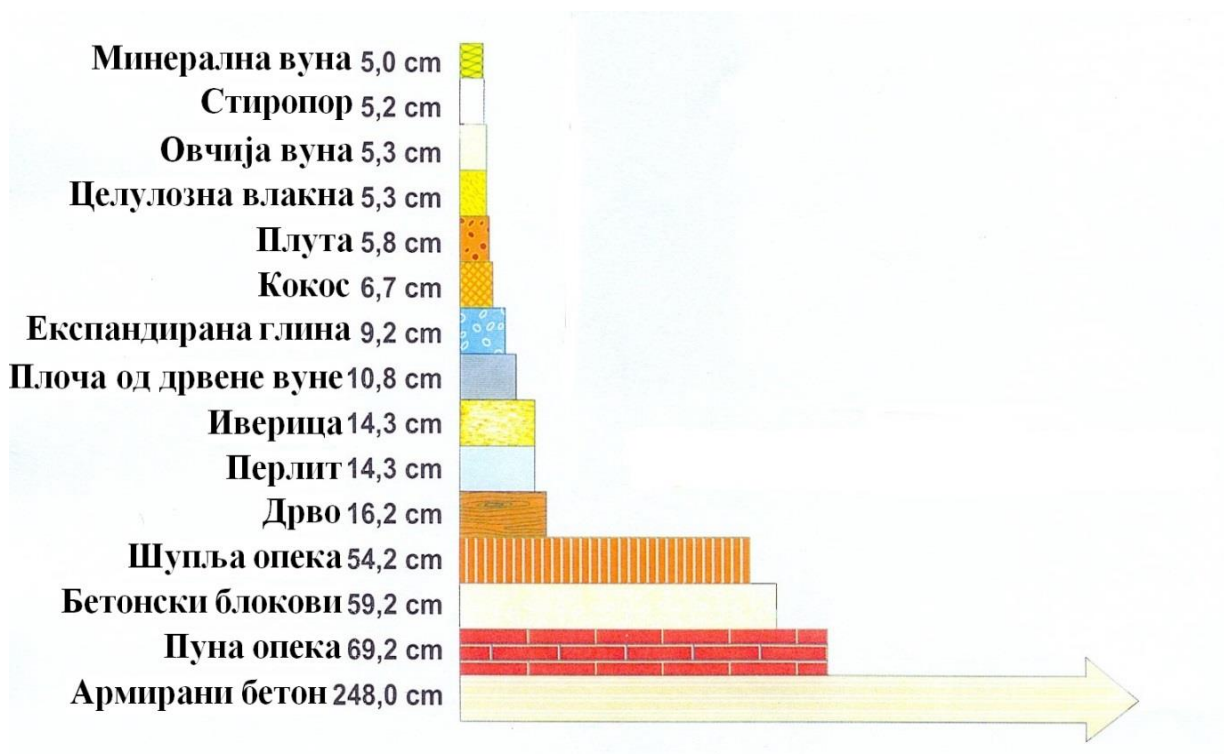
Чак и данас се термоизолација објекта своди на исте групе материјала, но развитком модерне технологије неки од ових материјала су еволуирали те сад уместо обичног каменог користе се различити облици минералних вуна – камена, стаклена и дрвена.

На избор адекватног материјала за заштиту конкретног објекта утичу: локални микро и макро климатски услови, популарност производа и традиција градње, специфични захтеви и наравно цена.

Данас термоизолација више не задовољава само своју основну намену – да штити од хладноће односно топлоте. Напротив. Људи морају бити свесни да добра термоизолација одговара и на неке додатне захтеве:

- противпожарност – штити од пожара, а ако до њега ипак дође, спречава његово ширење. Идеално је да термоизолација припада класи реакције на пожар А1, тј. да је материјал незапаљив,
- дуговечност – траје све док траје и објекат,
- отпорност на влагу, инсекте и хемикалије,
- звучна изолација – поред свих осталих карактеристика штити и од буке између просторија, као и од спољне буке.

На слици 8 је приказано поређење различитих материјала који пружају исту термоизолацију. У данашње време два најчешће коришћена термоизолациона материјала су, уједно и два најбоља, стиропор и минерална вуна.



Слика 8 Поређење дебљина материјала које пружају исту термоизолацију [6]

3.2.2.1 Стиропор

Материјал познат под општим називом "Стиропор" представља синтетички материјал типа полистирена који се јавља у два основна модалитета – као експандирани и као екструдирани полистирен.

У оба случаја ради се о материјалу који се добија на бази нафтних деривата, при чему су разлике између поменутих модалитета превасходно резултат различитих технолошких поступака који се примењују при њиховом добијању. У оба случаја основа за добијање предметних материјала је иста. То су тврде компактне грануле полистирена, при чему се екструдирани полистирен може добити и од тзв. кристалног полистирена.

Стиропор као експандирани термопластичан материјал, добијен полимеризацијом стирена, обично се класификује као порозан материјал затворене – алвеоларне структуре.

Код експандираног стиропора добијеног у калупима, величина унутрашњих ћелија је између 60-200 mm, док се код екструдираног стиропора та величина креће између 150-500 mm. Дебљина зидова између ћелија зависи од запреминске масе и величине ћелија. Стиропор у себи садржи 98% ваздуха и 2% полистирена. Његова запреминска маса је између 10-30 kg/m³ - за стиропор добијен у калупима, док је за екструдирани стиропор уобичајена вредност запреминске масе 33 kg/m³, мада она може да иде и до 45 kg/m³. Коефицијент провођења топлоте износи 0.035 - 0.041 (W/mK).

Стиропор се одликује малом запреминском масом, релативно добрим механичким чврстоћама, одличним изолационим својствима и малом апсорпцијом воде.

Отпоран је на гљивице и бактерије. Будући да нема хранљиву вредност, он не привлачи мраве, термите и глодаре. Он није подложен труљењу нити другим облицима корозије, није растворан у води, тако да не даје у води растворне производе који би могли да контаминирају воду. Како производња стиропора датира преко 60-так година (од 1952. год.), за то време нису примећени никакви штетни утицаји на здравље људи.

Што се тиче утицаја температуре на стиропор, практично не постоји доња граница за његову примену - уградњу. Што се, пак, тиче повишених температура, постоји податак да се до 85°C стиропор не разграђује, а да може поднети и краткотрајне температуре преко 100°C (при лепљењу битуменом по топлом поступку). Међутим, дужа излагања високим температурама доводе до његовог омекшавања и синтеровања. [7]

3.2.2.2 Минерална вуна

Камена или минерална вуна састоји се од стакластих влакана и стврднутих капи силикатног растопа. Добија се топљењем мешавине природних минералних стена.

Основне сировине су стене магматског порекла:

- базалт,
- дијабаз,
- габро,
- андезит.

Камена вуна је хемијски инертан материјал, постојана је на утицај воде, водене паре и различитих једињења изузев флуора.

Физичка и механичка својства:

- дебљина влакана 5 – 7 mm,
- изразито велика порозност (92 – 97%),
- доминантна отворена порозност,
- изразито велика способност упијања воде,
- постојаност на високим температурама ($t \geq 250^{\circ}\text{C}$),
- добра апсорпција звука,
- мала отпорност на дејство мраза,
- коефицијент провођења топлоте 0.033 – 0.039 (W/mK).

Предности:

- мала запреминска маса,
- низак коефицијент топлотне проводљивости,
- широк температурни интервал примене (до $+700^{\circ}\text{C}$),
- негориви материјал,
- приликом топљења не ослобађа штетне гасове и биоразградљивост.

Главни недостатак је велико упијање воде и веома велика пропусност водене паре, због чега долази до:

- драстичног смањења ефекта термоизолације,
- мале отпорности на дејство мраза,
- склоност ка појави буђи,
- могућност појаве корозије метала у присуству влаге.

У циљу спречавања прекомерног упијања воде термоизолација од камене вуне се хидрофобизира, тј. додатно импрегнира силиконским уљем. [7]

3.2.3 Топлотни мостови

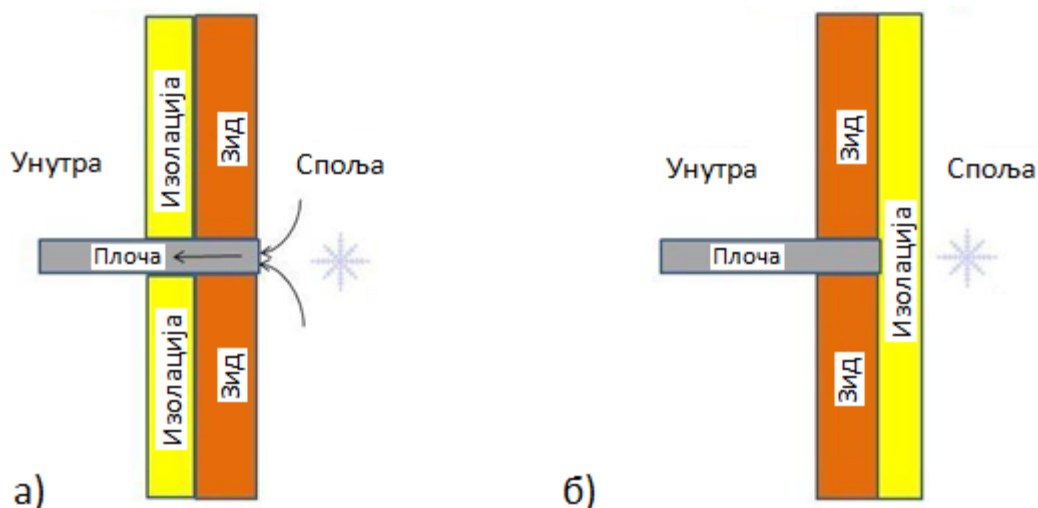
Топлотни мост је мање подручје у омотачу зграде, где је пренос топлоте повећан или смањен због промене материјала, дебљине или геометрије грађевине. [8]

У зависности од узрока повећања топлотне пропустљивости разликују се две врсте топлотних мостова:

- структурни топлотни мостови – настају код комбинација различитих врста материјала (нпр. око прозора),
- геометријски топлотни мостови – настају услед промене облика конструкције (нпр. углови зграда).

Топлотни мост настаје када је изолација, из неког разлога, прекинута материјалом који је лош изолатор. Топлота увек иде најлакшим путем од топлијег ка хладнијем месту, тако да околна изолација има мало утицаја у том делу. Постојање топлотног моста или како се још назива хладног моста може да изазове значајно смањење температуре у том делу објекта и појаву кондензације и буђи, као и значајан губитак топлоте. У даљем раду биће приказана нека основна места где се јављају топлотни мостови на објекту.

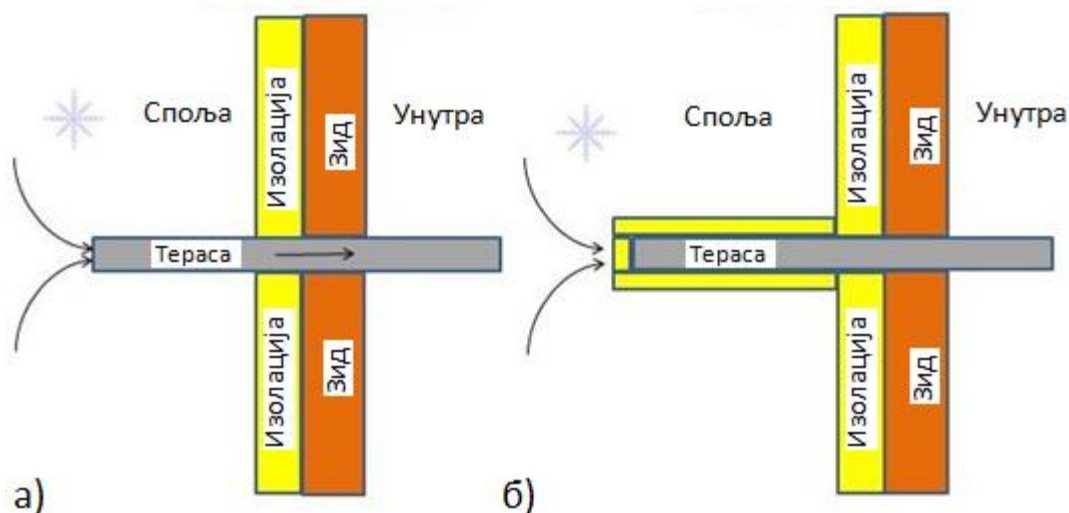
Типичан пример топлотног моста је када је изолација постављена са унутрашње стране објекта, слика 9. Бетонска плоча која се ослања на зид није изолована и као таква у зимском периоду представља хладан мост, хладећи под у просторији. Последице тога су губитак енергије и непријатно хладан под и зид у том делу просторије. Такође може да дође до појаве кондензације.



Слика 9 Топлотни мост када је објект изолован са а) унутрашње стране и б) његова елиминација. [9]

У овом случају зид са својим топлотним капацитетом нема никакав утицај на микро климу у објекту јер је одвојем топлотном изолацијом, што је још један недостатак оваквог начина изолације. При томе је и сам зид изложен температурним променама.

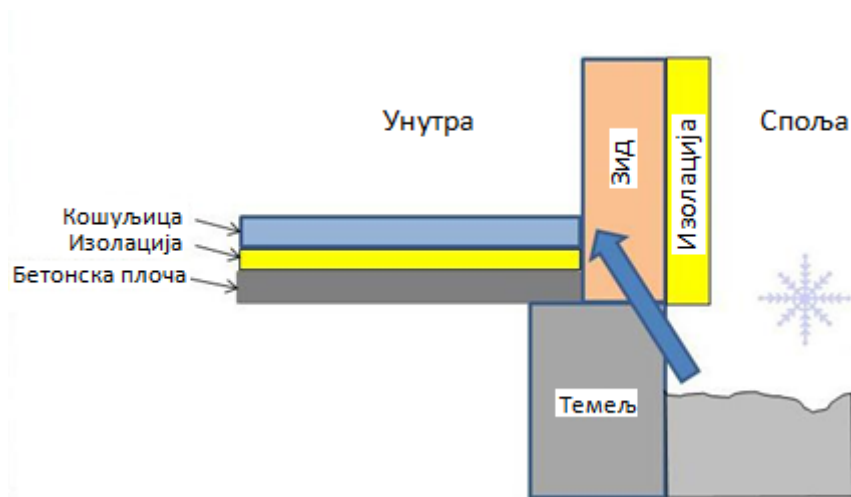
Други типичан пример је бетонска тераса која са бетонском плочом у просторији чини једну целину, слика 10.



Слика 10 Топлотни мост а) због терасе и б) његова елиминација (десно) [9]

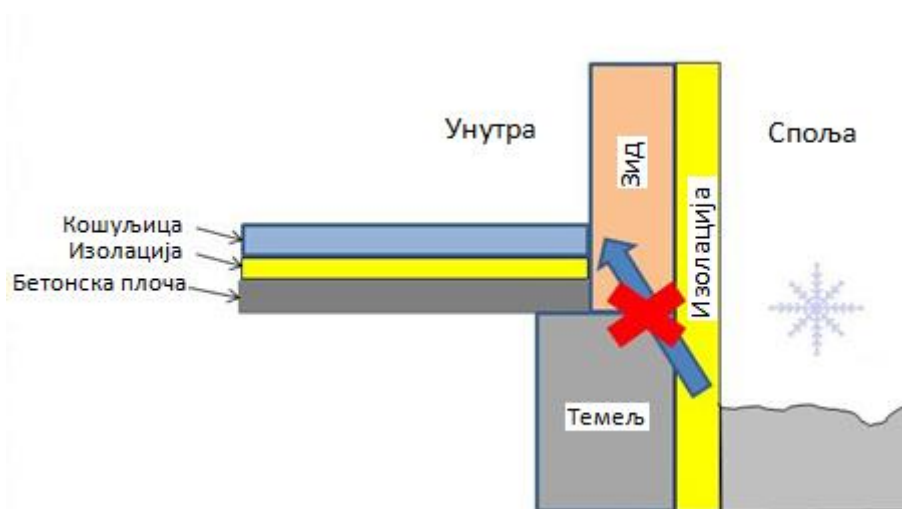
Након постављања изолације на зидове са спољне стране, тераса представља топлотни мост који проводи топлоту хладећи и под у просторији и зид који пресеца. Као и у претходном примеру последица је губитак енергије и хладан под и зид у просторији на којима може да дође до појаве кондензације. Ако је посао већ завршен, односно у питању је адаптација већ саграђеног објекта онда је једноставно неопходно обложити читаву терасу изолационим материјалом, уз све остале пропратне елементе који иду након изолације како би се она заштитила. Данас постоје савремена решења за овај проблем, при самом изливању плоче се уграђују изолациони елементи у равни са зидом који имају потребну чврстину и у значајној мери спречавају пролазак топлоте.

Још један пример топлотног моста је приказан на слици 11. Спој зида и темеља или пода и темеља је најчешће топлотни мост који се у већини случајева не може у потпуности отклонити, али се његов утицај може ублажити. Често се дешава да и након постављања изолације на зид и у под ипак долази до кондензације у доњем делу зида.



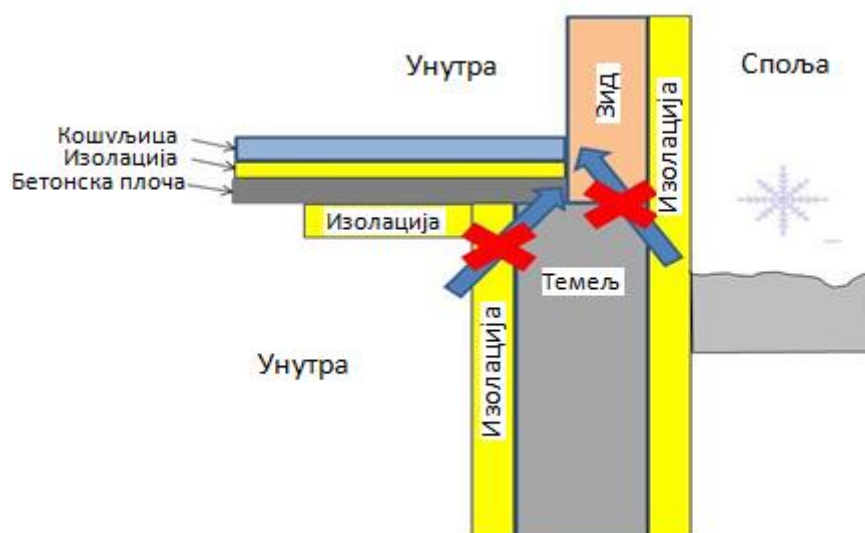
Слика 11 Топлотни мост код темеља [9]

Постоји неколико начина да се ефекти овог хладног моста ублаже, један о њих је да се са спољне стране изолије темељ, слика 12. Ако је могуће, добро је са изолационим материјалом потпуно изоловати темељ, до најниже тачке у земљи. Ово је једино прихватљиво решење када је објекат већ завршен и нема подрум испод, него је унутрашња плоча на земљи. Наредна слика илуструје овај пример.



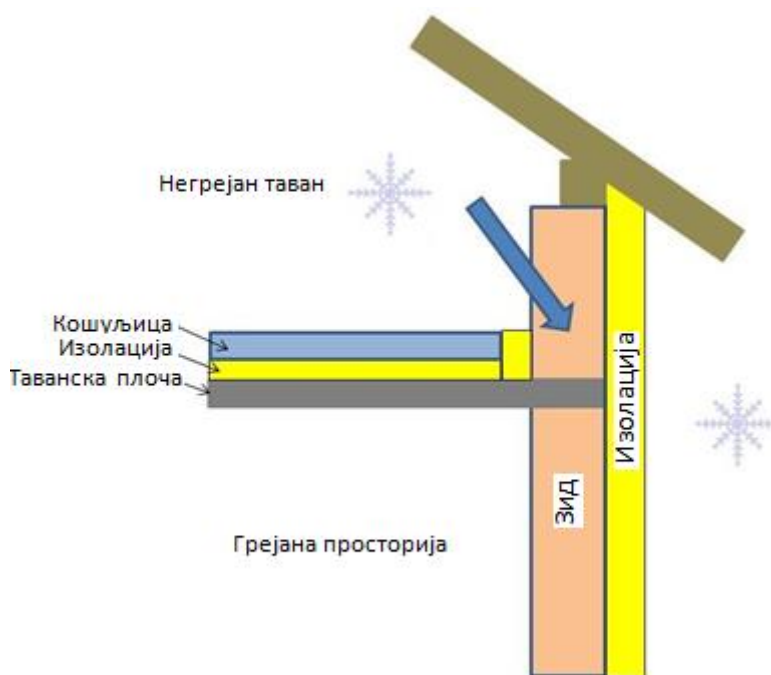
Слика 12 Елиминација топлотног моста код темеља [9]

Уколико постоји подрум испод куће, који се не греје, онда је још боље да се темељ изолије и са унутрашње стране, слика 13. Плафонска плоча у подруму, преко које је постављена топлотна изолација и кошуљица у просторији такође може да представља топлотни мост. Она је ослоњена на темељ и у индиректној је вези са зидом. Због тога је у случају подрума који се не греје неопходно изоловати и његов плафон. Циљ је, дакле, да се што више продужи пут топлоти кроз материјале који имају релативно велику топлотну проводност, односно малу топлотну отпорност, у овом случају бетон.



Слика 13 Елиминација топлотног моста када постоји подрум [9]

Чест случај топлотног моста се може видети и на тавану који се не греје, слика 14. Постављена је топлотна изолација са спољне стране објекта, изолована таванска плоча, међутим забат или надзидак представљају хладан мост.



Слика 14 Топлотни мост код тавана [9]

Како би ублажили ефекат овог хладног моста неопходно је изоловати надзидак и забат са унутрашње стране, слика 15.



Слика 15 Елиминација топлотног моста код тавана [9]

3.3 Енергетски разред објекта

Енергетски пасош зграде је елаборат који садржи податке о енергетском разреду зграде, који указује на финалну годишњу потрошњу топлотне енергије за грејање. Он ће свакоме ко купује стан или кућу показати какав је квалитет зграде са становишта комфора, потрошње енергије и будућих режијских трошкова.

Енергетски пасош зграде је битно средство које нас води ка циљу, а то је изградња енергетски ефикасних зграда. Обавеза сертификација зграда значи да при купопродаји некретнина енергетски пасош схватамо пре свега као заштиту потрошача.

Енергетски пасош зграда садржи 5 страна. На првој страни се налазе општи подаци о објекту, као што су име власника, генералије, локација, пројктанти, фотографија зграде, као и њен енергетски разред. Енергетски разред зграде одређује се на основу податка о потрошњи енергије за грејање на годишњем нивоу, прорачунате у складу са прописом којим се уређују енергетска својства зграда. На основу тога зграде се сврставају у енергетске разреде, од А+ са најмањом ($\leq 15 \text{ kWh/m}^2$), до G са највећом потрошњом енергије ($> 250 \text{ kWh/m}^2$). Тренутно је код нас прописано да нове зграде морају бити најмање „C” разред, док сви они објекти на којима се врши реконструкција морају бити побољшани најмање за један разред.

Друга страна пасоша садржи климатске податке, податке о термотехничким системима и елементима термичког омотача, ту се може видети све о изолацији, као и прозорима који су постављени на објекту. На трећој страни је детаљан прорачун о потрошњи енергије, па се унапред може израчунати колики ће бити трошкови.

Четврта страна садржи предвиђене мере за унапређење енергетске ефикасности зграде. За сваки објекат који није разред А, на овој страни морају постојати написане препоруке, од стране инжењера, на који начин је потребно да се у будућности унапреди стање.

Последња страна у пасошу садржи дефиниције, односно објашњена свих техничких појмова који су коришћени. [10]

Зграде за које није потребно имати енергетски пасош:

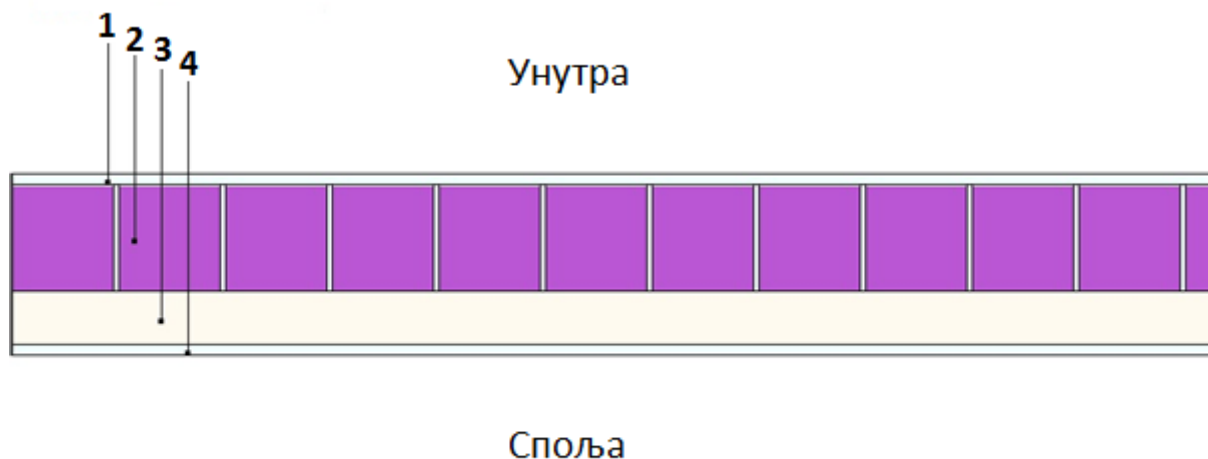
- постојеће зграде имају нето површину мању од 50 m²,
- зграде које имају предвиђени век употребе ограничен на две године и мање,
- зграде привременог карактера за потребе извођења радова, односно обезбеђење простора за смештај људи и грађевинског материјала у току извођења радова,
- зграде и хале које се морају држати отворенима више од половине радног времена, ако немају уграђене ваздушне завесе,
- зграде намењене за одржавање верских обреда,
- постојеће зграде које се продају или се право власништва преноси у стечајном поступку, у случају присилне продаје или извршења,
- зграде које су под одређеним режимом заштите, а код којих би испуњење захтева енергетске ефикасности било у супротности са условима заштите,
- зграде које се не греју или се греју на температури до +12°C.

3.4 Конструкције зидова

У данашње време, код нас, најчешћи случајеви изолације објекта су: спољашња изолација, унутрашња изолација и изолација сендвич зидом. У овом раду ће бити испитана потрошња енергије и понашање зидова једног породичног објекта за сваки од наведених случајева.

3.4.1 Спољашња изолација стиропором

Приказ склопа је дат на слици 16. Део склопа који је означен бројем 1, на слици, представља кречни малтер дебљине 2 cm, ознака 2 показује гитер блок дебљине 20 cm, ознака 3 стиропор дебљине 10 cm и ознака 4 продужни кречни малтер дебљине 2 cm.



Слика 16 Приказ склопа спољашње изолације стиропором

3.4.2 Унутрашња изолација стиропором

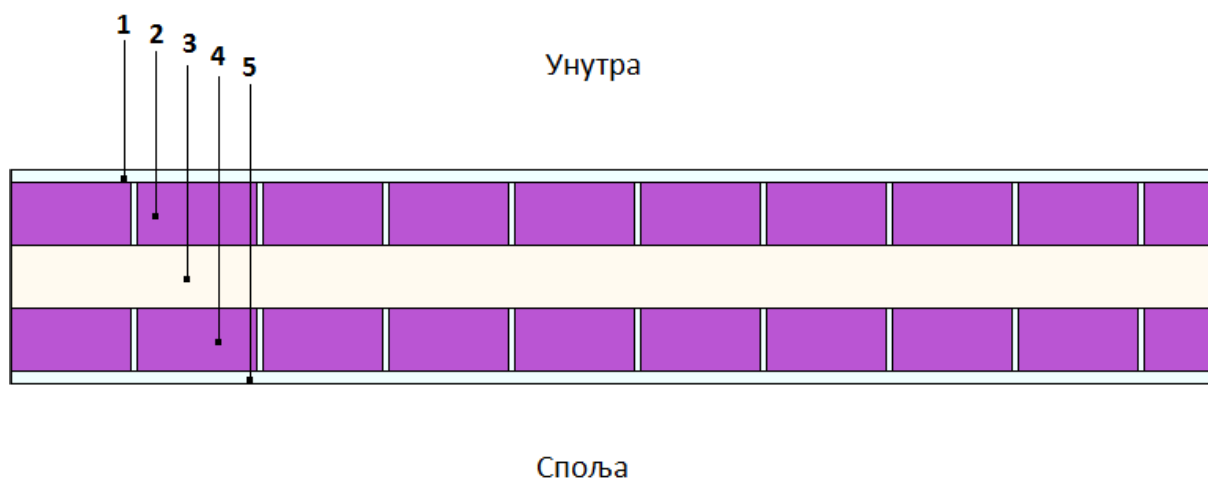
Приказ склопа је дат на слици 17. Део склопа који је означен бројем 1, на слици, представља кречни малтер дебљине 2 см, ознака 2 стиропор дебљине 10 см, ознака 3 гитер блок дебљине 20 см и ознака 4 продужни кречни малтер дебљине 2 см.



Слика 17 Приказ склопа унутрашње изолације стиропором

3.4.3 Изолација сендвич зидом

Приказ склопа је дат на слици 18. Део склопа који је означен бројем 1, на слици, представља кречни малтер дебљине 2 cm, ознака 2 гитер блок дебљине 10 cm, ознака 3 стиропор дебљине 10 cm, ознака 4 гитер блок дебљине 10 cm и ознака 5 продужни кречни малтер дебљине 2 cm.



Слика 18 Приказ склопа спољне изолације сендвич зидом

4 ОПИС СТАМБЕНОГ ОБЈЕКТА

4.1 Локација и физички опис објекта

Одабрани стамбени објекат, на коме је извршена анализа, налази се у општини Рача, која је на подручју града Крагујевца. Насеље у којем се налази објекат зове се Виногради, а улица Лепеничка број 30. На сателитском снимку, који је приказан на слици 19, може се видети положај објекта. Види се да је објекат са свих страна окружен објектима сличне конструкције, што је значајно јер је делимично заклоњен у случају ветрова. У програму се не користи ова локација, већ се користи база података за Београд, која је детаљно описана у тачки 5.1 на 46. страни.

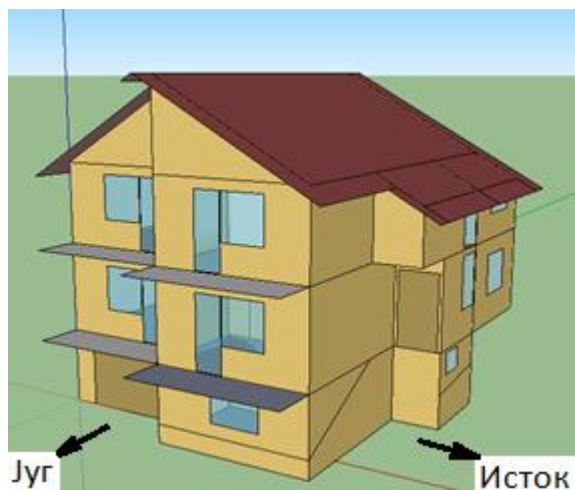


Слика 19 Сателитски снимак одабраног објекта

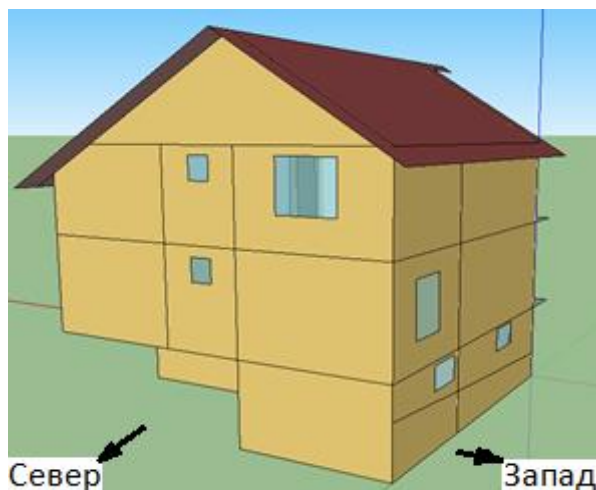
Стамбени објекат за који се врши симулација у циљу повећања енергетске ефикасности је кућа (слика 20, слика 21, слика 22) која је моделирана у софтверу GoogleSketchUp. Зелена пуна линија на сликама представља смер северне стране света, док црвена пуна линија представља источну страну света. Кућа се састоји из приземља, првог спрата, другог спрата и тавана. Један део приземља је укопан у земљу. Кућа

поседује 18 зона: 2 дневне собе, 2 кухиње, 3 ходника, 2 купатила, подрум, гаражу, 5 спаваћих соба, шпајз и таван.

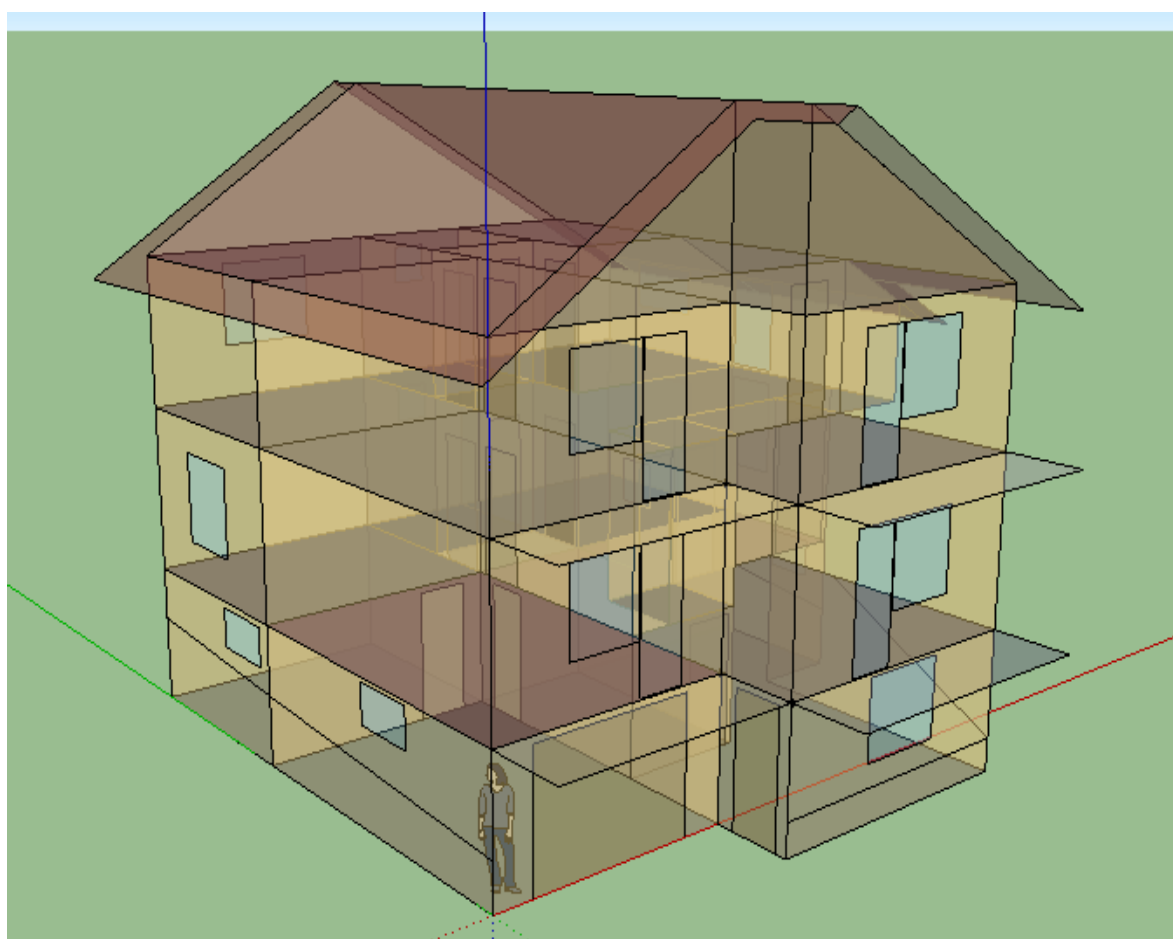
Површина која се загрева је 88.44 m^2 . То је површина првог спрата, сем шпајза који се једино не загрева на том спрату. Ова површина се узима у обзир када се гледа потрошња енергије по квадрату.



Слика 20 Предња страна куће



Слика 21 Задња страна куће



Слика 22 Кућа (View model in X-Ray Mode команда)

На сликама 23, 24 и 25 су приказани технички цртежи првог спрата, приземља и другог спрата, урађени у програму Catia R5V20, са називима просторијама као у Energy Plus-у.

Површина приземља је 70.43 m^2 , површина првог спрата је 90.36 m^2 и површина другог спрата износи 92.25 m^2 .

Објекат садржи: 3 спољна (улазна) врата, 15 унутрашњих врата, 14 прозора, 4 балконска врата и 2 светларника.



Слика 23 Приземље – технички приказ пресека просторија



Слика 24 Први спрат – технички приказ пресека просторија



Слика 25 Други спрат – технички приказ пресека просторија

Називи просторија, као у EnergyPlus-у, њихова квадратура, запремина и укупна грејна површина (m^2) су приказани у табели 1.

Табела 1 Називи просторија у EnergyPlus-у, њихова квадратура (m^2) и запремина (m^3)

	Називи просторија у EnergyPlus-у	Површина просторије [m^2]	Запремина просторије [m^3]	Укупна површина [m^2]	Укупна грејна површина [m^2]
Приземље	Гаража	22.68	47.63	70.52	/
	КухДс2	26.06	54.73		/
	Ходник2	7.98	16.76		/
	Подрум	13.8	28.98		/
Први спрат	ДневнаСоба1	22.68	57.15	90.36	22.68
	Кухиња1	17.3	43.6		17.3
	СпаваћаСоба1	13.8	34.78		13.8
	Ходник1	17.45	43.97		17.45
	Шпајз	1.92	4.83		/
	Купатило1	4.62	11.64		4.62
	СпаваћаСоба2	12.59	31.73		12.59
Други спрат	ДневнаСоба2	22.68	51.48	92.24	/
	СпаваћаСоба5	14.08	31.96		/
	СпаваћаСоба3	13.8	31.33		/
	Ходник3	24.47	53.66		/
	Купатило2	4.62	10.49		/
	СпаваћаСоба4	12.59	26.86		/
Потк.	Таван	82.46	99.36	82.4	/
Укупно				335.58	88.44

4.2 Материјали објекта

Попис свих материјала, од којих је саграђен овај објект са својим карактеристикама је дат у табели 2.

Табела 2 Грађевински материјали објекта са карактеристикама

Материјал	Густина [kg/m^3]	Дебљина [m]	Специфична топлота [J/kgK]	Коефицијент провођења топлоте [W/mK]
Кречни малтер	1600	0.02	1050	0.81
Цементна кошуљица	2100	0.04	1050	1.4

PVC фолија	1460	0.00015	1100	0.19
Стаклена вуна	50	0.08	840	0.038
Стиродур	33	0.04	1260	0.03
Керамичке плочице	1700	0.015	920	0.87
Паркет	700	0.02	1670	0.21
Цреп	1900	0.01	880	0.99
Гитер блок	1200	0.19	900	0.52
Армирани бетон	2400	0.04	960	2.04
Шљунак	1700	0.2	840	0.81
Неармирани бетон	1800	0.15	960	0.93
Монта	1200	0.16	920	0.6
PVC	800	0.05	960	0.12
Стиропор	20	0.05/0.1	1260	0.041
Храст	800	0.05	2400	0.21
Продужни кречни малтер	1800	0.02	1050	0.87

4.3 Конструкције

Грађевинске конструкције са дебљином, сачињене од материјала који су приказани у табели 2, дате су у табели 3.

Табела 3 *Састав грађевинских конструкција*

Грађевинска конструкција	Елементи грађевинске конструкције	Дебљина [mm]
Зид спољашњи	Продужни кречни малтер	0.02
	Гитер блок	0.2
	Кречни малтер	0.02
Зид унутрашњи	Кречни малтер	0.02
	Гитер блок	0.2
	Кречни малтер	0.02
Зид спољашњи - купатило	Гитер блок	0.2
	Кречни малтер	0.02
	Керамичке плочице	0.015
Зид - соба-купатило	Керамичке плочице	0.015
	Кречни малтер	0.02
	Гитер блок	0.2
	Кречни малтер	0.02
Зид - купатило-соба	Кречни малтер	0.02
	Гитер блок	0.2
	Кречни малтер	0.02

	Керамичке плочице	0.015
Под на земљи - плочице	Керамичке плочице	0.015
	Цементна кошуљица	0.04
	Стиродур	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Неармирани бетон	0.15
	Шљунак	0.2
Под на земљи - паркет	Паркет	0.02
	Цементна кошуљица	0.04
	Стиродур	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Неармирани бетон	0.15
	Шљунак	0.2
Под- први и други спрат	Кречни малтер	0.02
	Монта	0.16
	Армирани бетон	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Стиродур	0.04
	Цементна кошуљица	0.04
	Паркет	0.02
Плафон – приземље и први спрат	Паркет	0.02
	Цементна кошуљица	0.04
	Стиродур	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Армирани бетон	0.04
	Монта	0.16
	Кречни малтер	0.02
Под -таван-други спрат	Кречни малтер	0.02
	Монта	0.16
	Армирани бетон	0.04
	Стаклена вуна	0.08
	Цементна кошуљица	0.04
Плафон – други спрат-таван	Цементна кошуљица	0.04
	Стаклена вуна	0.08
	Армирани бетон	0.04
	Монта	0.16
	Кречни малтер	0.02
Плафон - купатило1-купатило2	Керамичке плочице	0.015
	Цементна кошуљица	0.04
	Стиродур	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Армирани бетон	0.04
	Монта	0.16

	Кречни малтер	0.02
Под купатило2-купатило1	Кречни малтер	0.02
	Монта	0.16
	Армирани бетон	0.04
	PVC фолија	0.00015
	Стиродур	0.04
	Цементна кошуљица	0.04
	Керамичке плочице	0.015
Кров	Цреп	0.01
Унутрашња врата	Храст	0.05
Спољна врата	PVC	0.05
Прозори и балконска врата	Стакло	3
	Ваздух	13
	Стакло	3

4.4 Расвета

Осветљење је веома битно при прорачуну, нарочито ако се користе сијалице са ужареним влакном, као што је случај у овом објекту. Изглед једне сијалице са ужареним влакном је приказан на слици 26.

Сијалица са ужареним влакном је вештачки извор светлости која настане када електрична струја пролазећи кроз танку (волфрамову) нит загреје нит до усијања, која затим почне да емитује светлост. Емисија светлости проузрокована је заправо топлотом. Стаклени балон спречава да метална нит дође у додир са кисеоником из околног ваздуха (чиме би била брзо уништена). Ради што прецизнијих резултата мора се и ова ставка узати у обзир. [11]

Попис снага сијалица по просторијама које се загревају је дат у табели 4, са називима просторија као у EnergyPlus-у.



Слика 26 Сијалица са ужареним влакном

Табела 4 Снага сијалица у просторијама које се загревају

Просторија	Снага сијалица [W]
ДневнаСоба1	200
Кухиња1	180
СпаваћаСоба1	150
СпаваћаСоба2	100
Ходник1	300
Купатило1	100

Период коришћења осветљења по просторијама које се загревају је приказан на слици 27.

[0001] Version [0001] SimulationControl [0001] Building [0001] Timestep [0001] Site:Location [0001] SizingPeriod:DesignDay [0001] RunPeriod [0010] RunPeriodControl:SpecialDays [0001] RunPeriodControl:DaylightSavingTime [0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface [0006] ScheduleTypeLimits [0054] Schedule:Compact [0021] Material [0001] Material:AirGap [0001] WindowMaterial:Glazing [0001] WindowMaterial:Gas [0018] Construction [0001] GlobalGeometryRules		Explanation of Object and Current Field Object Description: Irregular object. Does not follow the usual definition for fields. Fields A3... are: Through: Date For: Applicable days (ref: Schedule:Week:Compact) Interpolate: Yes/No (ref: Schedule:Day:Interval) -- optional, if not used will be "No" Until: <Time> (ref: Schedule:Day:Interval) <numeric value> words "Through", "For", "Interpolate", "Until" must be included.			
Field	Units	Obj18	Obj19	Obj20	Obj21
Name		Svetlo u HOD	Svetlo u KUP	Svetlo u SS	Svetlo u DS
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00
Field 4	varies	0	0	0	0
Field 5	varies	Until: 9:00	Until: 9:00	Until: 9:00	Until: 9:00
Field 6	varies	0.6	0.8	0.7	0.2
Field 7	varies	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00
Field 8	varies	0.2	0.25	0.4	0.1
Field 9	varies	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00
Field 10	varies	0	0.15	0	0
Field 11	varies	Until: 19:00	Until: 19:00	Until: 19:00	Until: 19:00
Field 12	varies	0.6	0.2	0.3	0.3
Field 13	varies	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00
Field 14	varies	1	0.6	0.6	0.6
Field 15	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 16	varies	0.8	0.8	0.3	0.5
Field 17	varies				

Слика 27 Распоред коришћења осветљења по просторијама (датотека Energy Plus)

4.5 Људи

При прорачуну се треба узети у обзир и топлота коју одају људи, јер је познато да је средња телесна температура човека 36.5°C.

У зависности од активности људи, количина топлоте која се одаје се мења и приказана је у табели 5.

Табела 5 Одавање топлоте са човечјег организма у зависности од активности [12]

Активност	Количина одате топлоте [W]
Спавање	72
Седење	108
Шетање	207
Кување	171

У табели 6 је приказан број људи од просторије до просторије, као и активност људи по просторијама које се загревају, са називима просторија као у EnergyPlus-у.

Табела 6 Број и активност људи у просторијама које се загревају

Просторија	Број људи	Активност људи
ДневнаСоба1	3	Седење
Кухиња1	1	Кување
СпаваћаСоба1	1	Спавање
СпаваћаСоба2	1	Спавање
Ходник1	1	Шетање
Купатило1	2	Шетање

Распоред боравка људи по просторијама је приказан на слици 28.

The screenshot displays the EnergyPlus software interface. On the left, a list of objects is shown, with 'Schedule: Compact' selected. The main window shows the 'Explanation of Object and Current Field' for the selected object. Below this, a table lists the schedule data for the selected object, showing fields, units, and values for different objects (Obj9, Obj10, Obj11, Obj12).

Field	Units	Obj9	Obj10	Obj11	Obj12
Name		Ljudi u SS	Ljudi u DS	Ljudi u KUP	Ljudi u HOD
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00
Field 4	varies	1	0	0.1	0.1
Field 5	varies	Until: 11:00	Until: 11:00	Until: 10:00	Until: 10:00
Field 6	varies	0.2	0.7	0.7	0.6
Field 7	varies	Until: 16:00	Until: 16:00	Until: 16:00	Until: 16:00
Field 8	varies	0	0.3	0.25	0.3
Field 9	varies	Until: 18:00	Until: 20:00	Until: 18:00	Until: 18:00
Field 10	varies	0.2	0.6	0.4	0.4
Field 11	varies	Until: 22:00	Until: 24:00	Until: 22:00	Until: 22:00
Field 12	varies	0.8	1	0.7	0.5
Field 13	varies	Until: 24:00		Until: 24:00	Until: 24:00
Field 14	varies	1		0.25	0.4
Field 15	varies				

Слика 28 Распоред боравка људи по просторијама (датотека Energy Plus)

4.6 Грејна тела и пројектоване температуре

Грејна тела (калорифери) користе електричну енергију. Снага грејних тела и ефикасност претварања електричне енергије у топлотну, по просторијама које се загревају, приказани су у табели 7, са називима просторија као у EnergyPlus-у. Грејна тела раде само у току грејног периода сезоне, који траје од 15. октобра до 15. априла. Све просторије се загревају од 8h ујутру до 22h увече.

Табела 7 Снага грејних тела и ефикасност претварања ел. енергије у топлотну

Просторија	Снага грејних тела [W]	Ефикасност претварања ел. енергије у топлотну
ДневнаСоба1	5000	0.98
Кухиња1	5000	0.98
СпаваћаСоба1	5000	0.98
СпаваћаСоба2	5000	0.98
Ходник1	5000	0.98
Купатило1	5000	0.98

Пројектоване температуре по просторијама у различитим деловима дана су приказане на слици 29.

[0001] Version [0001] SimulationControl [0001] Building [0001] Timestep [0001] Site:Location [0001] SizingPeriod:DesignDay [0001] RunPeriod [0010] RunPeriodControl:SpecialDays [0001] RunPeriodControl:DaylightSavingsTime [0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface [0006] ScheduleTypeLimits [0054] Schedule:Compact [0023] Material [0001] Material:AirGap [0001] WindowMaterial:Glazing [0001] WindowMaterial:Gas [0018] Construction [0001] GlobalGeometryRules		Explanation of Object and Current Field Object Description: Irregular object. Does not follow the usual definition for fields. Fields Through: Date For: Applicable days (ref: Schedule:Week:Compact) Interpolate: Yes/No (ref: Schedule:Day:Interval) -- optional, if not used will be "No" Until: <Time> (ref: Schedule:Day:Interval) <numeric value> words "Through", "For", "Interpolate", "Until" must be included.			
Field	Units	Obj30	Obj31	Obj32	Obj33
Name		Htg-SetP-Sch-SS	Htg-SetP-Sch-DS	Htg-SetP-Sch-KUP	Htg-SetP-Sch-HOD
Schedule Type Limits Name		Temperature	Temperature	Temperature	Temperature
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 08:00	Until: 08:00	Until: 08:00	Until: 08:00
Field 4	varies	0	0	0	0
Field 5	varies	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00
Field 6	varies	21	21	21	19
Field 7	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 8	varies	0	0	0	0
Field 9	varies				

Слика 29 Пројектоване температуре по просторијама (датотека Energy Plus)

4.7 Електрични уређаји

Снага електричних уређаја се мора узети у обзир, јер рад уређаја представља топлотне добитке. Снага електричних уређаја по просторијама које се загревају је приказана у табели 8, са називима просторија као у EnergyPlus-у.

Табела 8 Снага електричних уређаја по просторијама

Просторија	Снага електричних уређаја [W]
ДневнаСоба1	400
Кухиња1	1200
СпаваћаСоба1	300
СпаваћаСоба2	100
Ходник1	700
Купатило1	0

На слици 30 је приказан распоред коришћења електричних уређаја по просторијама.

The screenshot shows the EnergyPlus interface. On the left, a list of objects is visible, with 'Schedule: Compact' selected. The main window displays the 'Explanation of Object and Current Field' for 'Obj55'. Below this, a table lists field values for objects Obj55 through Obj59.

Field	Units	Obj55	Obj56	Obj57	Obj58	Obj59
Name		El.oprema u HOD	El.oprema u KUP	El.oprema u SS	El.oprema u DS	El.oprema u KUH
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31	Through: 12/31
Field 2	varies	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays	For: AllDays
Field 3	varies	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00	Until: 7:00
Field 4	varies	0	0	0	0	0
Field 5	varies	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00	Until: 10:00
Field 6	varies	0	0.2	0	0.2	0.2
Field 7	varies	Until: 14:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00	Until: 15:00
Field 8	varies	0	0	0	0.3	0.3
Field 9	varies	Until: 18:00	Until: 18:00	Until: 18:00	Until: 18:00	Until: 18:00
Field 10	varies	0	0	0	0.3	0.3
Field 11	varies	Until: 20:00	Until: 20:00	Until: 20:00	Until: 20:00	Until: 20:00
Field 12	varies	0	0	0.4	0.3	0.3
Field 13	varies	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00	Until: 22:00
Field 14	varies	0	1	1	0.5	0.5
Field 15	varies	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00	Until: 24:00
Field 16	varies	0	0	0	0	0

Слика 30 Распоред коришћења електричних уређаја по просторијама (датотека Energy Plus)

5 АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

Од прецизности свих података који су описани у четвртом поглављу (опис стамбеног објекта) зависиће прецизност резултата добијених симулацијама у EnergyPlus-у.

Циљ симулације је да се одреди потрошња електричне енергије за рад електричних грејних тела у грејној сезони, као и да се прикаже поређење различитих конструкција зидова омотача, током прелазних периода у грејној сезони.

Пре саме анализе потребно је знати тачан ток сваке симулације, стога је приказан сценарио симулација у табели 9.

Табела 9 *Сценарио симулација*

Редни број симулације	Локација објекта: град Београд, Србија	Грејна површина: први спрат [88.44 m ²]	Период грејне сезоне: 15. октобар - 15. април	Време загревања просторија: 08-22h	Врста градње објекта: класична ¹	Изолација спољног зида				Приказ потрошње ел. ен. [kWh], спољне температуре [°C], температуре са унутрашње и спољашње стране зидова [°C] и температуре у просторијама [°C]		
						Без ²	Спољашња ³	Унутрашња ⁴	Сендвич зид ⁵	Месечни	Дневни	Часовни
Симулација 1	*	*	*	*	*	*				*		
Симулација 2	*	*	*	*	*		*			*		
Симулација 3	*	*	*	*	*			*		*		
Симулација 4	*	*	*	*	*				*	*		
Симулација 5	*	*	*	*	*	*					*	
Симулација 6	*	*	*	*	*		*				*	
Симулација 7	*	*	*	*	*			*			*	
Симулација 8	*	*	*	*	*				*		*	
Симулација 9	*	*	*	*	*	*						*
Симулација 10	*	*	*	*	*		*					*
Симулација 11	*	*	*	*	*			*				*
Симулација 12	*	*	*	*	*				*			*

¹ Класично изграђен објекат, чије су конструкције грађевинских материјала наведене у табели 3² Без термоизолације³ Спољни зид изолован стиропором са спољашње стране, чија је конструкција приказана на слици 16⁴ Спољни зид изолован стиропором са унутрашње стране, чија је конструкција приказана на слици 17⁵ Спољни зид изолован са унутрашње и спољашње стране, чија је конструкција приказана на слици 18

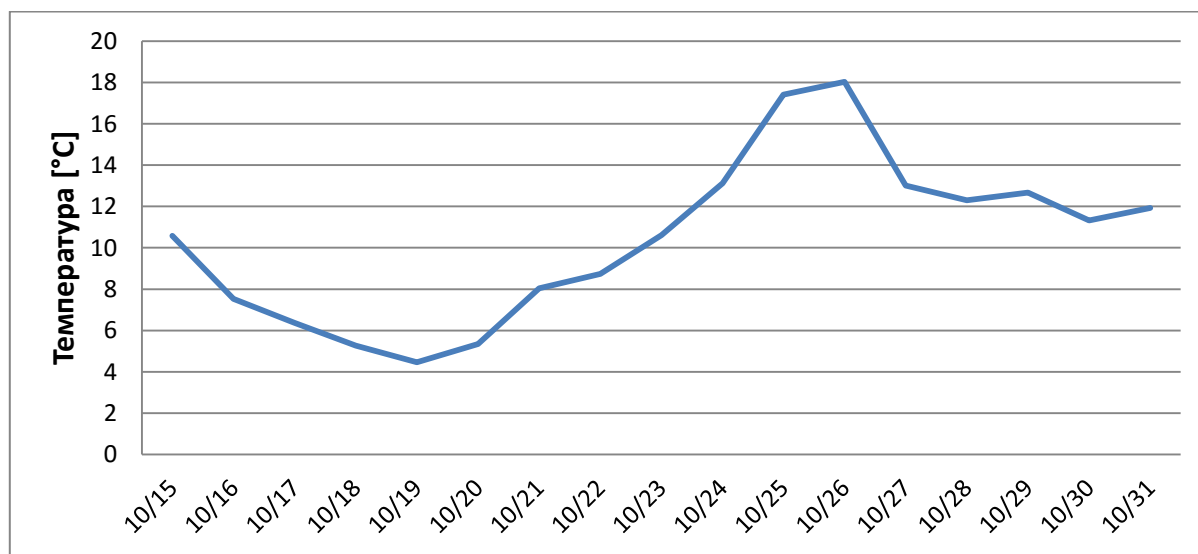
5.1 Дијаграми температура

Као што је раније споменуто, коришћене су температуре за Београд, зато што је то једина база података за Србију, која постоји за EnergyPlus.

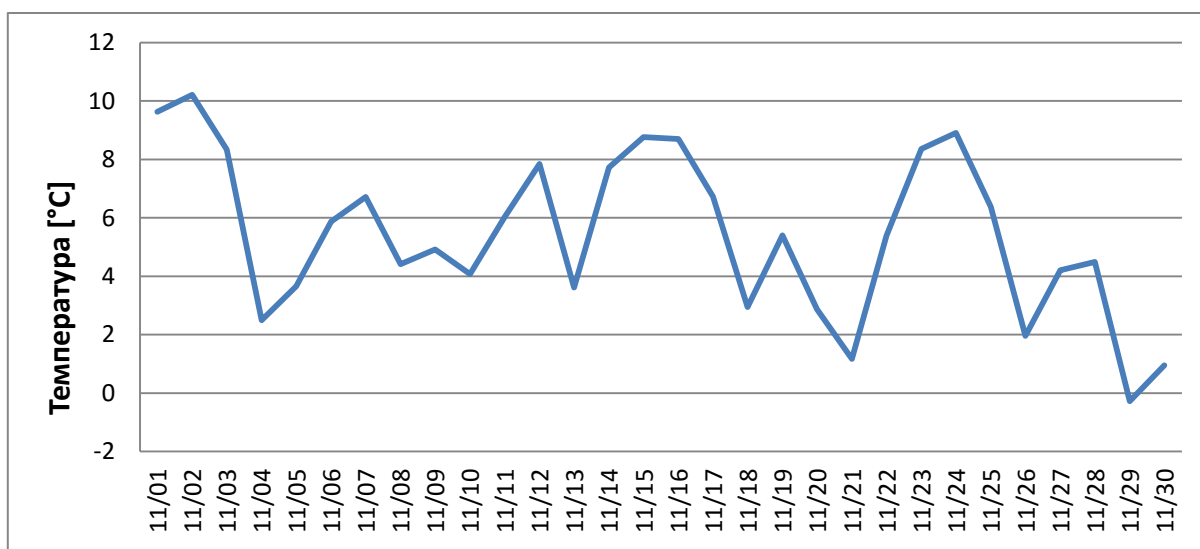
Приказане су спољне температуре за све случајеве при којима су вршена испитивања. Слика 31 показује просечну температуру по месецима током целе грејне сезоне, слике 32, 33, 34, 35, 36, 37 и 38 показују дијаграмске приказе просечних температура по данима за октобар, новембар, децембар, јануар, фебруар, март и април.



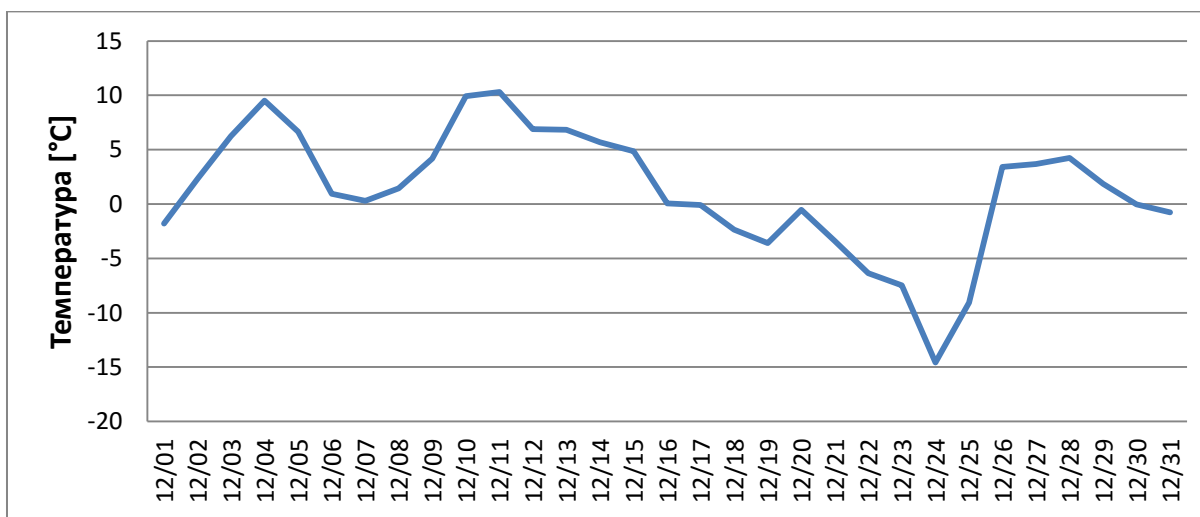
Слика 31 Просечне температуре по месецима током целе грејне сезоне



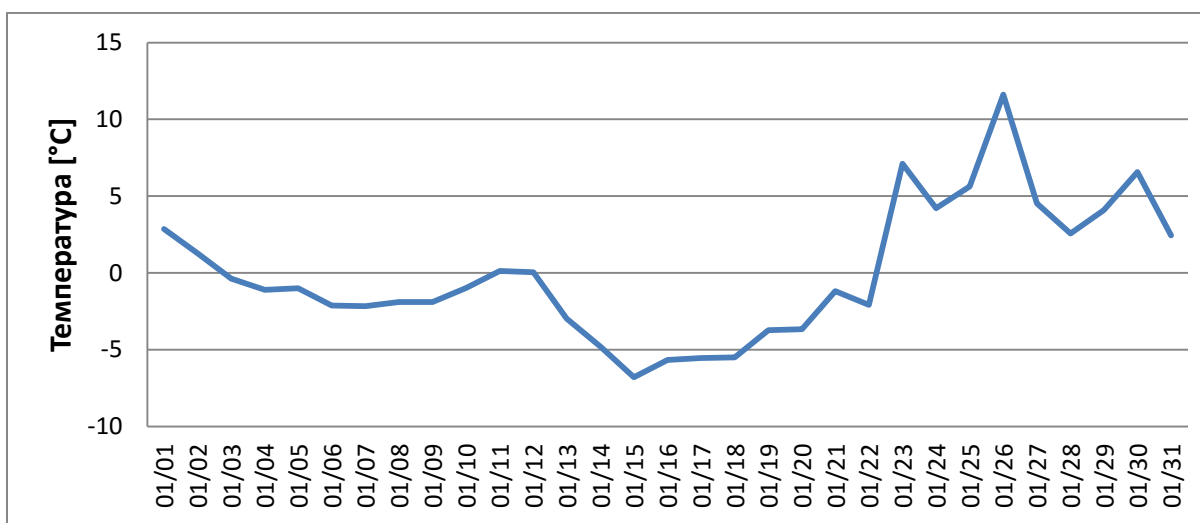
Слика 32 Просечна температура по данима за месец октобар



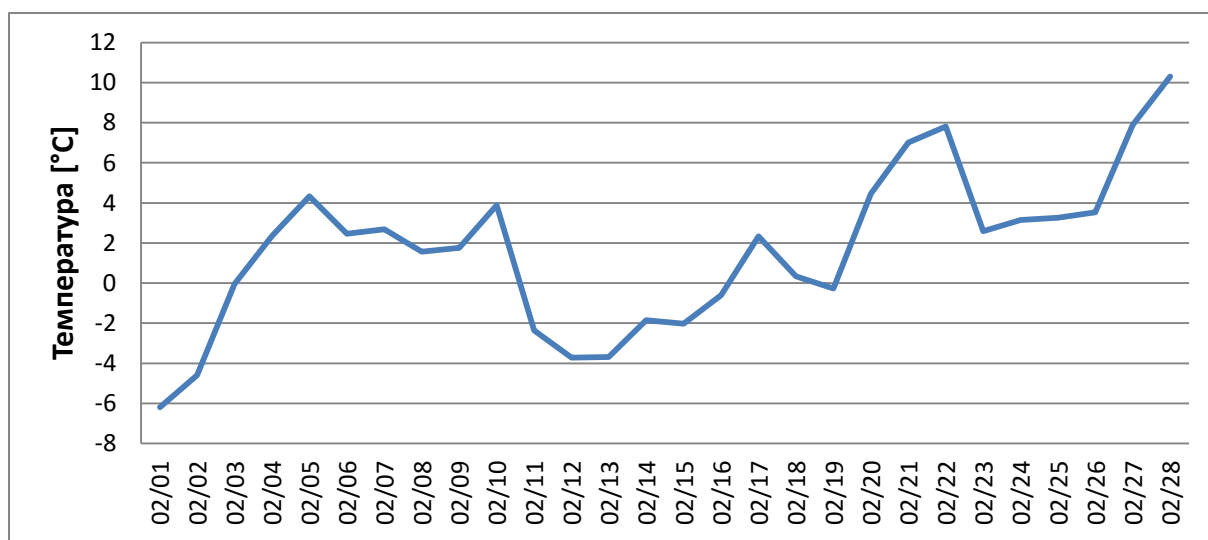
Слика 33 Просечна температура по данима за месец новембар



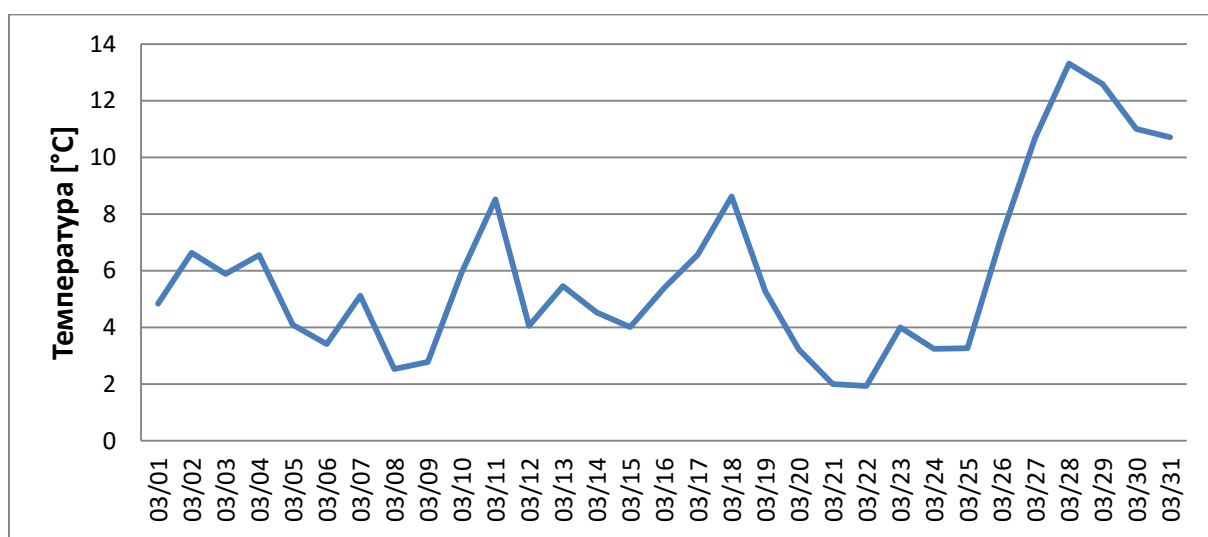
Слика 34 Просечна температура по данима за месец децембар



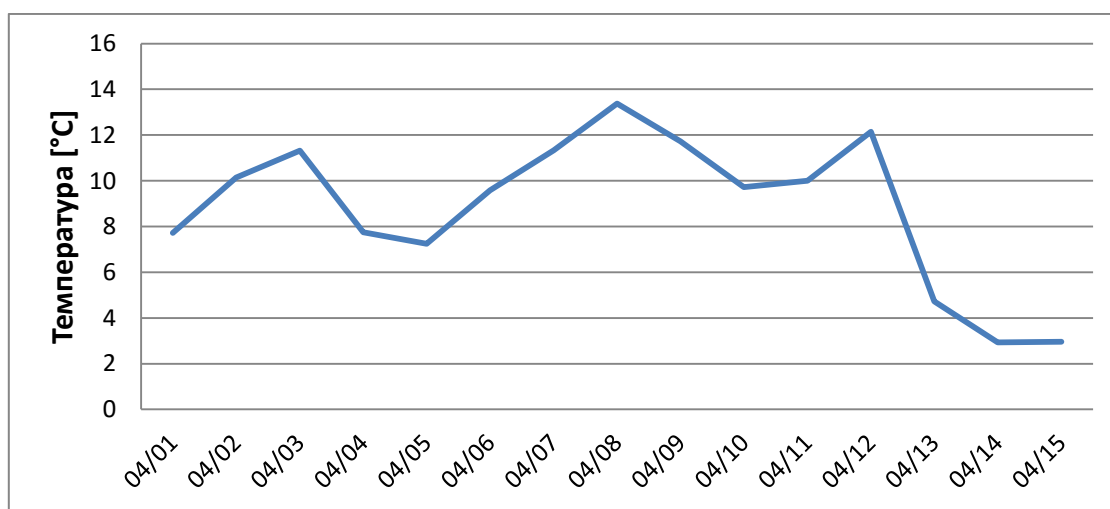
Слика 35 Просечна температура по данима за месец јануар



Слика 36 Просечна температура по данима за месец фебруар



Слика 37 Просечна температура по данима за месец март



Слика 38 Просечна температура по данима за месец април

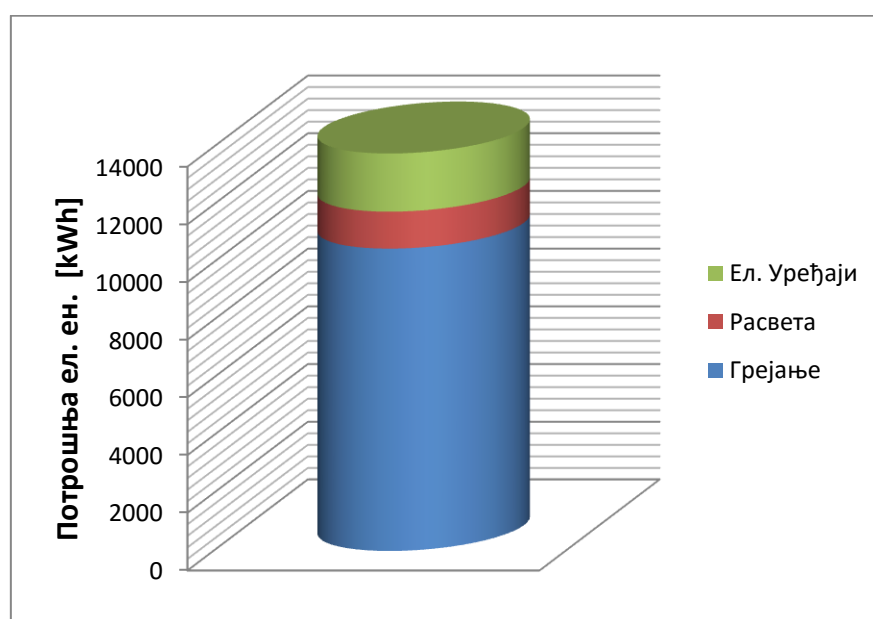
5.2 Резултати симулације објекта без изолације

Резултати након симулације 1 су приказани у табели 10. Приказана је потрошња електричне енергије за грејање, унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и укупна потрошња електричне енергије.

На слици 39 је графички приказ расподеле потрошње електричне енергије (према потребама објекта) у односу на укупну потрошњу електричне енергије.

Табела 10 Потрошња електричне енергије тренутног стања објекта

Потрошачи електричне енергије	Потрошња електричне енергије за целу грејну сезону [kWh]
Грејање	10482
Унутрашње осветљење	1281
Електрични уређаји	2017
Укупно	13780

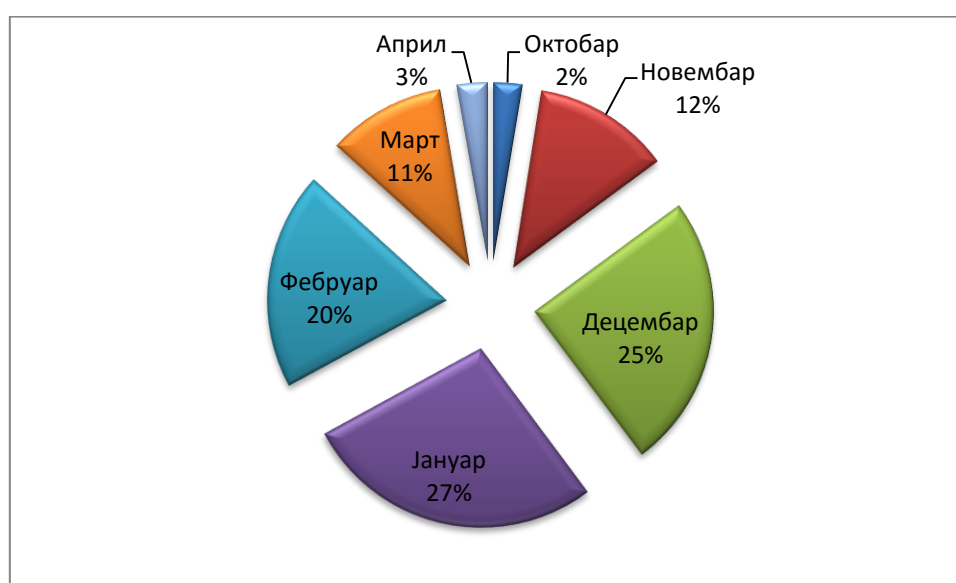


Слика 39 Расподела потрошње електричне енергије према потребама објекта

У следећој табели (табела 11) приказана је потрошња електричне енергије за грејање током грејне сезоне по месецима, а на слици 40 приказана је процентуална месечна расподела потрошње електричне енергије за грејање током грејне сезоне.

Табела 11 Потрошња електричне енергије за грејање објекта

Месец	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh]	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh/m ²]
Октобар	263	2.98
Новембар	1300	14.70
Децембар	2607	29.48
Јануар	2863	32.37
Фебруар	2057	23.26
Март	1115	12.61
Април	277	3.14
Укупно	10482	118.53

**Слика 40** Приказ процентуалне расподеле потрошње ел. енергије за грејање по месецима

Са слике 40 видимо да се највише струје троши у јануару (27% укупне потрошње струје за грејање током грејне сезоне), потом у децембру (25%), а на трећем месту је фебруар (20%). У марту и новембру упола мање (редом 11% и 12%), док се у октобру и априлу трошило доста мање електричне енергије за грејање (редом 2%, 2%).

Разлог зашто је потрошња електричне енергије много мања у априлу и октобру јесте што није цео месец узет за симулацију (већ само половина једног и половина другог), а такође и то да су ти месеци топлији у односу на остале.

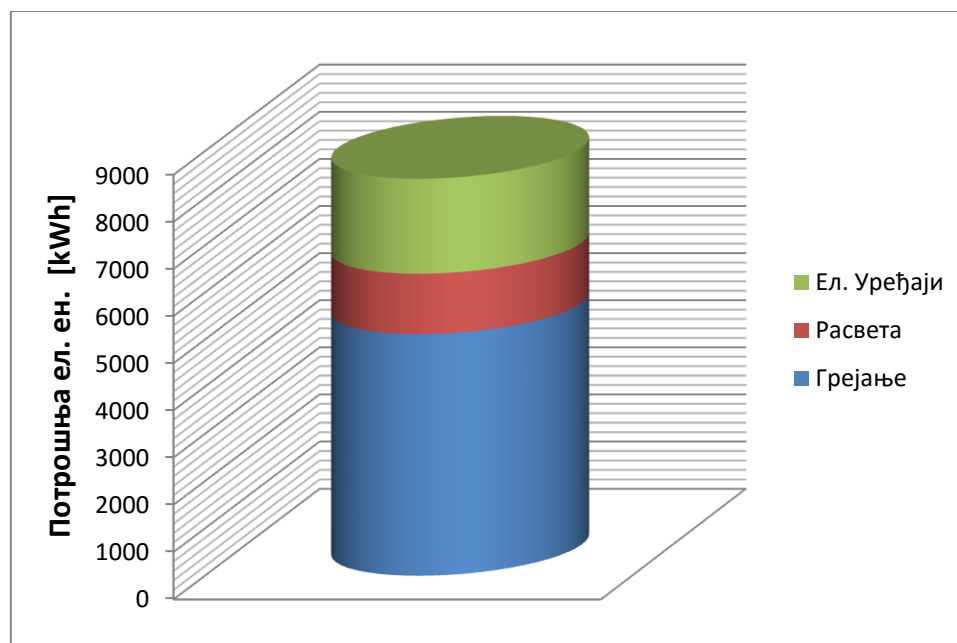
5.3 Резултати симулације након спољашње изолације објекта стиропором 10 cm

Резултати након симулације 2 су приказани у табели 12. Приказана је потрошња електричне енергије за грејање, унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и укупна потрошња електричне енергије.

На слици 41 је графички приказ расподеле потрошње електричне енергије (према потребама објекта) у односу на укупну потрошњу електричне енергије.

Табела 12 Потрошња електричне енергије након спољне изолације стиропором

Потрошачи електричне енергије	Потрошња електричне енергије за целу грејну сезону [kWh]
Грејање	5118
Унутрашње осветљење	1281
Електрични уређаји	2017
Укупно	8415

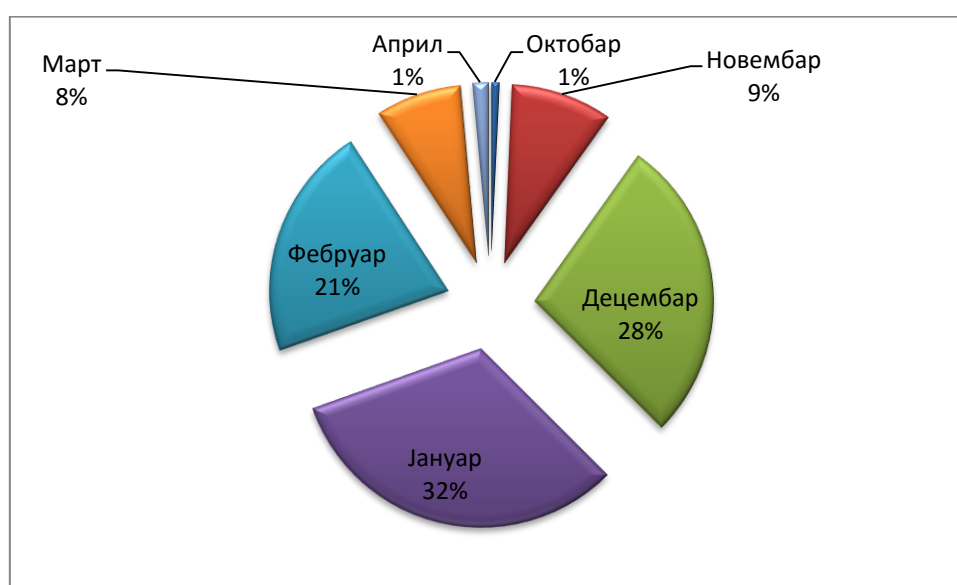


Слика 41 Расподела потрошње електричне енергије према потребама објекта

У следећој табели (табела 13) приказана је потрошња електричне енергије за грејање током грејне сезоне по месецима, а на слици 42 приказана је процентуална месечна расподела потрошње електричне енергије за грејање током грејне сезоне.

Табела 13 Потрошња електричне енергије за грејање објекта

Месец	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh]	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh/m ²]
Октобар	34	0.39
Новембар	468	5.29
Децембар	1414	15.99
Јануар	1643	18.57
Фебруар	1087	12.29
Март	397	4.49
Април	73	0.83
Укупно	5118	57.86

**Слика 42** Приказ процентуалне расподеле потрошње ел. енергије за грејање по месецима

Са слике 42 видимо да се највише струје троши у јануару (32% укупне потрошње струје за грејање током грејне сезоне), потом у децембру (28%), а на трећем месту је фебруар (21%). У марту и новембру упола мање (редом 8% и 9%), док се у октобру и априлу трошило доста мање електричне енергије за грејање (редом 1%, 1%).

Разлог зашто је потрошња електричне енергије много мања у априлу и октобру јесте што није цео месец узет за симулацију (већ само половина једног и половина другог), а такође и то да су ти месеци топлији у односу на остале.

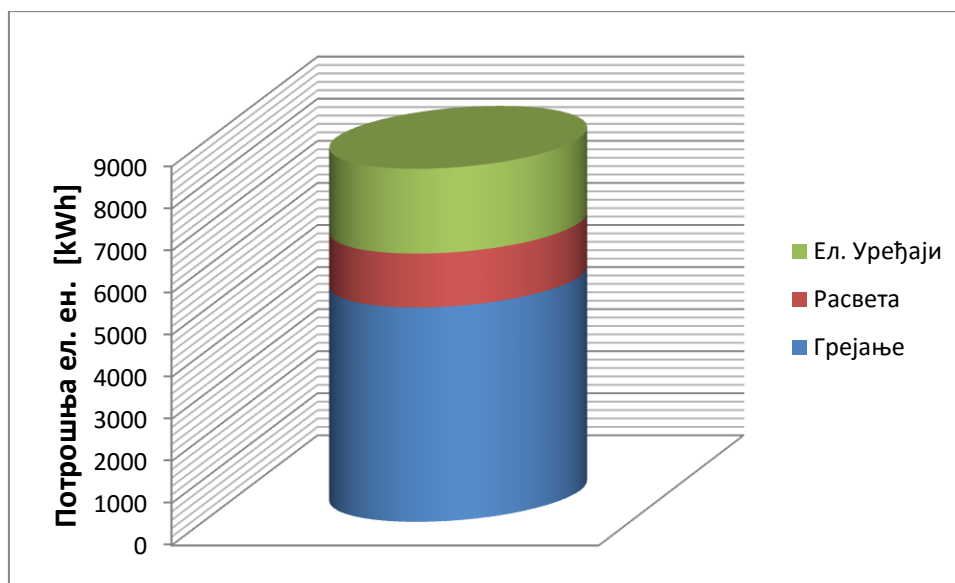
5.4 Резултати симулације након унутрашње изолације објекта стиропором 10 cm

Резултати након симулације 3 су приказани у табели 14. Приказана је потрошња електричне енергије за грејање, унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и укупна потрошња електричне енергије.

На слици 43 је графички приказ расподеле потрошње електричне енергије (према потребама објекта) у односу на укупну потрошњу електричне енергије.

Табела 14 Потрошња електричне енергије након унутрашње изолације стиропором

Потрошачи електричне енергије	Потрошња електричне енергије за целу грејну сезону [kWh]
Грејање	5095
Унутрашње осветљење	1281
Електрични уређаји	2017
Укупно	8393

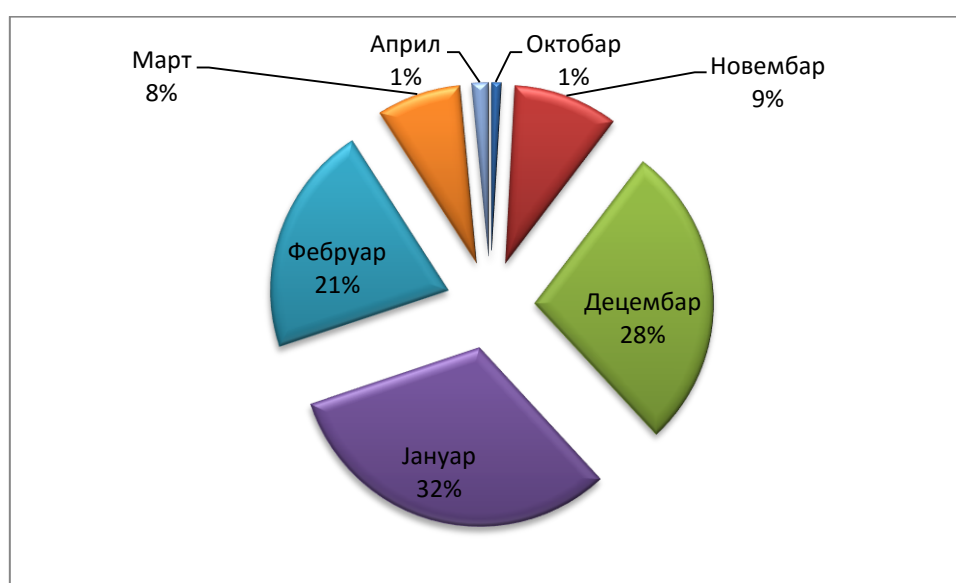


Слика 43 Расподела потрошње електричне енергије према потребама објекта

У следећој табели (табела 15) приказана је потрошња електричне енергије за грејање током грејне сезоне по месецима, а на слици 44 приказана је процентуална месечна расподела потрошње електричне енергије за грејање током грејне сезоне.

Табела 15 Потрошња електричне енергије за грејање објекта

Месец	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh]	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh/m ²]
Октобар	42	0.48
Новембар	484	5.48
Децембар	1415	16.00
Јануар	1618	18.30
Фебруар	1071	12.11
Март	388	4.38
Април	75	0.85
Укупно	5095	57.61



Слика 44 Приказ процентуалне расподеле потрошње ел. енергије за грејање по месецима

Са слике 44 видимо да се највише струје троши у јануару (32% укупне потрошње струје за грејање током грејне сезоне), потом у децембру (28%), а на трећем месту је фебруар (21%). У марту и новембру упола мање (редом 8% и 9%), док се у октобру и априлу трошило доста мање електричне енергије за грејање (редом 1%, 1%).

Разлог зашто је потрошња електричне енергије много мања у априлу и октобру јесте што није цео месец узет за симулацију (већ само половина једног и половина другог), а такође и то да су ти месеци топлији у односу на остале.

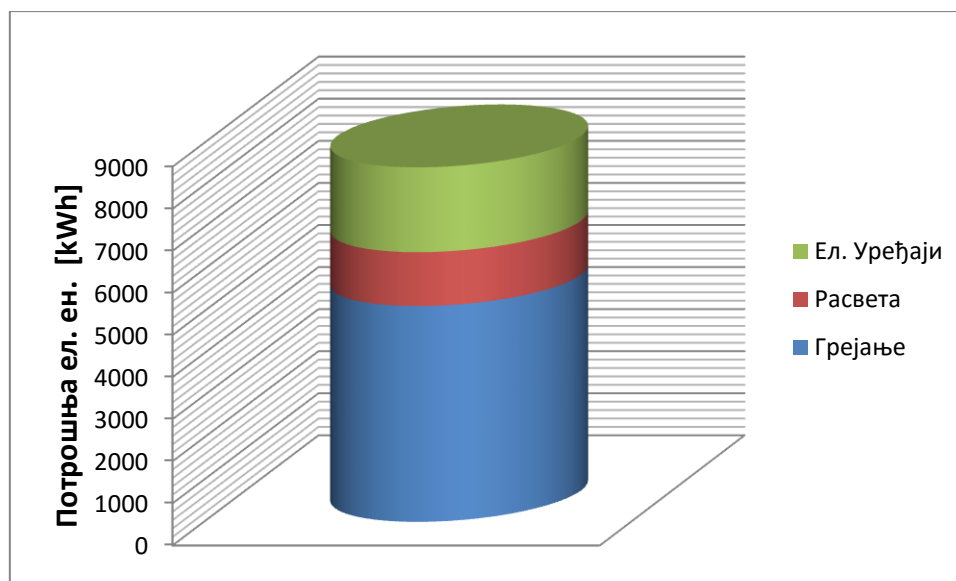
5.4 Резултати симулације након изолације објекта сендвич зидом

Резултати након симулације 4 су приказани у табели 16. Приказана је потрошња електричне енергије за грејање, унутрашње осветљење, електричне уређаје, као и укупна потрошња електричне енергије.

На слици 45 је графички приказ расподеле потрошње електричне енергије (према потребама објекта) у односу на укупну потрошњу електричне енергије.

Табела 16 Потрошња електричне енергије након спољне изолације стиропором

Потрошачи електричне енергије	Потрошња електричне енергије за целу грејну сезону [kWh]
Грејање	5129
Унутрашње осветљење	1281
Електрични уређаји	2017
Укупно	8427

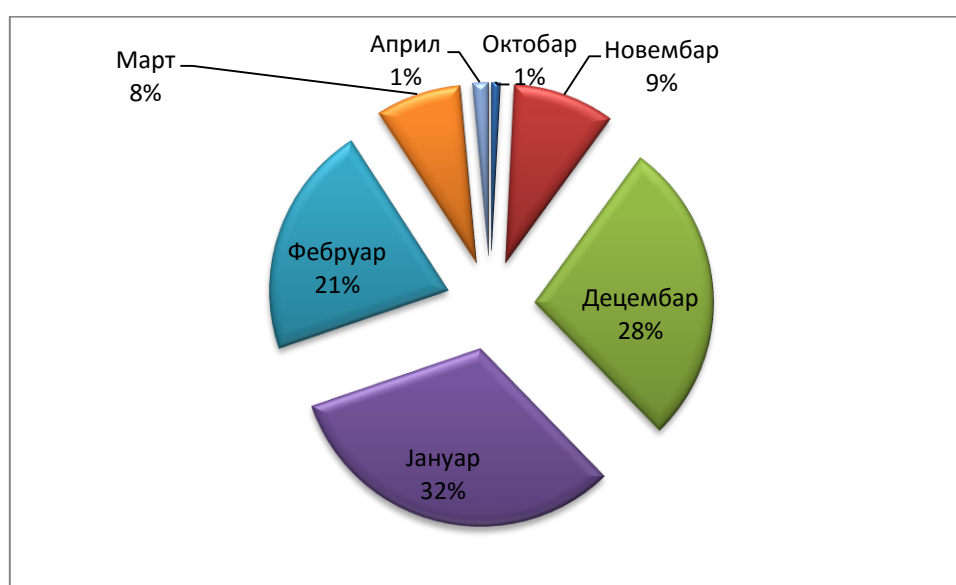


Слика 45 Расподела потрошње електричне енергије према потребама објекта

У следећој табели (табела 17) приказана је потрошња електричне енергије за грејање током грејне сезоне по месецима, а на слици 46 приказана је процентуална месечна расподела потрошње електричне енергије за грејање током грејне сезоне.

Табела 17 Потрошња електричне енергије за грејање објекта

Месец	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh]	Потрошња електричне енергије за грејање [kWh/m ²]
Октобар	37	0.42
Новембар	478	5.40
Децембар	1423	16.09
Јануар	1639	18.53
Фебруар	1086	12.28
Март	393	4.44
Април	74	0.83
Укупно	5129	58.00

**Слика 46** Приказ процентуалне расподеле потрошње ел. енергије за грејање по месецима

Са слике 46 видимо да се највише струје троши у јануару (32% укупне потрошње струје за грејање током грејне сезоне), потом у децембру (28%), а на трећем месту је фебруар (21%). У марту и новембру упола мање (редом 8% и 9%), док се у октобру и априлу трошило доста мање електричне енергије за грејање (редом 1%, 1%).

Разлог зашто је потрошња електричне енергије много мања у априлу и октобру јесте што није цео месец узет за симулацију (већ само половина једног и половина другог), а такође и то да су ти месеци топлији у односу на остале.

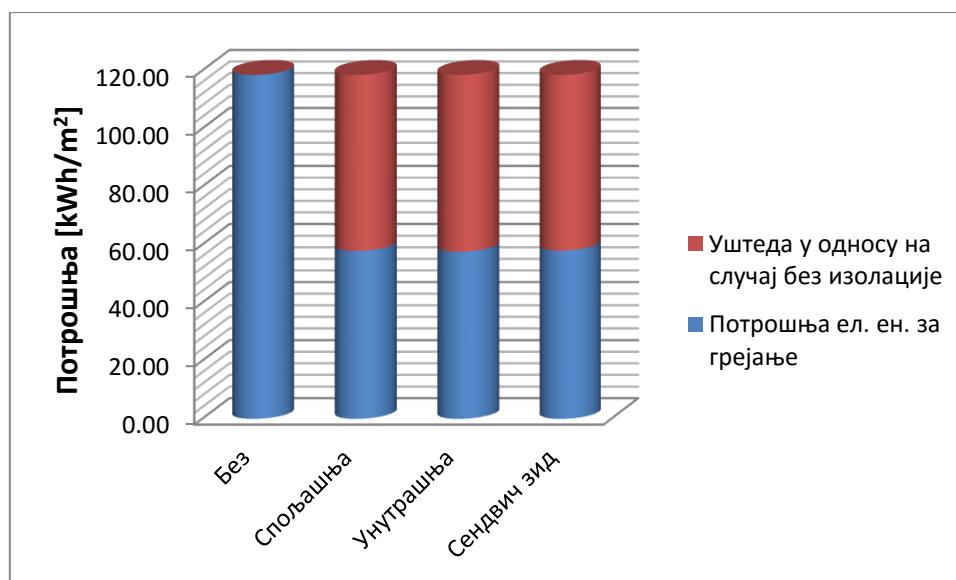
5.5 Упоредивање добијених резултата

На основу добијених резултата потрошње електричне енергије за грејање за грејни период (табела 11, табела 13, табела 15 и табела 17), приказана је табела 18, где су упоређене вредности потрошње електричне енергије за грејање током грејне сезоне (kWh/m^2) у зависности од врсте изолације.

Поред тога што је приказана упоредна потрошња (kWh/m^2) електричне енергије за грејање за грејну сезону, у табели 18, приказана је и уштеда електричне енергије у односу на кућу без изолације (почетно стање), што је графички приказано и на слици 47.

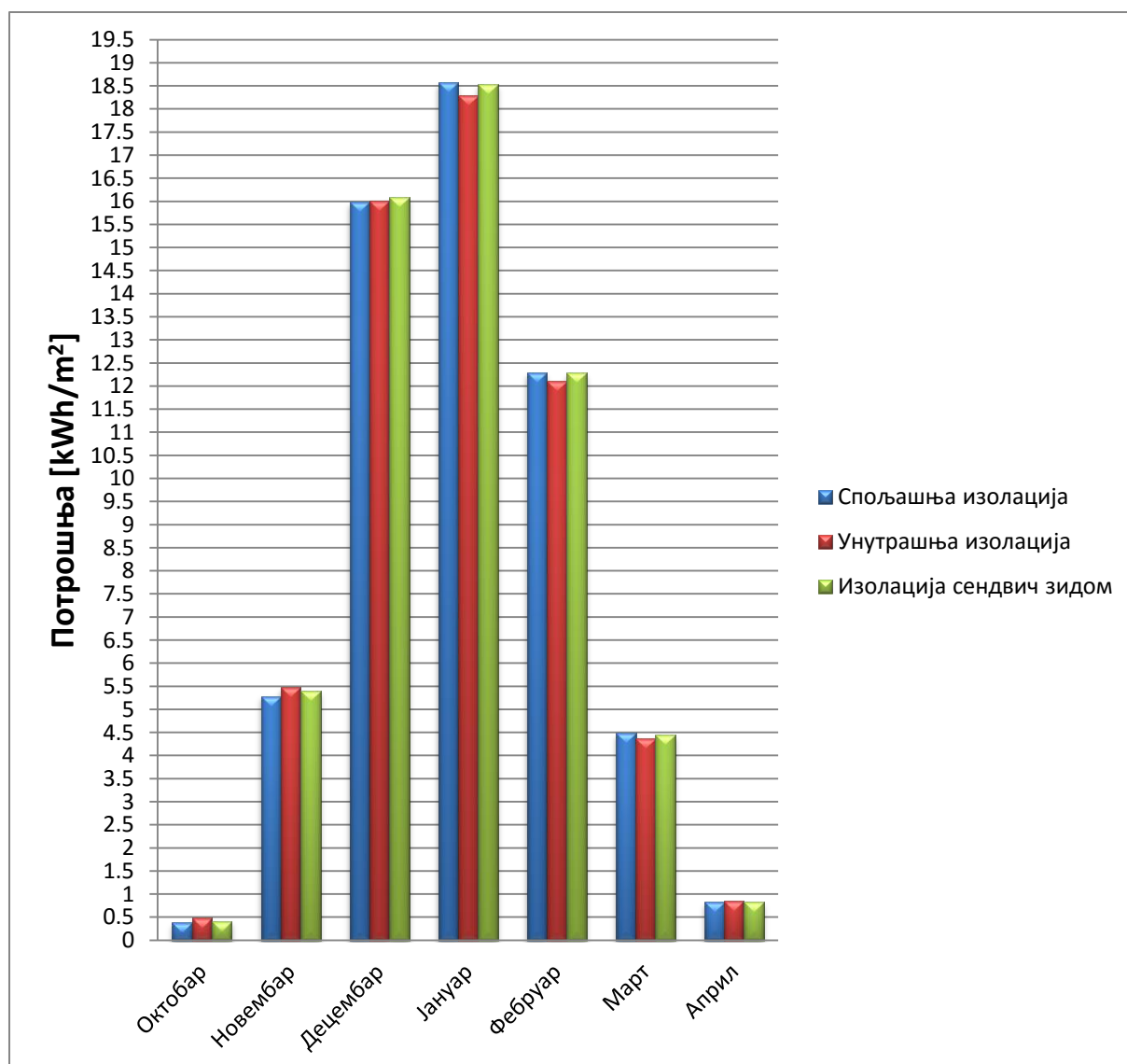
Табела 18 Потрошња електричне енергије за грејање објекта

Изолација	Потрошња ел. ен. за грејање [kWh/m^2]	Уштеда у односу на случај без изолације [kWh]	Уштеда у односу на случај без изолације [%]
Без	118.53	0	0
Спољашња	57.86	60.67	51.2
Унутрашња	57.61	60.92	51.4
Сендвич зид	58	60.53	51.1



Слика 47 Приказ потрошње и уштеде електричне енергије за грејање све случајеве

На основу табела 11, 13, 15 и 17 које показују месечну и укупну потрошњу електричне енергије за грејање током сезоне, формирана је слика 48 на којој се може упоредити потрошња у зависности од врсте изолације. Приказани су случајеви када је у питању спољашња изолација, унутрашња изолација и изолација сендвич зидом.



Слика 48 Поређење потрошње енергије за грејање по месецима (kWh/m^2) у зависности од врсте изолације

На основу слике 48 се види да је разлика потрошње електричне енергије за грејање по месецима минимална, када су у питању различите изолације.

Уколико се постави спољашња изолација стиропором од 10 cm остварује се највећа уштеда током октобра, новембра и априла који су нешто топлији у односу на остале месеце у грејној сезони, у односу на унутрашњу изолацију, као и изолацију сендвич зидом.

Када је у питању унутрашња изолација стиропором 10 cm, остварује се највећа уштеда током најхладнијих месеци у грејној сезони, а то су јануар, фебруар и март, у односу на остале случајеве изолације.

Када се ради о сендвич зиду стиропором од 10 cm са унутрашње и спољашње стране, добија се неко средње решење за скоро све месеце.

5.6 Резултати симулације током одређених периода

Видели смо да је за све случајеве изолације потрошња готово иста, када се гледају резултати за целу сезону. Како би се уочила разлика између изолација неопходно је одрадити симулације за одређене периоде и то када су у питању нагли пад и нагли пораст температуре.

Са слике 33 се види да је један од највећих наглих падова температуре у периоду од 02. до 06. новембра., а са слике 35 да је један од највећих наглих пораста температуре у периоду од 22. до 26 јануара, па је поређење одрађено управо за та два периода.

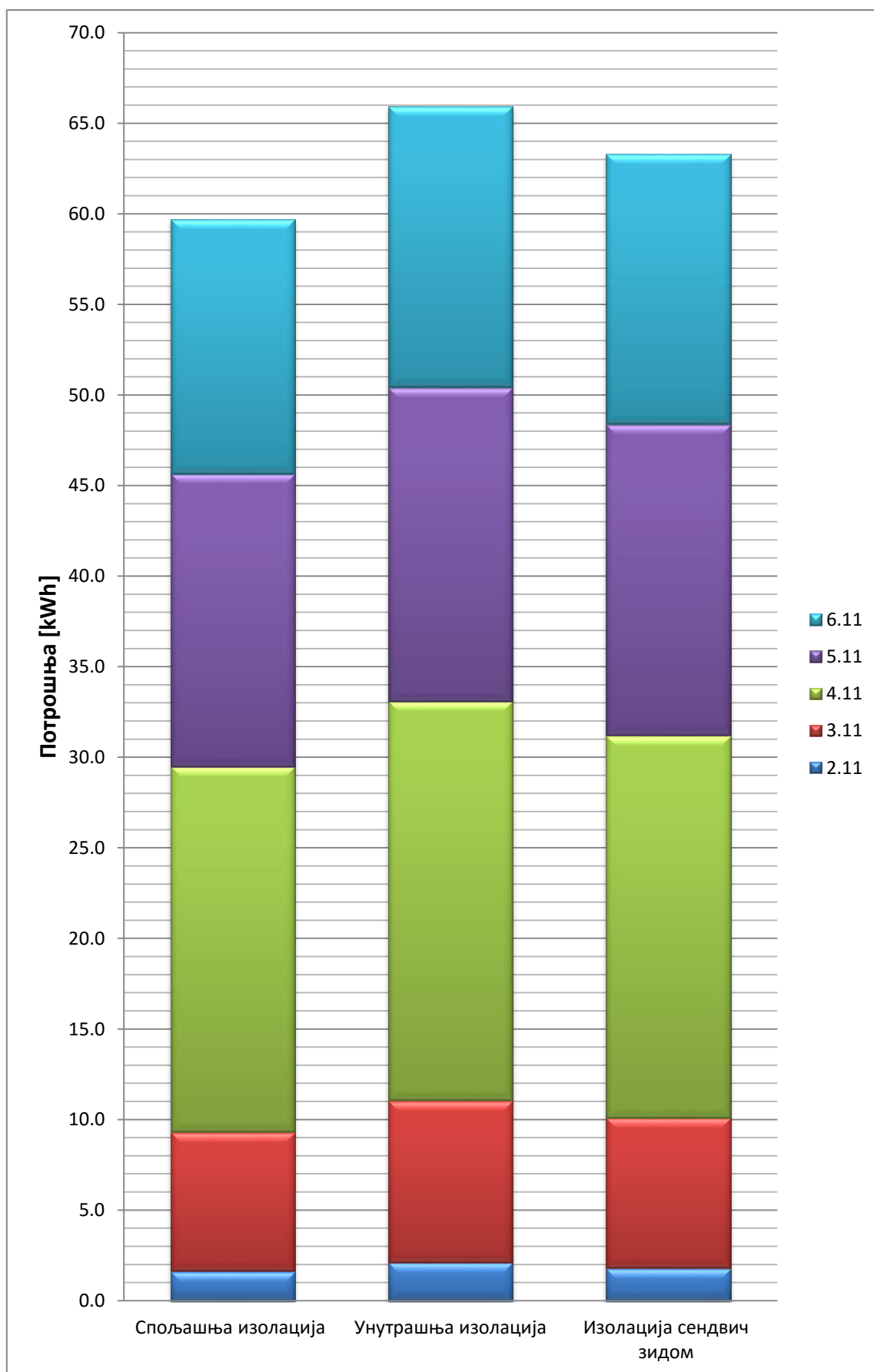
Након симулација 5, 6, 7 и 8, у табелама 19 и 20 су приказане потрошње енергије за грејање током периода наглог пада и наглог пораста температуре, а на сликама 49 и 50 графички прикази исте потрошње, ради лакшег поређења.

Табела 19 Потрошња ел. ен. за грејање током наглог пада температуре

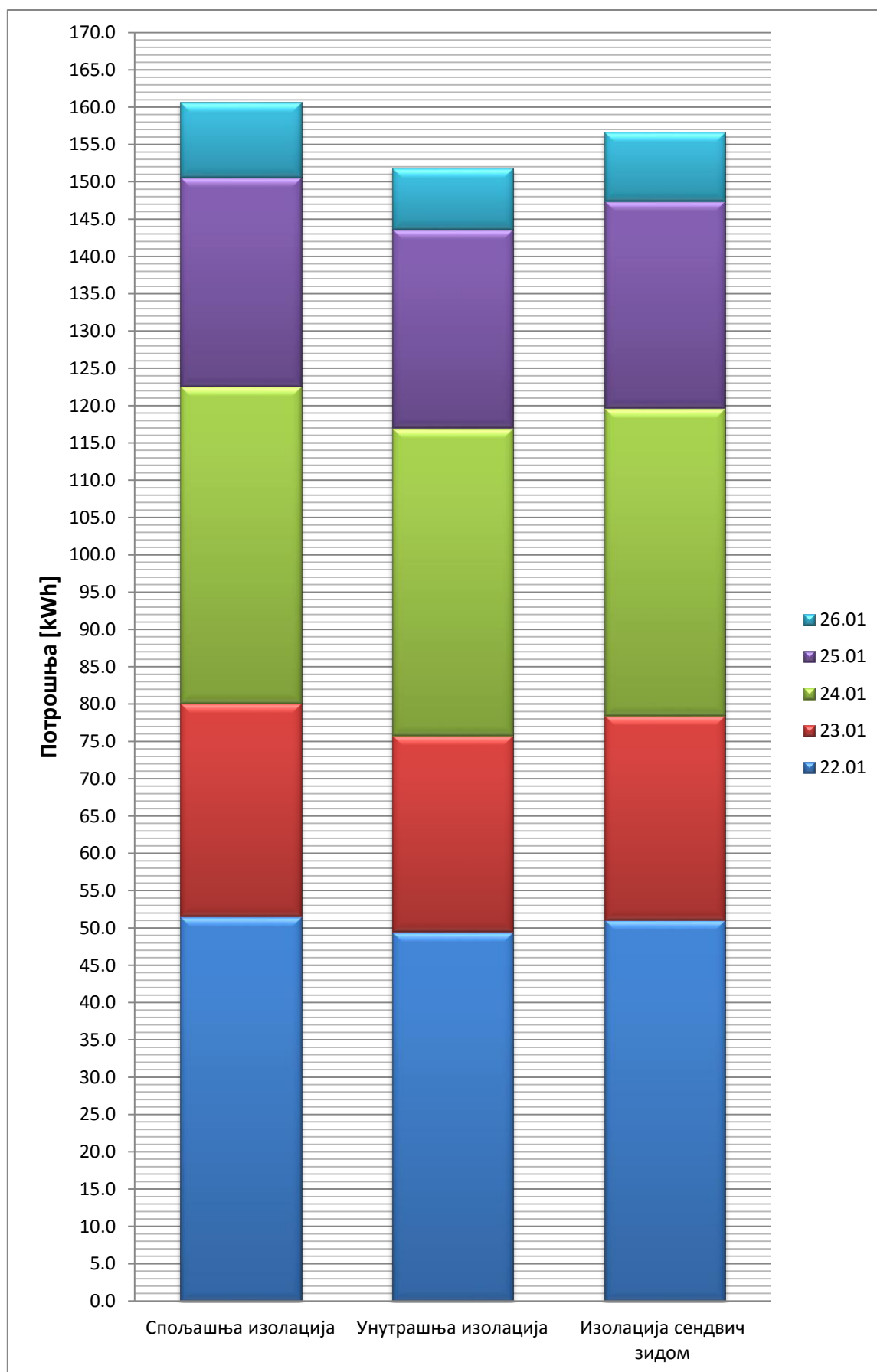
Месец / Дан	Спољашња изолација [kWh]	Унутрашња изолација [kWh]	Изолација сендвич зидом [kWh]
11/02	1.6	2.1	1.8
11/03	7.7	8.9	8.3
11/04	20.2	22.1	21.1
11/05	16.2	17.3	17.2
11/06	14.1	15.5	14.9

Табела 20 Потрошња ел. ен. за грејање током наглог пораста температуре

Месец / Дан	Спољашња изолација [kWh]	Унутрашња изолација [kWh]	Изолација сендвич зидом [kWh]
01/22	51.6	49.5	51.1
01/23	28.5	26.4	27.4
01/24	42.5	41.1	41.2
01/25	28.0	26.7	27.7
01/26	10.1	8.3	9.3



Слика 49 Приказ потрошње ел. ен. за грејање током периода наглог пада температуре



Слика 50 Приказ потрошње ел. ен. за грејање током периода наглог пораста температуре

5.7 Промена унутрашње и спољашње температуре зида током одређених периода

Након симулација 5, 6, 7 и 8, у табелама 21 и 22 су приказане просечне дневне температуре унутрашње и спољашње стране зида у дневној соби, који је окренут ка јужној страни, за све случајеве изолације, током периода наглог пада температуре, односно током периода наглог пораста температуре.

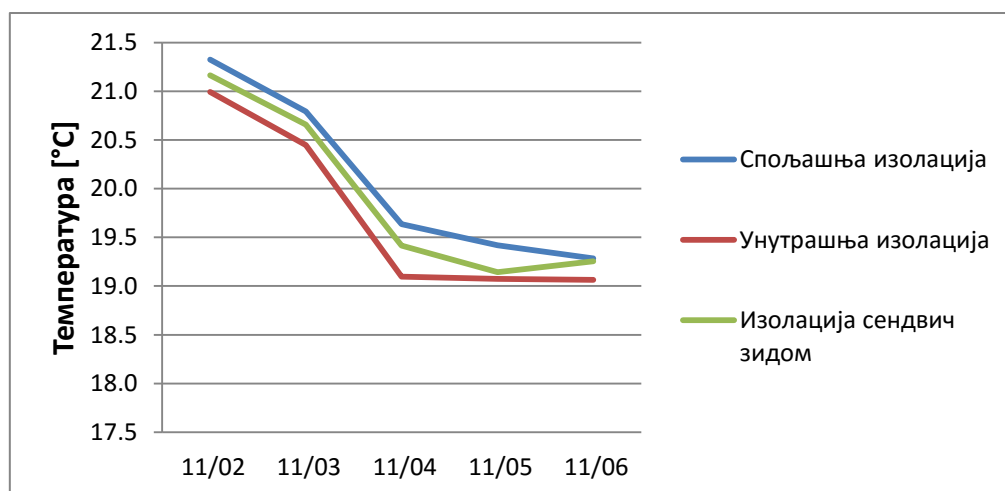
Табела 21 Температуре на спољашњој и унутрашњој страни зида за све случајеве изолације током наглог пада температуре

Месец/ дан	Спољашња изолација - температура зида [°C]		Унутрашња изолација - температура зида [°C]		Сендвич зид - температура зида [°C]	
	Унутрашња страна	Спољашња страна	Унутрашња страна	Спољашња страна	Унутрашња страна	Спољашња страна
11/02	21.3	12.1	21.0	12.3	21.2	12.0
11/03	20.8	9.2	20.4	9.6	20.7	9.5
11/04	19.6	2.5	19.1	3.4	19.4	3.0
11/05	19.4	10.6	19.1	9.8	19.1	10.2
11/06	19.3	9.0	19.1	9.1	19.3	9.1

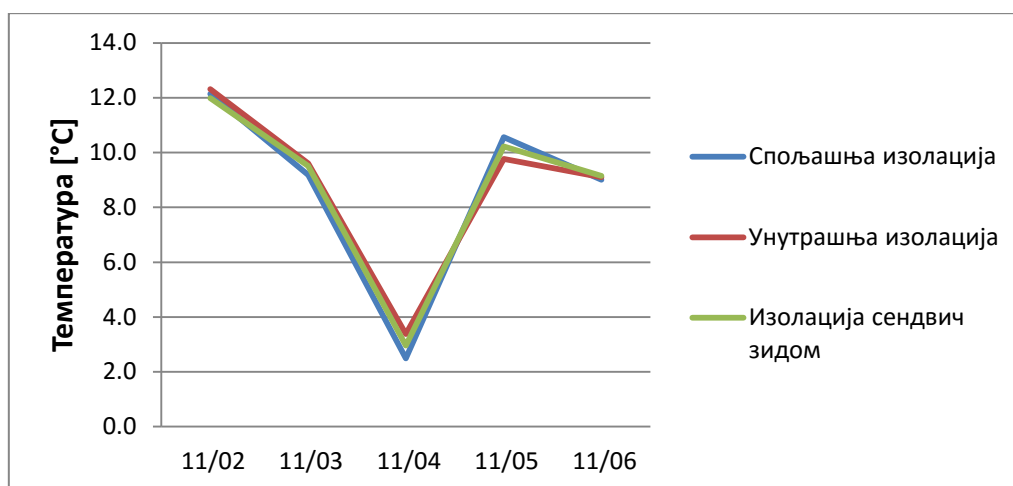
Табела 22 Температуре на спољашњој и унутрашњој страни зида за све случајеве изолације током наглог пораста температуре

Месец/ дан	Спољашња изолација [°C] - температура зида [°C]		Унутрашња изолација - температура зида [°C]		Сендвич зид - температура зида [°C]	
	Унутрашња страна	Спољашња страна	Унутрашња страна	Спољашња страна	Унутрашња страна	Спољашња страна
01/22	16.9	9.8	17.1	8.9	17.0	9.8
01/23	17.8	13.0	18.3	12.6	18.3	13.2
01/24	18.2	3.7	18.5	5.0	18.6	4.7
01/25	18.0	10.6	18.0	9.6	18.0	9.6
01/26	19.1	20.5	19.6	19.0	19.3	20.1

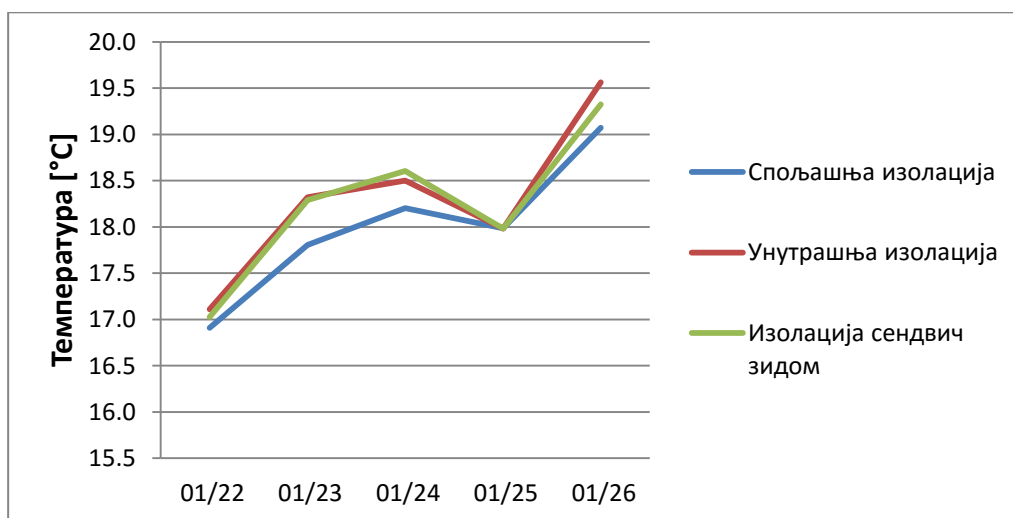
На основу табела 21 и 22 формиран су дијаграми који су приказани сликама 51, 52, 53 и 54. Сlike показују, редом, просечну дневну промену температуре зида током наглог пада температуре са унутрашње стране зида, спољашње стране зида, затим просечну дневну промену температуре током наглог пораста температуре са унутрашње стране зида и са спољашње стране зида.



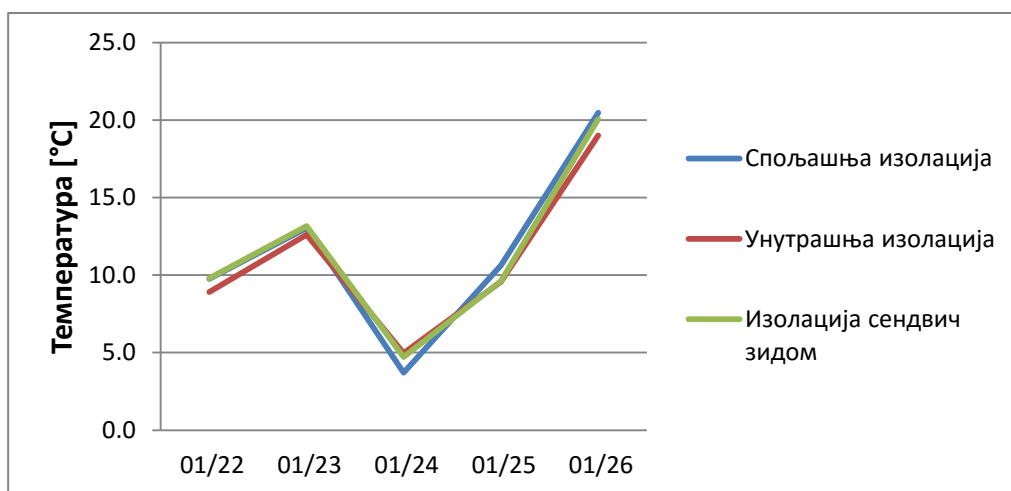
Слика 51 Температуре на унутрашњој страни зида током наглог пада температуре



Слика 52 Температуре на спољашњој страни зида током наглог пада температуре



Слика 53 Температуре на унутрашњој страни зида током наглог пораста температуре

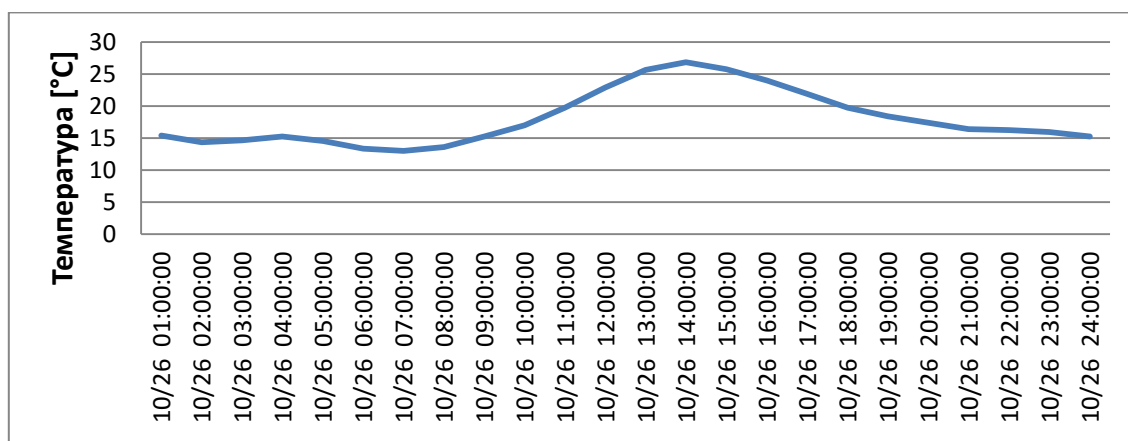


Слика 54 Температуре на спољашњој страни зида током наглог пораста температуре

Са претходних дијаграма се може видети да при наглим променама температуре, тј. при наглом паду спољне температуре, температура са унутрашње стране зида је највећа када је објекат изолован са спољашње стране, док при наглом порасту температуре, температура са унутрашње стране зида је највећа када је објекат изолован са унутрашње стране. Сендвич зид у оба случаја представља средње решење.

5.8 Поређење промена температуре по просторијама током најхладнијег дана

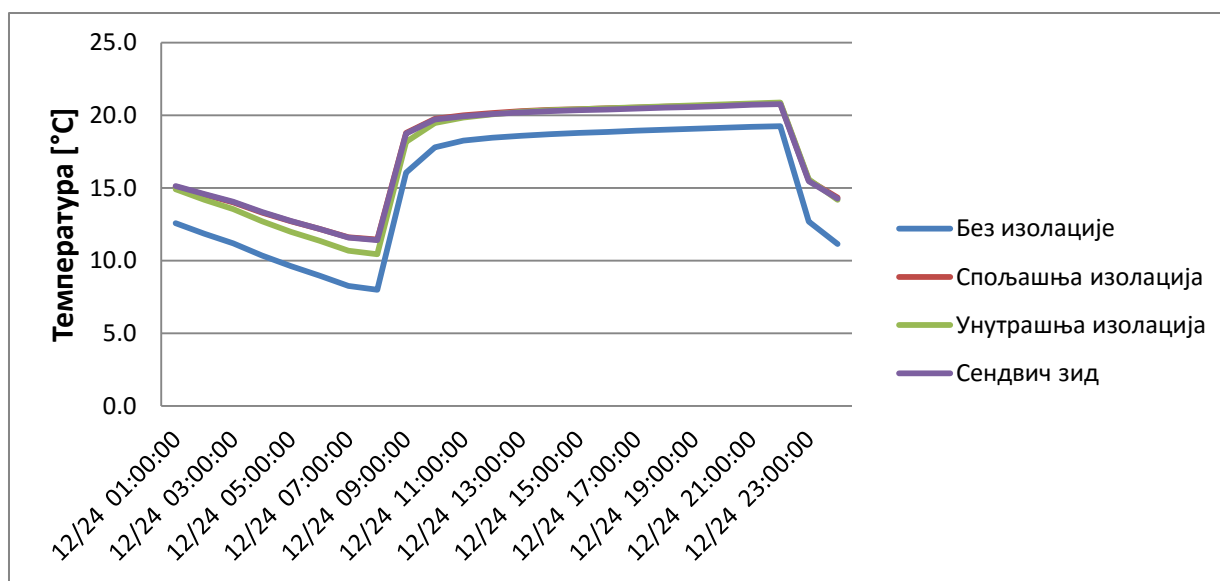
У табели 23, са називима просторија као у EnergyPlus-у, приказана је промена температуре у Дневној Соби 1 и Спаваћој Соби 1 током најхладнијег дана у сезони (24.12.), након симулација 9, 10, 11 и 12. Спољна температура током најхладнијег дана у сезони је приказана на слици 55. Помоћу табеле 23 формиране су слике 56 и 57 ради лакшег прегледа резултата.



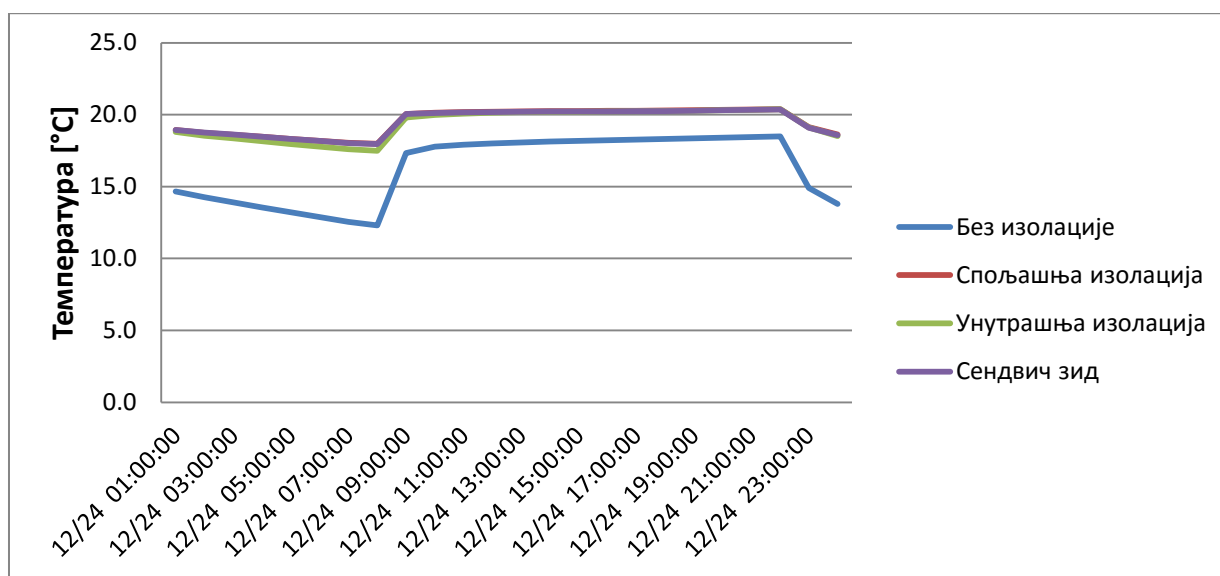
Слика 55 Часовна промена температуре током најхладнијег дана у грејној сезони

Табела 23 Часовна промена температуре током најхладнијег дана у сезони у Дневној Соби 1 и Спаваћој Соби 1.

Датум/Време	Без изолације [°C]		Спољашња изолација [°C]		Унутрашња изолација [°C]		Сендвич зид [°C]	
	Дневна Соба1	Спаваћа Соба1	Дневна Соба1	Спаваћа Соба1	Дневна Соба1	Спаваћа Соба1	Дневна Соба1	Спаваћа Соба1
12/24 01:00:00	12.6	14.7	15.1	18.9	14.9	18.8	15.1	18.9
12/24 02:00:00	11.8	14.3	14.5	18.7	14.2	18.5	14.6	18.8
12/24 03:00:00	11.2	13.9	14.0	18.6	13.5	18.3	14.1	18.6
12/24 04:00:00	10.3	13.6	13.3	18.5	12.7	18.1	13.3	18.5
12/24 05:00:00	9.6	13.2	12.7	18.3	12.0	18.0	12.7	18.3
12/24 06:00:00	9.0	12.9	12.2	18.2	11.4	17.8	12.2	18.2
12/24 07:00:00	8.3	12.6	11.6	18.0	10.7	17.6	11.6	18.0
12/24 08:00:00	8.0	12.3	11.5	18.0	10.4	17.5	11.4	18.0
12/24 09:00:00	16.0	17.3	18.8	20.1	18.2	19.8	18.7	20.0
12/24 10:00:00	17.8	17.8	19.7	20.1	19.5	20.0	19.7	20.1
12/24 11:00:00	18.3	17.9	20.0	20.2	19.8	20.1	19.9	20.2
12/24 12:00:00	18.5	18.0	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1	20.2
12/24 13:00:00	18.6	18.1	20.3	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
12/24 14:00:00	18.7	18.1	20.4	20.3	20.3	20.2	20.3	20.2
12/24 15:00:00	18.8	18.2	20.4	20.3	20.4	20.2	20.3	20.2
12/24 16:00:00	18.9	18.2	20.5	20.3	20.5	20.2	20.4	20.2
12/24 17:00:00	18.9	18.3	20.5	20.3	20.5	20.2	20.5	20.2
12/24 18:00:00	19.0	18.3	20.6	20.3	20.6	20.3	20.5	20.3
12/24 19:00:00	19.1	18.4	20.6	20.3	20.7	20.3	20.6	20.3
12/24 20:00:00	19.1	18.4	20.7	20.3	20.7	20.3	20.6	20.3
12/24 21:00:00	19.2	18.5	20.8	20.4	20.8	20.3	20.7	20.3
12/24 22:00:00	19.3	18.5	20.8	20.4	20.9	20.4	20.8	20.4
12/24 23:00:00	12.7	14.9	15.5	19.1	15.6	19.1	15.5	19.1
12/24 24:00:00	11.1	13.8	14.3	18.6	14.2	18.5	14.3	18.6



Слика 56 Часовна промена температуре у Дневној Соби 1 током најхладнијег дана у грејној сезони (24.12.)



Слика 57 Часовна промена температуре у Спаваћој Соби 1 током најхладнијег дана у грејној сезони (24.12.)

6 ПЕРИОД ОТПЛАТЕ

Пошто се остварује готово иста уштеда током целе сезоне без обзира на врсту изолације, а укупна улагања су, такође, скоро иста за све случајеве, рађен је период отплате само за један случај, и то за постављање спољашње изолације (стиропор 10 cm). Да би се израчунао период отплате постављања спољашње изолације потребно је знати све трошкове уграђе, као и остварену уштеду у динарима након постављене изолације. У табели 24 су приказани сви инвестициони трошкови.

Табела 24 Укупна улагања за спољашњу изолацију 10 cm [13]

Материјали	Количина [m ² /ком]	Цена по комаду/квадрату [дин]	Укупан износ [дин]
Стиропор 10 cm	220 m ²	400	88000
Стиропор 5 cm	40 m ²	200	8000
Стиропор 2 cm	40 m ²	100	4000
Лепак	147 џакова (25kg)	490	72030
Мрежица	335 m ²	65	21775
Подлога	3 канте (25kg)	3100	9300
Силиконски загладни малтер (боја)	37 канти (25kg)	2800	103600
Почетна лајсна	32 ком (2 m)	150	4800
Угаона лајсна	70 ком (2.5 m)	65	4550
Лучна лајсна	4 ком (2.5 m)	200	800
Окапна лајсна	10 ком (2.5 m)	200	2000
Типли (јелка) 15 cm	600 ком.	4	2400
Типли (јелка) 10 cm	200 ком.	2	400
Типли (гужвајући)	120 ком.	3	360
Трошкови израде	300 m ²	600	180000
Укупно			502015

У табели 25 је приказана укупна потрошња електричне енергије по месецима пре постављања спољне изолације, и та иста потрошња подељена на нижу и на вишу тарифу. Електрична енергија се троши 75% у вишој тарифи и 25% у нижој.

Табела 25 *Укупна потрошња електричне енергије, пре уградње изолације, по тарифама*

Месец	Без спољнашње изолације - укупно [kWh]	Виша тарифа [kWh]	Нижа тарифа [kWh]
Октобар	570	427	142
Новембар	1840	1380	460
Децембар	3166	2374	791
Јануар	3421	2566	855
Фебруар	2561	1921	640
Март	1674	1255	418
Април	548	411	137
Укупно	13780	10335	3445

Табела 26 показује укупну потрошњу електричне енергије по месецима након постављања спољашње изолације, овде је такође приказана потрошња подељена на нижу и на вишу тарифу.

Табела 26 *Укупна потрошња електричне енергије након уградње спољашње изолације (стиропор 10 cm)*

Месец	Спољашња изолација стиропором 10 cm - укупно [kWh]	Виша тарифа [kWh]	Нижа тарифа [kWh]
Октобар	341	256	85
Новембар	1009	757	252
Децембар	1973	1480	493
Јануар	2201	1651	151
Фебруар	1592	1194	398
Март	956	717	239
Април	343	258	86
Укупно	8415	6311	2104

При претварању ових вредности у динаре коришћен је “online” калкулатор за домаћинства који је приказан на слици 58.

www.elektrosrbija.rs/kalkulator/latinica.htm

Broj dana obračunskog perioda:

Vrsta brojila:

Potrošeno kWh:

Vrsta priključka: Odobrena snaga (kW):

Popust 5%: ☐ ostvarujete popust 5% za redovno plaćanje

kWh Din/kWh Ukupno (Din)

ZELENA ZONA	Viša tarifa:
	Niža tarifa:
PLAVA ZONA	Viša tarifa:
	Niža tarifa:
CRVENA ZONA	Viša tarifa:
	Niža tarifa:

Obračunska snaga:

Trošak javnog snabdevača:

Naknada za OIE:

Osnovica za obračun akcize:

Iznos akcize (7.5%):

Osnovica za obračun PDV-a:

PDV (20%):

UKUPNO ZA EL. ENERGIJU:

Popust za el. energiju:

Слика 58 “online” калкулатор потрошње за домаћинства [14]

Табеле 27 и 28 показују потрошњу у динарима пре уградње, односно након уградње спољне изолације (стиропор 10 cm).

Табела 27 Укупна потрошња у динарима пре уградње изолације

Месец	Укупно [kWh]	Зелена зона [kWh]		Плава зона [kWh]		Црвена зона [kWh]		Укупно [дин]
		Виша тарифа	Нижа тарифа	Виша тарифа	Нижа тарифа	Виша тарифа	Нижа тарифа	
Октобар	570	263	87	164	55			4368.92
Новембар	1840	263	87	938	313	179	60	17875.04
Децембар	3166	263	87	938	312	1173	392	41483.17
Јануар	3421	263	87	938	313	1365	456	46043.12
Фебруар	2561	262	88	938	312	720	241	30724.52
Март	1674	263	87	938	312	54	19	14907.19
Април	548	263	87	151	51			4214.46
Укупно	13780							159616.42

Табела 28 Укупна потрошња у динарима након уградње спољне изолације (стиропор 10 cm)

Месец	Укупно [kWh]	Зелена зона [kWh]		Плава зона [kWh]		Црвена зона [kWh]		Укупно [дин]
		Виша тарифа	Нижа тарифа	Виша тарифа	Нижа тарифа	Виша тарифа	Нижа тарифа	
Октобар	341	256	85					2351.86
Новембар	1009	263	87	494	165			8314.02
Децембар	1973	263	87	938	312	279	94	20250.89
Јануар	2201	263	87	938	312	450	151	24312.08
Фебруар	1592	263	87	931	311			13539.25
Март	956	263	87	455	152			7847.78
Април	343	259	86					2375.93
Укупно	8415							78991.81

Уштеда у динарима се добије када се одузме укупна потрошња електричне енергије у динарима пре и након уградње изолације и она износи 80624.61 динара.

Коначно, период отплате се добије када се поделе укупни трошкови инвестиције са оствареном уштедом на годишњем нивоу и износи:

$$\frac{502015 \text{ RSD}}{80624.61 \text{ RSD}} = 6.2 \text{ год.} \quad (6.1)$$

7 ЗАКЉУЧАК

Програмски пакети попут EnergyPlus-а су изузето корисни данас, и налазе огромну примену готово у свакој области када је неопходно прорачунати потрошњу енергија, ефикасност објеката, итд.

Данас када се веома води рачуна о енергетској ефикасности како би се трошкови плаћања енергената и одржавања система смањили, а све то за крајњи циљ има смањење нарушавања животне средине, овакви програмски пакети су веома корисни, јер могу да дају веома прецизне податке којима ће нам разбистрити слику о свим параметрима о којима треба водити рачуна приликом подизања енергетске ефикасности објеката.

Коришћењем овог пакета у сарадњи са GoogleSketchUp-ом извршене су симулације које су нам дале резултате везане за потрошњу електричне енергије за грејну сезону у зависности од врсте спољашње изолације (стиропор), а све у циљу подизања енергетске ефикасности.

Резултати су више него задовољавајући, када је у питању смањење потрошње електричне енергије за грејање у односу неизолованог и изолованог објекта. Период отплате за сваки од случајева је релативно кратак.

У наставку су приказане потрошње електричне енергије за грејање по месецима за случајеве када је објект изолован спољашњом изолацијом, унутрашњом изолацијом и сендвич зидом. Долази се до закључка да у зависности од наглог пораста или пада температуре разликује се и ефикасност ових изолација. Код наглог пада температуре најефикаснија је спољашња изолација и нешто је мања потрошња, док код наглог пораста температуре најефикаснију изолацију представља унутрашња изолација стиропором, док изолација сендвич зидом представља неко средње решење.

Приказана је и промена температуре за периоде наглог пораста и пада температуре са унутрашње и спољашње стране зида у Дневној Соби 1, где се види да је највећа температура са унутрашње стране зида, код наглог пада температуре, код случаја спољашње изолације, а код наглог пораста највећа је температура са унутрашње стране зида код случаја унутрашње изолације. Сендвич зид је увек у средини.

Затим је представљена је часовна промена спољашње температуре за најхладнији дан у грејној сезони (24. децембар) на основу чега је приказана часовна промена температуре у Дневној Соби 1 и Спаваћој Соби 1.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/on%20februar%202012.cfm/weather_data2.cfm/region=6_europe_wmo_region_6 - приступљено 18.05.2016.
- [2] <http://www.worldometers.info/world-population/> - приступљено 20.05.2016.
- [3] Гордић Д.: Скрипта, Енерго еколошки менаџмент, Факултет инжењерских наука, Универзитета у Крагујевцу, 2014.
- [4] Зоран Живковић, Предлог мера за финансирање енергетске ефикасности у зградарству у Србији, Грађевинска књига, Београд, 2011.
- [5] Тодоровић, Б., Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Београд, 2005.
- [6] <http://www.efikasnost.com/> - приступљено 22.05.2016.
- [7] http://www.grf.bg.ac.rs/p/learning/termoizolacioni_materijali_1387814173320.pdf - приступљено 25.05.2016.
- [8] http://www.schock-us.com/upload/files/download/Design_Guide_Schoeck_Isokorb_Solutions_to_Prevent_Thermal_Bridging%5B5752%5D.pdf?utm_campaign=Designguide+USA&utm_source=%2Fdesignguide&utm_medium=307 - приступљено 10.06.2016.
- [9] <http://www.ekoneimar.com/termicki-most-toplotni-most-hladan-most/> - приступљено 25.05.2016.
- [10] <http://www.pasivnakuca.rs/index.php/energetski-pasosi> - приступљено 11.06.2016.
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Incandescent_light_bulb - приступљено 27.05.2016.
- [12] Слободан Зрнић, Живојин Ћулум, Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, Нови Сад, 1966.
- [13] <http://www.knaufinsulation.rs/> - приступљено 15.06.2016.
- [14] <http://www.elektrosrbija.rs/kalkulator/latinica.htm> - приступљено 13.06.2016.