

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Грејање, климатизација и соларна енергија

Број индекса: 56/2013

Кристина П. Милановић

**УТИЦАЈ ТОПЛОТНЕ ИЗОЛАЦИЈЕ
МЕЂУСПРАТНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ
ТАВАНА И КОСОГ КРОВА НА
ПОТРОШЊУ ТОПЛОТНЕ ЕНЕРГИЈЕ
СТАМБЕНОГ ОБЈЕКТА**

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Доцент, Новак Николић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да анализира утицај изолације конструкција омотача једног постојећег стамбеног објекта на потрошњу енергије за грејање. Анализирају се четири случаја. Први случај представља тренутно стање објекта, са изолацијом спољашњег зида од 5 cm без изолованости крова и тавана. Други случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана. Трећи случај је везан за изолацију међуспратне конструкције тавана и изолацију спољашњег зида. Четврти случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана, додатну изолацију спољашњег зида и изолацију косог крова.

Препоручена литература:

[1] <http://www.knaufinsulation.rs/sr>

[2] <http://www.austrotherm.rs/>

[3] Todorović, B., Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet u Beogradu

Крагујевац, 20.10.2016.

Ментор: Новак Николић, доцент

Резиме

Abstract: In this paper the impact of the insulation of the envelope construction of an existing residential building on heating consumption was analyzed. Four cases were analyzed. The first case represents the current state of the building, with insulation of exterior wall of 5 cm without the insulated roof and attic. The second case relates to the insulation of the attic floor construction. The third case is related to the insulation of the attic floor construction and insulation of the exterior wall. The fourth case refers to the insulation of the attic floor construction, additional insulation of the exterior wall and the insulation of the roof. Simulating the thermal behavior of the object the obtained results indicate that the highest consumption of electricity for heating is for the first case and the lowest for the fourth case. In the second case, the achieved saving of electricity for heating is 28%. In the third case 45% of electric energy can be saved in relation to the first case and 23% in relation to the second case. By the fourth case the highest savings (50%) are achieved in relation to the first case and 10% in relation to the third case.

Keywords: Energy efficiency, insulation, simulation.

Резиме: У овом раду је анализиран утицај изолације конструкција омотача једног постојећег стамбеног објекта на потрошњу енергије за грејање. Анализирана су четири случаја. Први случај представља тренутно стање објекта, са изолацијом спољашњег зида од 5 cm без изолованости крова и тавана. Други случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана. Трећи случај је везан за изолацију међуспратне конструкције тавана и изолацију спољашњег зида. Четврти случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана, додатну изолацију спољашњег зида и изолацију косог крова. Симулацијом термичког понашања објекта добијени су резултати који указују на то да је највећа потрошња електричне енергије за грејање у првом случају а најмања у четвртом случају. У другом случају остварена је уштеда електричне енергије за грејање од 28%. У трећем случају може се уштедети 45% електричне енергије у односу на први случај и 23% у односу на други случај. Четвртим случајем се остварују највеће уштеде (50%) у односу на први случај и 10% у односу на трећи.

Кључне речи: Енергетска ефикасност, изолација, симулација.

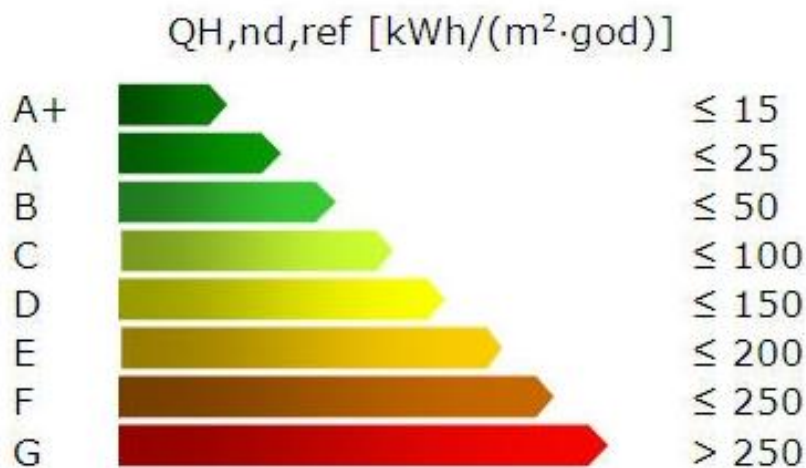
Садржај:

1. Увод	5
2. Врсте енергетски ефикасних кућа	6
3. Врсте топлотних изолација	7
4. Карактеристике и избор термоизолационих материјала	8
5. Врсте термоизолационих материјала	9
6. Пролаз топлоте кроз једнослојан и вишеслојан зид	12
7. Google SketchUp 8	15
8. EnergyPlus	16
9. Објект	20
9.1 Први случај	22
9.2 Други случај	24
9.3 Трећи случај	27
9.4 Четврти случај	30
10. Закључак	36
11. Литература	37

1. Увод

Однос човека према околини пре индустријске и технолошке револуције био је усмерен прилагођавању човека природи. Међутим, последице индустријског развоја довеле су до исцрпљивања природних ресурса, загађивања природног окружења и питање опстанка живота на Земљи. Човечанство се налази на енергетској прекретници. Циљ је да се кроз повећану енергетску ефикасност смањи количина енергије која се троши у стамбеним објектима [1].

Према новим законима о енергетској ефикасности објеката, пројекти ће морати да предвиде, а објекти да остваре, одређен степен енергетских уштеда како би добили "енергетски пасош" са одговарајућом категоризацијом, која ће бити предуслов за добијање грђевинске дозволе. Та обавеза се односи на нове зграде, али и на све саграђене објекте и све фазе пројектовања. Идеја "енергетског пасоша" је да сваки објекат има карту потрошње енергије, како би се поставио виши стандард градње. Зграде су рангиране у седам категорија, од А за највећу енергетску ефикасност, до G за најнижу (Слика 1) [1].



Слика 1. Енергетски пасош објеката [1]

Најнижи степен енергетске ефикасности у Европи има Србија. Зграде троше чак 60% укупне потрошње енергије, док у Европи троше 40%. Чак 60% енергије се односи на грејање простора, а остатак на хлађење, вентилацију, расвету и остале електричне уређаје. Термоизолацију нема преко 400 хиљада кућа, што их сврстава у енергетски неефикасне куће са потрошњом од $220 kWh/m^2 \cdot year$ енергије, док је европски стандард $70 kWh/m^2 \cdot year$. Овакво стање би могло значајно да се побољша применом енергетски ефикасних метода у пројектовању и одговарајућем избору материјала код новопроектованих објеката, и применом свих изолација које омогућавају квалитетну енергетску обнову постојећих објеката [1].

У овом раду ће се помоћу програма EnergyPlus-а и Google SketchUp-а испитати да ли тренутна ситуација објекта задовољава услове у правилнику о енергетској ефикасности и ако не, које су могућности изолација које се могу применити да се коефицијент пролаза топлоте смањи, односно да испуњава услове дефинисане поменутим правилником. Такође ће се и извршити анализа потрошње електричне енергије у тренутном случају, као и у случајевима постављања изолације.

2. Врсте енергетски ефикасних кућа

1. "Обична" кућа: захтева просечно $80-100 \text{ kWh/m}^2\text{god}$ потребне енергије за грејање. Према прорачуну, таква кућа троши $18 \text{ kg/m}^2\text{god}$ дрвених пелета или $9 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{god}$ природног гаса [1].

2. Нискоенергетски објекти-стандардна кућа: представља објекат са системима загревања базираним на традиционалним начинима грејања. Годишње потребе за загревањем простора су од $40-60 \text{ kWh/m}^2$. Такве куће имају добро изоловане зидове и кров, и квалитетну енергетски ефикасну столарију са вишеслојним изолационим стаклима [1].

3. "Тролитарске куће": представљају примарни разред нискоенергетске куће. Годишње потребе за загревањем простора су 30 kWh/m^2 . Смањење топлотних губитака овакве куће се могу остварити на следеће начине:

- правилном оријентацијом куће;
- формирањем и одвајањем топлотних зона куће;
- компактном градњом;
- одабиром термоизолационих објеката;
- квалитетним одабиром прозора и врата итд.

Такође се и препоручује активно коришћење сунчеве енергије помоћу пријемника сунчеве енергије, и пасивно коришћење сунчеве енергије преко великих стаклених површина [1].

4. Пасивне куће: представљају нискоенергетске куће са потрошњом на годишњем новоу највише 15 kWh/m^2 . Ове куће немају потребу за класичним системом грејања, већ потребе за топлотом добијају преко система вентилације са рекуператором. Чести су и системи који користе геотермалну енергију као и соларни систем [1].

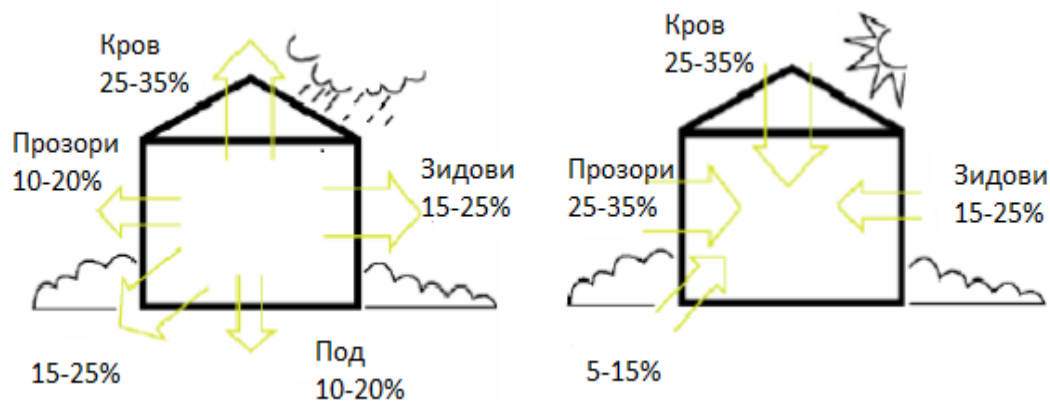
5. "Нулта" енергетска кућа: представља објекат који своје потребе за енергијом добија само коришћењем сунчеве енергије, енергије ветрова уз коришћење геотермалних извора уз топлотну изолацију. Оваква кућа лети производи вишак енергије, док се зими иста потражује назад и на тај начин је енергетски биланс једнак нули. Овакви објекти су још увек зависни од прикључка на јавну електричну или гасну мрежу [1].

6. Енергетски независни објекти: ова врста објеката није прикључена на јавну мрежу и сав вишак произведене енергије најчешће се усмерава и чува за примену у зимским месецима, помоћу система енергетског резервоара и акумулатора [1].

7. "Energy plus" објекти: овакви објекти користе исте системе као и енергетски независне куће, само што је повезана и са електродистрибутивном мрежом и преко соларних фотонапонских ћелија сав вишак произведене енергије се испоручује у јавну енергетску мрежу [1].

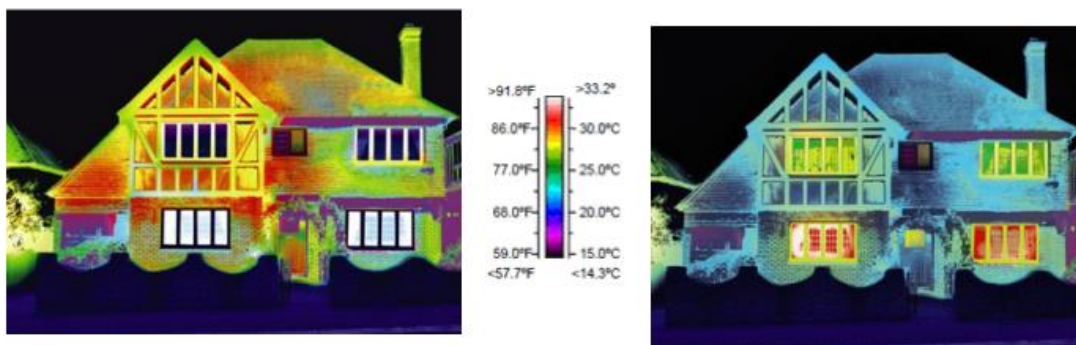
3. Врсте топлотних изолација

Изолација представља кључ за енергетску ефикасност. Скоро половина топлотних губитака код класичних објеката дешава се преко грађевинских конструкција омотача зграде, фасада, крова и пода. Капацитет изолационог материјала да задржава топлоту је заправо оно што одржава објекат топлим зими а пријатним лети. Изолациони слој помаже да се одржи стабилна унутрашња температура тако што се успорава пренос топлотне енергије. Што је већа температурна разлика између унутрашњости објекта и ван њега, потребан је дебљи слој изолације како би се успорио пролаз топлоте. Неизолована кућа током зиме губи топлоту, док се лети загрева (Слика 2) [2].



Слика 2. Губици и примања топлоте неизоловане куће[3]

Неизолована кућа губи топлоту и преко прозора, зидова, крова, димњака итд. У изолованој кући топлота се губи само кроз прозоре (Слика 3) [3].



Слика 3. Губици топлоте неизоловане куће (лево), и изоловане куће (десно)[3]

Изолације које се најчешће користе су:

- Изолација косог крова испод рогова,
- Изолација косог крова изнад рогова,
- Изолација равног крова,
- Изолација плоче у таванском простору,
- Изолација фасадног зида (контактна фасада),
- Изолација фасадног зида (вентилисана фасада),
- Изолација фасадног зида (сендвич зид),
- Изолација фасадног зида (са унутрашње стране),
- Изолација преградног зида,
- Изолација пода итд. [2].

У даљем раду ће на конкретном примеру куће бити испитан коефицијент пролаза топлоте у случају изолованог фасадног зида (контактна фасада), изоловане плоче у таванском простору и изолованог косог крова са унутрашње стране испод рогова.

4. Карактеристике и избор термоизолационих материјала

Изолација је неизоставан елемент градње. Добра изолација има следеће карактеристике:

- обезбеђује пријатну температуру у унутрашњости објекта и зими и лети, без обзира колика је температура напољу, у унутрашњости просторије би требало да буде константна;
- спречавање настанка влаге, кондензације и плесни;
- механички штити објекат и продужује век његовог трајања;
- обезбеђује енергетску ефикасност објекта-смањује потрошњу енергије за грејање и хлађење и тако штеди новац и чува околину;
- утиче на стварање здраве микроклиме за угодан боравак унутар простора;
- директно утиче на вредност некретнине, повећава је [2].

Људи су тражили и примећивали различите природне материјале како би боравак у стаништима учинили пријатнијим. У једном периоду су то били материјали биљног порекла попут сламе, трске, грања а затим, земља, блато, глина итд. Чак се и данас термоизолација објеката своди на исте групе материјала, али развитком модерне технологије се користе различити облици минералне вуне, стиропор, полиуретанска пена и други материјали као што су целулоза, перлит и други. Веома је битно да термоизолација испуни и неке додатне услове:

- паропропусност – да влага изнутра несметано изађе;
- противпожарност – штити од пожара, а ако до њега дође, спречава његово ширење;
- дуговечност – да траје док траје и објекат;
- отпорност на влагу, инсекте и хемикалије;

- звучни изолатор – да штити од буке између просторија и спољне буке [2].

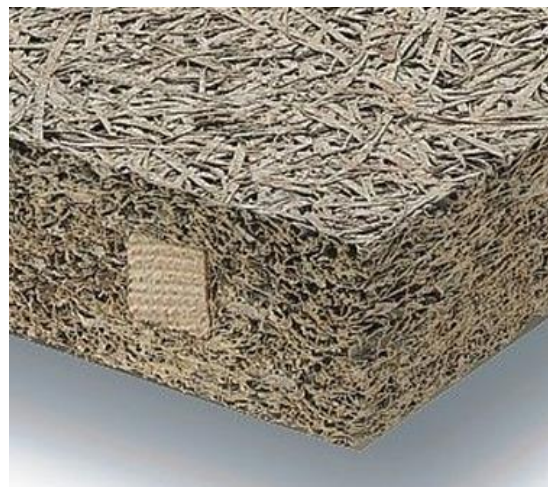
5. Врсте термоизолационих материјала

Међу материјалима који се користе у савременом грађевинарству, најзаступљенији су производи на бази плуте, отпадака од прераде дрвета, али најчешће производи на бази полистирена и минералних влакана [4].

- Производи за термоизолацију на бази плуте (Слика 4) нису потпуно истиснути из употребе новим материјалима. Развој индустрије и покушаји да се обезбеди здраво окружење учинили су да се плута полако враћа као комерцијални материјал за употребу. Сировина су комади храста из којег се добија плута и делимично рециклирана плута. Меље се до облика гранулата и затим уз помоћ водене паре, под притиском пресује [5].
- Материјали на бази дрвених влакана (Слика 5) производе се од секундарног дрвеног материјала. Зависно од начина производње користе се везивна средства и средства за заштиту од пожара и оштећења. Сировина се уситни и разломи. У сувом поступку се струготине мешају са латекс лепком и под притиском се израђују дрвене плоче, а у мокром поступку се мешају са водом, притискају се и суше. При томе се користи дрвена смола за повезивање струготина [5].



Слика 4 Плута [4]



Слика 5 Дрвена Вуна [4]

- Целулозна влакна (Слика 6) настају уситњавањем старог папира. За производњу плоча користе се везивна средства и та смеша се пресује под утицајем водене паре и након сушења се уситњава. За побољшање противпожарних својстава додаје се борна со. Целулозне пахуљице најчешће се користе за изолацију убацивањем у пукотине при чему се посипају воденом маглицом, посипају и затим поравнавају. Изолација од целулозе је дифузионо отворена али врло лако се распада под утицајем влаге и од ње мора да буде добро заштићена [5].



Слика 6 Целулозна влакна [4]

- Експандирани полистирен или стиропор (Слика 7), је веома распрострањен на тржишту због релативно ниске производне цене и одличних термичких карактеристика. Добија се од полистирена који је продукт лож уља, стабилизатора и средстава против запаљивости. Из стирена се додатком средстава за пењење добија полистиренски гранулат. Перле налик стаклу се уз третирањем воденом паром неколико пута повећавају. Након фазе хлађења, перле се поново пене и настаје хомогени материјал. Блокови који настају секу се у плоче. Екструдирани полистирен (Слика 8) се формира мешањем гранула полистирена на високим температурама уз накнадно увођење агенса за стварање пене [5].



Слика 7 Експандирани полистирен [4]



Слика 8 Екструдирани полистирен [4]

- Стаклена вуна (Слика 9) састоји се од кварцног песка, кречњака и старог стакла. Камена вуна (Слика 10) састоји се од различитих врста камена као што су доломит и кречњак. Нити се производе растапањем сировине и центрифугирањем. У Табели 1 дате су упоредне карактеристике стаклене и камене вуне [5].



Слика 9 Стаклена вуна [4]



Слика 10 Камена вуна [4]

Табела 1. Упоредне карактеристике стаклене и камене вуне [2]

Стаклена вуна	Камена вуна
Дугачка влакна	Кратка влакна
Мање густине производа	Веће густине производа
Одличан апсорбер звучне енергије	Одличан апсорбер звучне енергије
Негорив материјал	Негорив материјал
Максимална радна температура 230 ⁰ С	Максимална радна температура 750 ⁰ С
Отпорност на пожар	Већа отпорност на пожар
Нижа тачка топљења, око 700 ⁰ С	Висока тачка топљења, преко 1000 ⁰ С
Висока еластичност материјала	Нижа еластичност материјала
Висока затезна чврстоћа	Ниска затезна чврстоћа
Отпорна на механичка оптерећења	Веома отпорна на механичка оптерећења

У Табели 2, су представљене карактеристике наведених термоизолационих материјала.

Табела 2. Неке карактеристике наведених термоизолационих материјала [6]

Термоизолациони материјал	Густина ρ [kg/m ³]	Топлотна проводљивост λ [W/mK]
Минерална вуна (Стаклена и камена вуна)	10-200	0,035-0,050
Експандирани полистирен	15-30	0,035-0,040
Екструдирани полистирен	>25	0,030-0,040
Дрвена вуна	360-460	0,065-0,090
Експандирана плута	80-500	0,045-0,055
Целулозне нити	30-80	0,040-0,045

6. Пролаз топлоте кроз једнослојан и вишеслојан зид

Приликом прорачуна топлотних губитака објекта, неопходно је упознати се са појмом пролаза топлоте и дефинисати једначине рачунања коефицијента пролаза топлоте.

Пролаз топлоте кроз једнослојан хомоген зид (Слика 11) представља пролаз топлоте у смеру нормалном на изотермну површину. Топлота прво конвекцијом прелази са флуида 1 на једнослојан зид, даље пролази кроз зид кондукцијом и на крају конвекцијом прелази на флуид 2. За разматрани случај пролаза топлоте могу се написати три једначине [7]:

$$q = h_1 \cdot (T_1 - T_{z1}) \quad (1)$$

$$q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (T_{z1} - T_{z2}) \quad (2)$$

$$q = h_2 \cdot (T_{z2} - T_2) \quad (3)$$

где су q (W/m²) специфични топлотни флуks, T_1 , T_2 , (K) температура флуида 1 и флуида 2, респективно ($T_1 > T_2$), T_{z1} , T_{z2} , (K) температура површине зида окренуте флуиду 1 и 2, респективно ($T_{z1} > T_{z2}$), h_1 , h_2 (W/m²K) коефицијенти прелаза топлоте са флуида 1 на зид и са зида на флуид 2, респективно, λ (W/mK) топлотна проводљивост материјала зида и δ (m) дебљина зида. Како је лакше измерити температуру флуида него температуру на површини зида, од једначина (1), (2), и (3) формира се једна без промењивих T_{z1} и T_{z2} [7]:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} = K \cdot (T_1 - T_2) \quad (4)$$

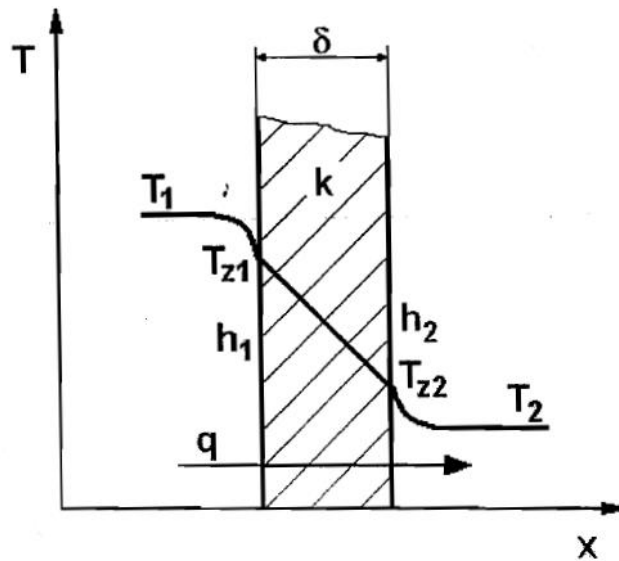
где је K (W/m²K) коефицијент пролаза топлоте:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{h_2}} \quad (5)$$

Укупно размењени топлотни флуks Q (W) ће бити:

$$Q = q \cdot A = A \cdot K \cdot (T_1 - T_2) = \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (6)$$

где су: A (m²) површина зида и R (K/W) отпор пролазу топлоте [7].



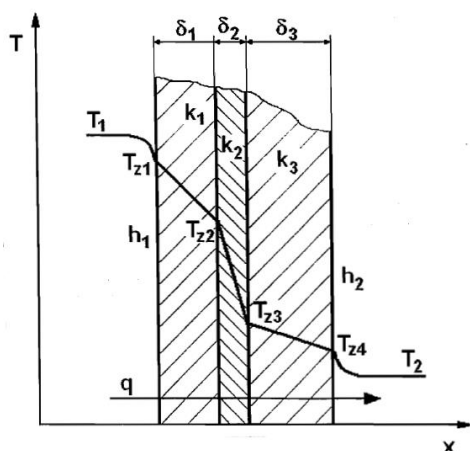
Слика 11 Пролаз топлоте кроз једнослојан зид [7]

У случају када топлота пролази кроз вишеслојни зид (Слика 12), систем се састоји од вертикалних паралелних слојева другачијег састава. Сваки појединачни слој представља посебан материјал и има одређену дебљину. На сличан начин добија се једначина за размењени специфични топлотни флуks [7]:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_2}} = K \cdot (T_1 - T_2) \quad (7)$$

где су: λ_i (W/mK) топлотна проводљивост и-тог слоја зида, δ_i (m) дебљина и-тог слоја зида, n (-) број слојева зида. Из једначине (7) се види да је коефицијент пролаза топлоте, K за случај вишеслојног равнoг зида [7]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_2}} \quad (8)$$



Слика 12 Пролаз топлоте кроз вишеслојан зид [7]

У табели 3 дате су највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте за елементе омотача зграде.

Табела 3. Највеће дозвољене вредности коефицијента пролаза топлоте K [W/m²K] за елементе термичког омотача зграде [8]

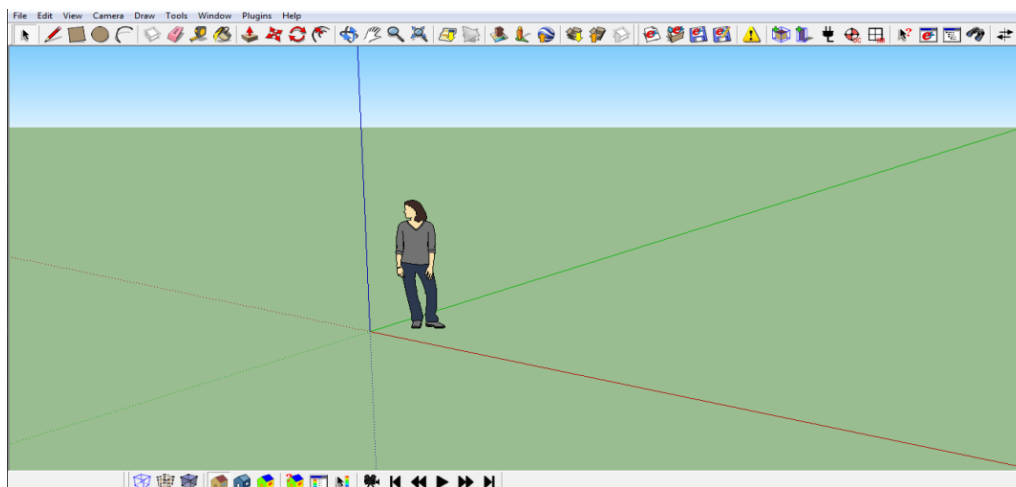
Опис елемента/система	Постојећа зграда K [W/m ² K]	Нова зграда K [W/m ² K]
Елементи и системи у контакту са спољним ваздухом		
1. Спољни зид	0,40	0,30
2. Зид на дилатацији (између зграда)	0,50	0,35
3. Зидови и међусpratне конструкције између грејаних просторија различитих јединица	0,90	0,90
4. Раван кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
5. Раван кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
6. Коси кров изнад грејаног простора	0,20	0,15
7. Коси кров изнад негрејаног простора	0,40	0,30
8. Међусpratна конструкција изнад отвореног пролаза	0,30	0,20
9. Прозори	1,50	1,50
10. Стаклени кровови	1,50	1,50
11. Спољна врата	1,60	1,60

12.Излози	1,80	1,80
13.Стаклене призме	1,60	1,60
Унутрашње преградне конструкције		
14.Зид према грејаном степеништу	0,90	0,90
15.Зид према негрејаним просторима	0,55	0,40
16.Међуспратна конструкција испод негрејаног простора	0,40	0,30
17.Међуспратна конструкција изнад негрејаног простора	0,40	0,30
Конструкције у тлу		
18.Зид у тлу	0,50	0,35
19.Под на тлу	0,40	0,30
20.Укопана мешуспратна конструкција	0,50	0,40

7. Google SketchUp 8

Google SketchUp 8 је употребљен у овом раду за моделирање анализираног објекта. Google SketchUp 8 (Слика 13) је програм за лако стварање 3D-модела (предмета, зграда, итд.). Представља програм са прилично јасним и једноставним упутствима за употребу. Осим израде 3D-модела, програм омогућава да се ти модели поставе на GoogleEarth. Програмом се постиже велика прецизност. Уз помоћ најпростијих геометријских елемената лако се добија тродимензионални објекат. Неке функције овог програма су:

- Алати за 3D уређивање,
- Могућност рада са готовим моделима,
- Подршка популарних формата 3D графике,
- Брзо стварање тродимензионалног текста,
- Интерација са сервисом GoogleEarth, итд. [9].



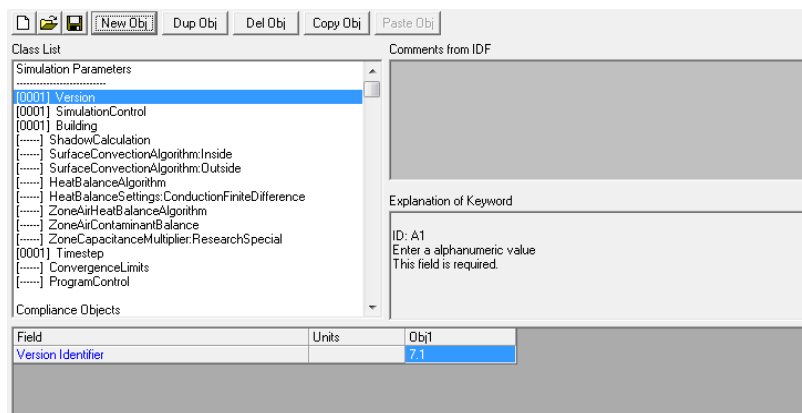
Слика 13 Изглед радног простора у Google SketchUp-у[10]

Помоћу овог програма може се направити цртеж било које сложености и конфигурације, а при том се може користити и могућност учитавања шаблона директно из програма како би се добила лепша естетика и реалнија слика [9].

У изради овог рада, од пресудне важности је повезаност овог програма са EnergyPlus-ом. За сваку просторију се посебно формира зона преко функције „**New EnergyPlus Zone**“. Након што се одреди и именује зона, следи цртање просторије. База се лако црта уз помоћ функције „**Line**“ или „**Rectangle**“, а затим да би се добио 3D цртеж, извлачењем базе на одређену висину уз функцију „**Push/Pull**“. Такође, и прозори и врата се цртају уз помоћ алата који се користе и за базу просторије. Након што се добије просторија, потребно је означити све зидове, прозоре и врата у картици „**Object Info**“. Манипулација 3D моделима се може вршити функцијама „**Rotate**“, „**Orbit**“ или „**Pan**“. Када се формира цео објекат користи се функција „**Surface Matching**“ да би се заједнички зидови просторија поклопили. На крају се објекат чува и преко опције „**Save EnergyPlus Input File**“ који све дефинисане вредности просторија објекта пакује у EnergyPlus [10].

8. EnergyPlus

EnergyPlus је у овом раду од пресудне важности зато што се користи за симулацију енергетског понашања анализiranог објекта. EnergyPlus је програм за симулацију који користе инжењери, архитекте и истраживачи да би израчунали потрошњу енергије за грејање, хлађење, вентилацију, осветљење и др. При изради овог рада посматра се укупна потрошња електричне енергије за грејање. Када се отвори IDF Editor (Слика 14), са леве стране се налазе картице за попуњавање. Најпре се попуни картица за верзију програма [11].



Слика 14 Изглед IDF Editora [11]

У даљем раду попуњавају се све потребне картице, а овде ће бити приказане само неке од њих. У картици „**RunPeriod**“ (Слика 15) дефинише се сезона грејања, односно од ког датума почиње грејање и кад се завршава.

[0001] SizingPeriod.DesignDay
[0001] RunPeriod
[0010] RunPeriodControl:SpecialDays
[0001] RunPeriodControl:DaylightSavingTime
[0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
[0006] ScheduleTypeLimits
[0045] Schedule:Compact
[0017] Material
[0002] Material:AirGap
[0001] WindowMaterial:Glazing
[0001] WindowMaterial:Gas
[0014] Construction
[0001] GlobalGeometryRules

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

Слика 15 Картица RunPeriod [11]

У картици „Schedule:Compact“ (Слика 16) уносе се вредности распореда људи у просторијама, коришћења осветљења, електричних уређаја итд.

[0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
[0006] ScheduleTypeLimits
[0045] Schedule:Compact
[0017] Material
[0002] Material:AirGap
[0001] WindowMaterial:Glazing
[0001] WindowMaterial:Gas
[0014] Construction
[0001] GlobalGeometryRules

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		ljudi ds1	ljudi s1	ljudi s2
Schedule Type Limits Name		Fraction	Fraction	Fraction
Field 1	varies	Through:12/31	Through:12/31	Through:12/31
Field 2	varies	For:AllDays	For:AllDays	For:AllDays
Field 3	varies	Until:09:00	Until:09:00	Until:09:00
Field 4	varies	0	.5	0

Слика 16 Картица Schedule:Compact [11]

У картици „Material“ (Слика 17) уносе се сви материјали који су коришћени у изградњи. Уносе с вредности храпавости материјала, дебљина, коефицијент топлотне проводљивости, густина и специфична топлота материјала.

[0001] SizingPeriod.DesignDay
[0001] RunPeriod
[0010] RunPeriodControl:SpecialDays
[0001] RunPeriodControl:DaylightSavingTime
[0001] Site:GroundTemperature:BuildingSurface
[0006] ScheduleTypeLimits
[0045] Schedule:Compact
[0017] Material
[0002] Material:AirGap
[0001] WindowMaterial:Glazing
[0001] WindowMaterial:Gas
[0014] Construction
[0001] GlobalGeometryRules

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3
Name		G05 25mm wood	sljunak suvi	beton sa kamenim e
Roughness		MediumSmooth	VeryRough	MediumSmooth
Thickness	m	0,0254	0,2	0,1
Conductivity	W/m-K	0,15	0,81	0,93
Density	kg/m3	608	1700	1800
Specific Heat	J/kg-K	1630	840	960

Слика 17 Картица Material [11]

U kartici „**Construction**“ (Слика 18) уносе се слојеви спољашњег зида, унутрашњег зида, плафона, пода, поткровља, крова, прозора и врата. Слојеви се уносе редоследом од спољашне ка унутрашњој средини. У картици „**BuildingSurfaceDetailed**“ (Слика 19) дефинишу се, такође, зидови, подови, плафони и кров у смислу да ли су изложени сунцу, да ли су зидови спољашњи или унутрашњи, као и то у којој се зони налази. Ту је и означено и који је заједнички зид, под или плафон са просторијом поред, тако да се може проверити да ли су све површине добро повезане при изради објекта у Google SketchUp-у.

[0001] WindowMaterial:Glazing		ID: A9 Select from list of objects	
[0001] WindowMaterial:Gas			
[0014] Construction			
[0001] GlobalGeometryRules			
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		pod parket zemlja	pod plocice zemlja
Outside Layer		sljunak suvi	sljunak suvi
Layer 2		beton sa kamenim zidom	beton sa kamenim zidom
Layer 3		viseslojni bitumenski	viseslojni bitumenski
Layer 4		beton 5cm	beton 5cm
Layer 5		stiropor 5cm	stiropor 5cm
Layer 6		parket	plocice
Layer 7			
Layer 8			
Layer 9			

Слика 18 Картица Construction [11]

[0014] Construction		ID: A1 Enter a alphanumeric value This field is required.	
[0001] GlobalGeometryRules			
[0011] Zone			
[0075] BuildingSurface:Detailed			
[0028] FenestrationSurface:Detailed			
[0010] People			
[0010] Lights			
[0010] ElectricEquipment			
Field	Units	Obj1	Obj2
Name		pod ds1	zid unutrašnji ds1k1
Surface Type		Floor	Wall
Construction Name		pod parket zemlja	zid unutrašnji
Zone Name		dnevna soba1	dnevna soba1
Outside Boundary Condition		Ground	Surface
Outside Boundary Condition Object			zid unutrašnji k1ds1
Sun Exposure		NoSun	NoSun
Wind Exposure		NoWind	NoWind
View Factor to Ground		0	0
Number of Vertices		4	4

Слика 19 Картица BuildingSurfaceDetailed [11]

У картици „**People**“ (Слика 20) дефинише се број људи у објекту, који се дефинише за сваку просторију посебно.

[0010] People			
[0010] Lights			
[0010] ElectricEquipment			
[0010] ZoneInfiltration:DesignFlowRate			
[0001] HVACTemplate:Thermostat			
[0001] Sizing:Parameters			
[0010] Sizing:Zone			
[0010] ZoneControl:Thermostat			
[0010] ThermostatSetpoint:SingleHeating			
[0010] ZoneHVAC:Baseboard:Convective:Electric			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentList			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentConnections			
[0001] Output:VariableDictionary			
[0001] Output:Table:SummaryReports			

Explanation of Keyword

Sets internal gains and contaminant rates for people in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList to all the zones in the ZoneList.

ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ljudi ds1	ljudi s1
Zone or ZoneList Name		dnevna soba1	soba1
Number of People Schedule Name		ljudi ds1	ljudi s1
Number of People Calculation Method		People	People
Number of People		4	4
People per Zone Floor Area	person/m2		

Слика 20 Картица People [11]

У картици „**Lights**“ (Слика 21) дефинише се распоред осветљења по просторијама, као и снага сијалица које се ту користе.

[0010] Lights			
[0010] ElectricEquipment			
[0010] ZoneInfiltration:DesignFlowRate			
[0001] HVACTemplate:Thermostat			
[0001] Sizing:Parameters			
[0010] Sizing:Zone			
[0010] ZoneControl:Thermostat			
[0010] ThermostatSetpoint:SingleHeating			
[0010] ZoneHVAC:Baseboard:Convective:Electric			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentList			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentConnections			
[0001] Output:VariableDictionary			
[0001] Output:Table:SummaryReports			

Explanation of Keyword

Sets internal gains for lights in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList to all the zones in the ZoneList.

ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		ds1 lights	s1 lights
Zone or ZoneList Name		dnevna soba1	soba1
Schedule Name		svetlo ds1	svetlo s1
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	100	100
Watts per Zone Floor Area	W/m2		

Слика 21 Картица Lights [11]

У картици „**ElectricEquipment**“ (Слика 22), као и за осветљење, дефинише се распоред електричних уређаја у просторијама.

[0010] ElectricEquipment			
[0010] ZoneInfiltration:DesignFlowRate			
[0001] HVACTemplate:Thermostat			
[0001] Sizing:Parameters			
[0010] Sizing:Zone			
[0010] ZoneControl:Thermostat			
[0010] ThermostatSetpoint:SingleHeating			
[0010] ZoneHVAC:Baseboard:Convective:Electric			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentList			
[0010] ZoneHVAC:EquipmentConnections			
[0001] Output:VariableDictionary			
[0001] Output:Table:SummaryReports			

Explanation of Keyword

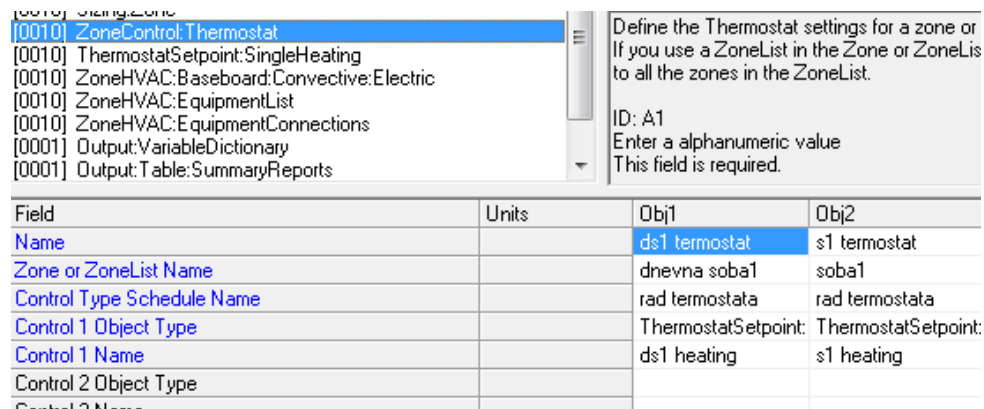
Sets internal gains for electric equipment in the zone. If you use a ZoneList in the Zone or ZoneList to all the zones in the ZoneList.

ID: A1
Enter a alphanumeric value
This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		el.oprema ds1	el.oprema s1
Zone or ZoneList Name		dnevna soba1	soba1
Schedule Name		el.oprema ds1	el.oprema s1
Design Level Calculation Method		EquipmentLevel	EquipmentLevel
Design Level	W	275	0
Watts per Zone Floor Area	W/m2		
Watts per Person	W/person		

Слика 22 Картица ElectricEquipment [11]

У картици „ZoneControl:Thermostat“ (Слика 23) представљен је рад термостата по свим просторијама.

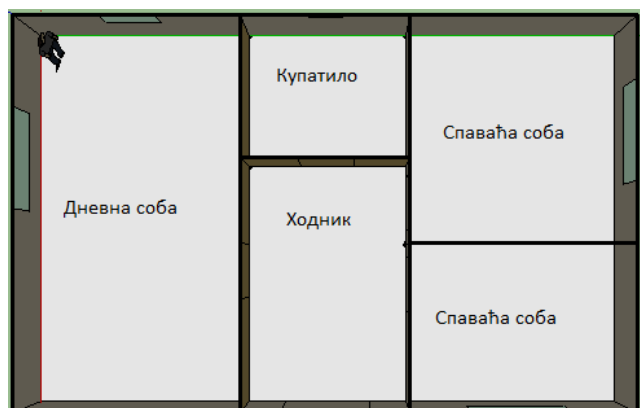


Слика 23 Картица ZoneControl:Thermostat [11]

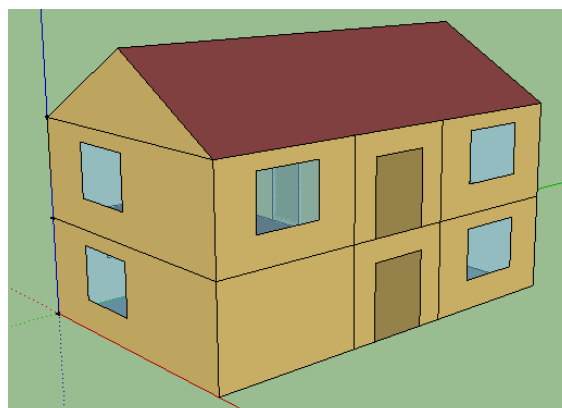
За симулирање рада система грејања, у анализи су, као грејна тела, узети електрични конвектори.

9. Објекат

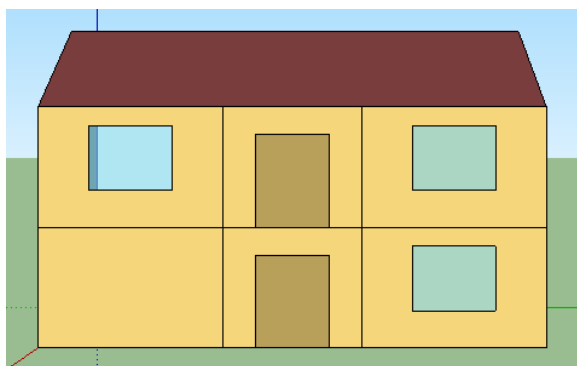
Објекат који се анализира, моделиран је у Google Sketch-Up-у (Слика 24-29). Представља кућу коју чине приземље и спрат. Објекат има изолован спољни зид изолацијом дебљине 5 cm, али нема изолован таван и кров. Приземље чине дневна соба, ходник, купатило и две собе. Просторије имају подну изолацију. На спрату је идентичан распоред, док међуспратна конструкција није изолована. У раду ће бити испитано да ли конструкције објекта задовољавају услове дефинисане правилником о енергетској ефикасности. Такође, испитаће се како изолованост међуспратне конструкције тавана, крова и спољашњег зида утичу на потрошњу топлотне енергије. Анализа ће се извршити за четири случаја. Први случај представља тренутно стање објекта, са изолацијом спољашњег зида од 5 cm без изолованости крова и тавана. Други случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана. Трећи случај је везан за изолацију међуспратне конструкције тавана и додатну изолацију спољашњег зида. Четврти случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана, додатну изолацију спољашњег зида и изолацију косог крова.



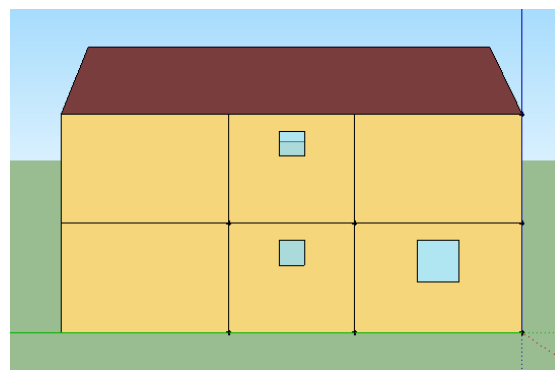
Слика 24 Распоред просторија [10]



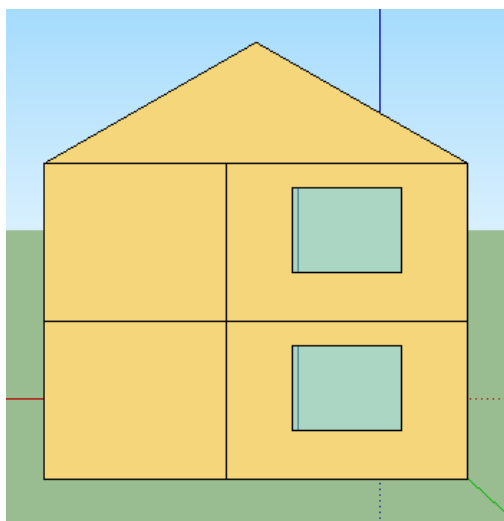
Слика 25 Изометријски приказ објекта [10]



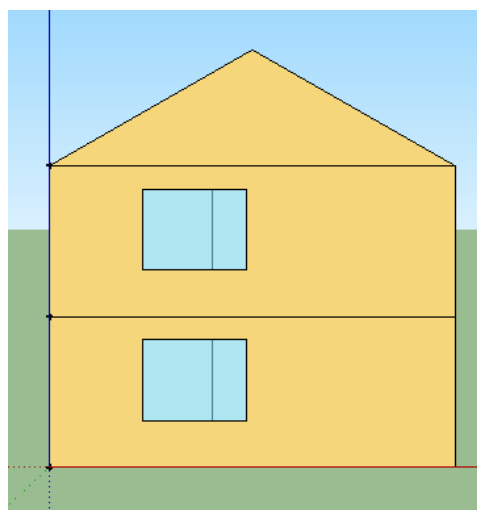
Слика 26 Поглед са јужне стране [10]



Слика 27 Поглед са северне стране [10]



Слика 28 Поглед са источне стране [10]



Слика 29 Поглед са западне стране [10]

9.1 Први случај

У табели 4 дати су сви материјали конструкција објекта (тренутно стање) са њиховим вредностима густине, специфичне топлоте, топлотне проводљивости и дебљине материјала.

Табела 4. Хигротермичке особине грађевинских материјала и производа [8]

Материјал	Густина ρ kg/m ³	Специфична топлота c J/(kgK)	Топлотна проводљивост λ W/(mK)	Дебљина материјала δ m
1.Шупљи блок	1200	920	0,52	0,2
2.Шљунак суви	1700	840	0,81	0,2
3.Бетон са каменим агрегатима	1100	1460	0,17	0,01
4.Бетон 5см	1800	960	0,93	0,05
5.Стиропор 5см	30	1260	0,041	0,05
6.Цементна кошуљица	2100	1050	1,4	0,04
7.Паркет	700	1670	0,21	0,02
8.Плочице	2300	920	1,28	0,005
9.Пигментни фасадни малтер	1850	1050	0,7	0,02
10.Кречни малтер	1600	1050	0,81	0,025
11.Цреп	1900	880	0,99	0,02
12.Иверна плоча	600	2090	0,099	0,01
13.Бетон за поравнање	1200	920	0,52	0,05

У табелама 5,6,7,8 су дате конструкције тренутног стања објекта.

Табела 5. Конструкције спољашњег и унутрашњег зида

Слојеви	Зид спољашњи	Зид унутрашњи
1.	Пигментни фасадни малтер	Кречни малтер
2.	Стиропор 5 cm	Шупљи блок
3.	Шупљи блок	Кречни малтер
4.	Кречни малтер	

Табела 6. Конструкција крова

Слојеви	Кров
1.	Цреп
2.	Иверна плоча

Табела 7. Конструкције подова

Слојеви	Под са паркетом (земља)	Под са плочицама (земља)	Под са паркетом (спрат)	Под са плочицама (спрат)	Под на тавану
1.	Шљунак суви	Шљунак суви	Кречни малтер	Кречни малтер	Кречни малтер
2.	Бетон са каменим агрегатима	Бетон са каменим агрегатима	Цементна кошуљица	Цементна кошуљица	Бетон 5 cm
3.	Вишеслојни битуменски премаз	Вишеслојни битуменски премаз	Бетон 5 cm	Бетон 5 cm	Шупљи блок
4.	Бетон 5 cm	Бетон 5 cm	Шупљи блок	Шупљи блок	Бетон за поравнање
5.	Стиропор 5 cm	Стиропор 5 cm	Бетон 5 cm	Бетон 5 cm	
6.	Паркет	Паркет	Паркет	Плочице	

Табела 8. Конструкције плафона

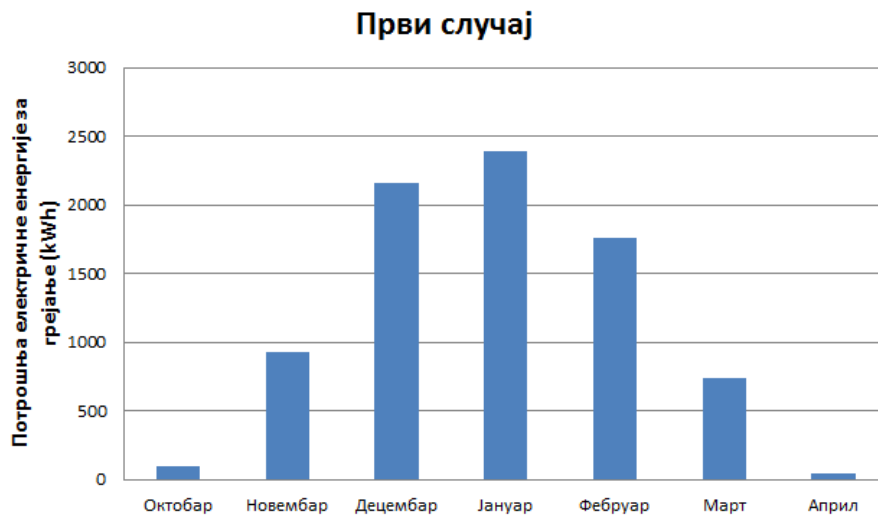
Слојеви	Плафон у приземљу(собе)	Плефон у приземљу (купатило)	Плафон на спрату
1.	Паркет	Плочице	Бетон за поравнање
2.	Бетон 5 cm	Бетон 5 cm	Шупљи блок
3.	Шупљи блок	Шупљи блок	Бетон 5 cm
4.	Бетон 5 cm	Бетон 5 cm	Кречни малтер
5.	Цементна кошуљица	Цементна кошуљица	
6.	Кречни малтер	Кречни малтер	

Коришћењем претходно дефинисаних једначина, добијене су вредности коефицијента пролаза топлоте. Кућа нема изолован таван и кров, док су спољни зидови изоловани стиропором од 5 cm. Вредности коефицијената пролаза топлоте дати су у Табели 9.

Табела 9. Вредности коефицијената пролаза топлоте објекта за тренутно стање [8]

Назив	Вредности коефицијента пролаза топлоте (тренутно стање)	Вредности коефицијента пролаза топлоте (према правилнику о енергетској ефикасности)
Спољни зид	0,551	0,4
Међуспратна конструкција тавана	1,22	0,4
Коси кров изнад негрејаног простора	3,229	0,4

На слици 30 приказана је месечна потрошња електричне енергије за грејање у kWh.



Слика 30 Потрошња електричне енергије за грејање на месечном нивоу за први случај

9.2 Други случај

Ако се поткровље не користи као стамбени простор, потребно је квалитетно термички изоловати последњу међуспратну плочу. Објекат који се посматра у овом раду нема изолацију међуспратне конструкције, тако да ће се у овом случају испитати како изолација утиче на смањење коефицијента пролаза топлоте. Постављање изолације се врши на следеће начине:

- Најпре би требало очистити бетонску плочу,
- Поставити плоче од стиропора унакрсно, а пожељно је и поставити их вишеслојно,
- Када је термоизолациони слој постављен, требало би преко свега ставити слој материјала који ће омогућити да се по поткровљу хода (Слика 31).

У овом примеру користиће се као изолациони материјал стиропор у једном слоју од 12 cm, и иверица која ће да омогући ходање по тавану од 0,02 m. Карактеристике ових материјала су дате у табели 10 [12].

Табела 10. Хигротермичке особине материјала [8]

Материјал	Густина ρ kg/m ³	Специфична топлота c J/(kgK)	Топлотна проводљивост λ W/(mK)	Дебљина материјала δ m
1.Стиропор	30	1260	0,041	0,12
2.Дрво	600	2090	0,099	0,02



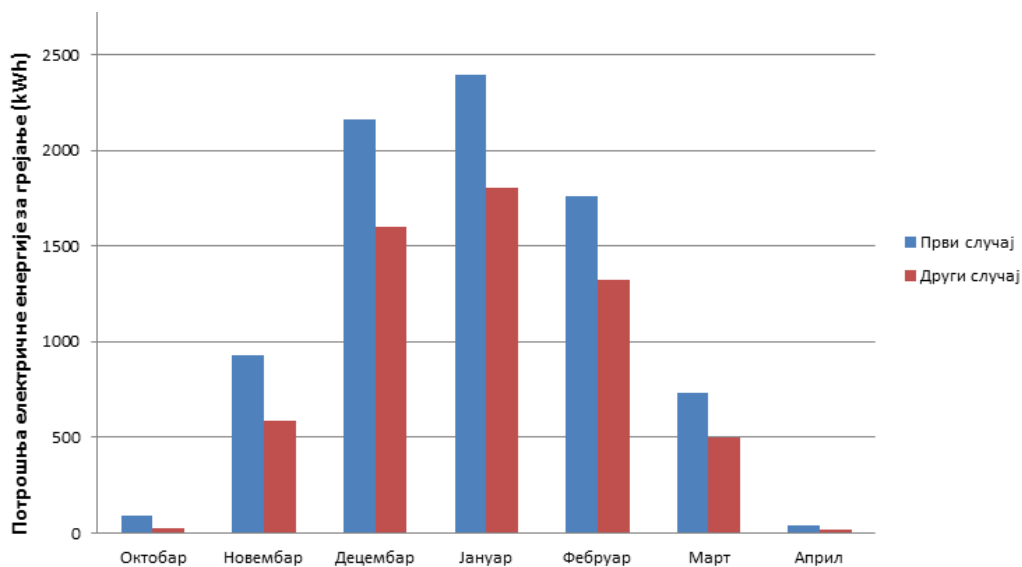
Слика 31 Изолација међуспратне конструкције тавана [12]

Добијене вредности коефицијента пролаза топлоте задовољавају услове правилника о енергетској ефикасности. У овом случају коефицијент износи $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ што задовољава услов од $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$. Треба напоменути да је изоловање таванске конструкције најједноставније за реализацију од свих анализираних случајева. На слици 32 је представљена укупна потрошња електричне енергије за грејање за овај случај.



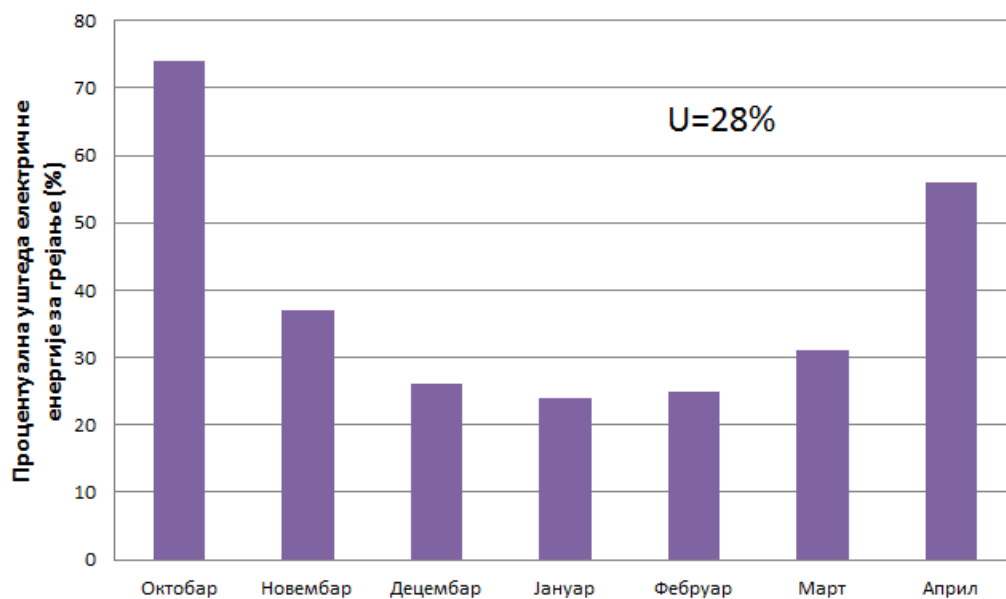
Слика 32 Потрошња електричне енергије за грејање на месечном нивоу у другом случају

На слици 33 дата је упоредна анализа потрошње електричне енергије првог и другог случаја.



Слика 33 Упоредни приказ потрошње електричне енергије на месечном нивоу за први и други случај

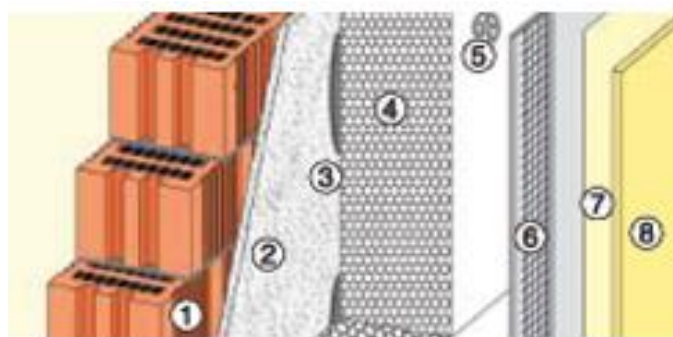
На основу добијених вредности се види да је остварена уштеда електричне енергије за грејање. Уштеда у процентима остварена овом изолацијом у току сваког месеца грејне сезоне приказана је на слици 34. Уштеда електричне енергије за грејање, за целу грејну сезону, другог случаја у односу на први износи 28%.



Слика 34 Процентуална уштеда електричне енергије на месечном нивоу другог случаја у односу на први

9.3 Трећи случај

Фасада као вертикални надземни део омотача објекта, требало би да буде тако пројектована и изведена да трајно штити објекат од атмосферских и механичких утицаја, да пружи топлоту, звучну и противпожарну заштиту. Фасада је стално изложена, са једне стране деформабилним утицајима конструкције објекта чији је саставни део, а са друге стране атмосферским и климатским условима средине у којој се објекат налази. Основни захтев за фасадом једног објекта је трајност у предвиђеном року експлоатације, док је други водонепропустљивост фасаде. Разлика између ова два захтева је што је трајност фасаде у функцији времена а водонепропустљивост фасаде може бити проузрокована већ првом кишом после завршетка објекта. На слици 35 приказани су нивои монтаже изолације [12].



Слика 35 Изаолација спољашњег зида [12]

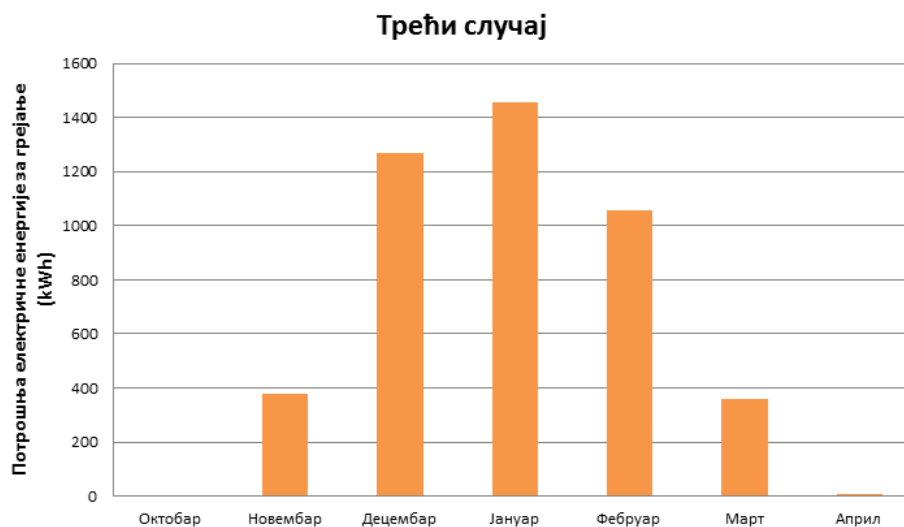
- | | |
|---------------|--------------------|
| 1. Зидани зид | 5. Типлови |
| 2. Малтер | 6. Лепак |
| 3. Лепак | 7. Фасадна подлога |
| 4. Стиропор | 8. Фасадни малтер |

У тренутном случају, коефицијент пролаза топлоте не задовољава вредности дефинисане у правилнику о енергетској ефикасности. Изаолација од 5 cm није довољна да би се добио коефицијент мањи од $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Предложено је да се у овом случају на већ постојећу изолацију дода 5 cm. У табели 11 су представљени слојеви новонасталог зида чија се ситуација симулира.

Табела 11. Слојеви спољашњег зида

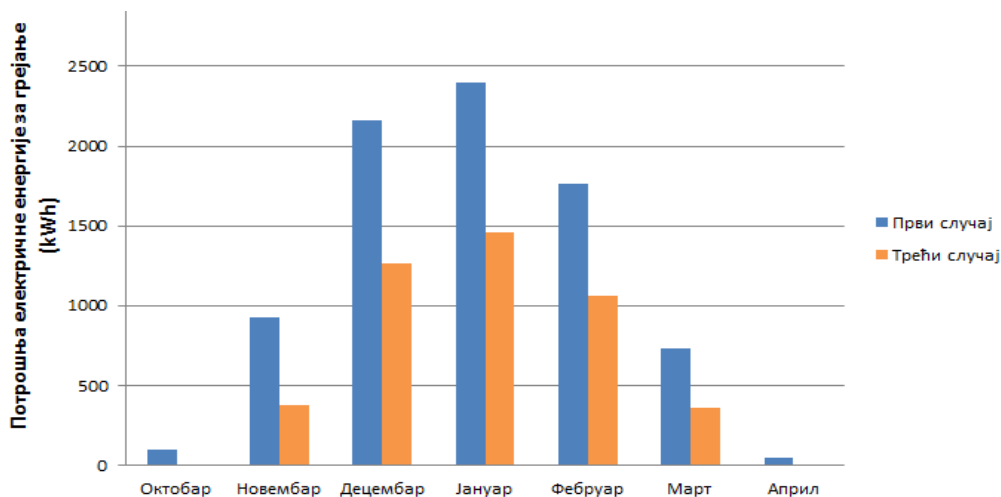
Слојеви	Спољашњи зид
1.	Пигментни фасадни малтер
2.	Стиропор 5 cm
3.	Пигментни фасадни малтер
4.	Стиропор 5 cm
5.	Шупљи блок
6.	Кречни малтер

Нова израчуната вредност коефицијента пролаза топлоте износи $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$. На слици 36 представљени су резултати укупне потрошње електричне за грејање на месечном нивоу, када би поред тавана био и додатно изолован спољашњи зид.



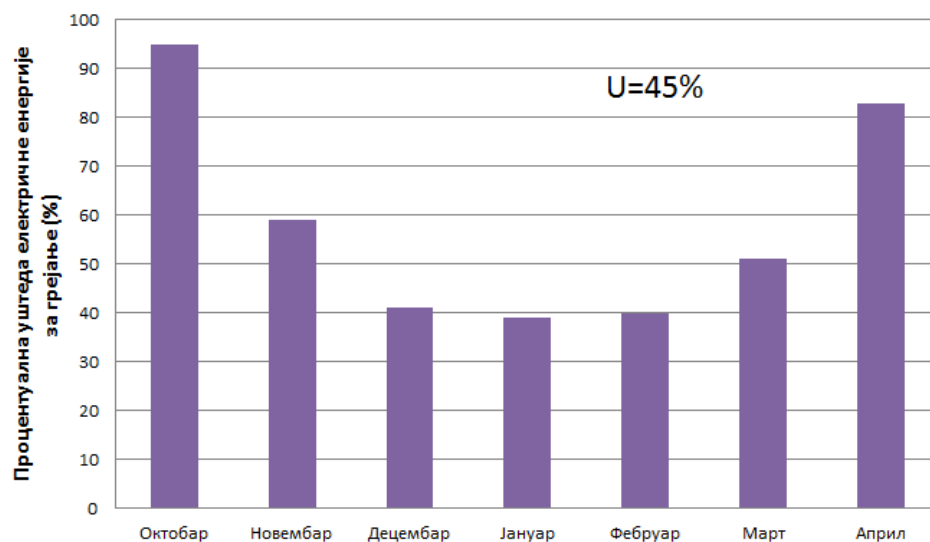
Слика 36 Потрошња електричне енергије за грејање на месечном нивоу у трећем случају

На слици 37 дата је упоредна анализа потрошње електричне енергије за грејање на месечном нивоу првог и трећег случаја.



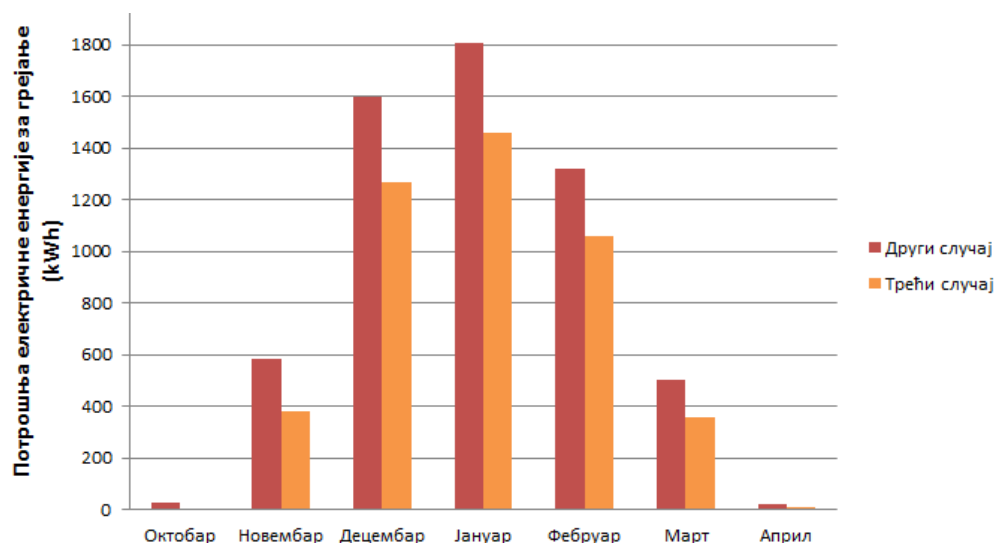
Слика 37 Упоредни приказ потрошње електричне енергије на месечном нивоу за први и трећи случај

Месечна уштеда електричне енергије у процентима остварена за овај случај приказана је на слици 38. Уштеда електричне енергије за грејање, за целу грејну сезону, трећег случаја у односу на први износи 45%.



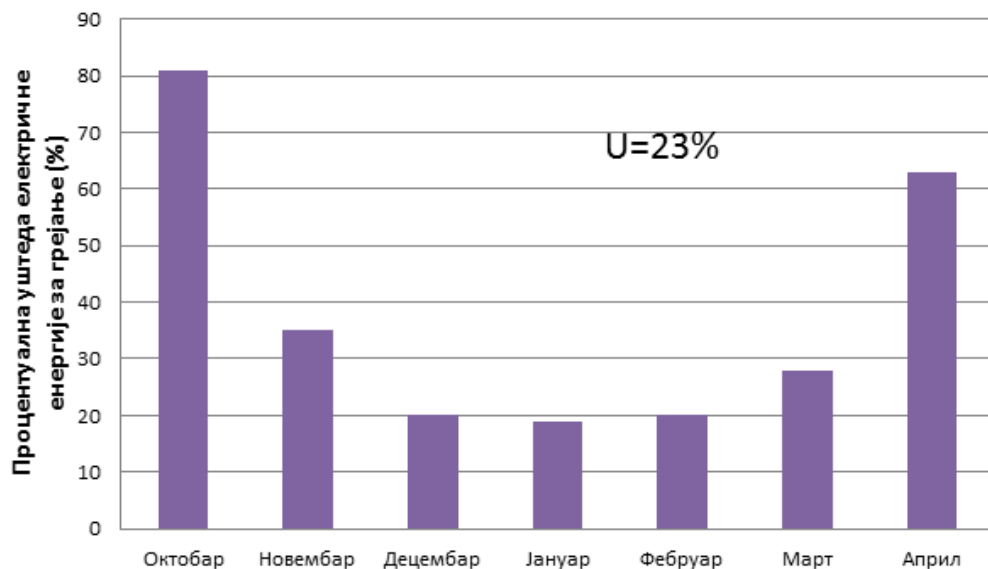
Слика 38 Процентуална уштеда електричне енергије, на месечном нивоу трећег случаја у односу на први

На слици 39 је дата упоредна анализа потрошње електричне енергије за грејање другог и трећег случаја.



Слика 39 Упоредни приказ потрошње електричне енергије на месечном нивоу за други и трећи случај

Уштеда електричне енергије у процентима на месечном нивоу остварена у овом случају приказана је на слици 40. Уштеда електричне енергије, за целу грејну сезону, трећег случаја у односу на други износи 23%.



Слика 40 Процентуална уштеда електричне енергије на месечном нивоу трећег случаја у односу на други

9.4 Четврти случај

Коси кров је део објекта који је често запостављен када се ради о уштеди енергије, заштити од буке и пожара. Кровна конструкција је највише изложена атмосферским утицајима па је веома важно да се квалитетно изолиује кров (Слика 41) [2].



Слика 41 Изолација косог крова са унутрашње стране [12]: 1-парна брана; 2-стаклена вуна; 3-камена вуна; 4-паропропусна-водонепропусна фолија

Као једно од понуђених решења, јесте изолација која се поставља следећим редоследом:

1. Парна брана
2. Стаклена вуна
3. Камена вуна
4. Паропропусна-водонепропусна фолија

Пошто га најчешће чини лака дрвена конструкција, а као највише изложен спољним утицајима, лети се брзо прегрева, а зими хлади. Минерална вуна је врхунски термоизолатор који пружа идеалну термичку заштиту у хладној сезони. У летњем периоду долази до прегревања тавана. Температура испод кровног покривача може достићи чак 80°C, при чему се неадекватан изолациони материјал топи. Минерална вуна је у потпуности топлотно стабилна, теже се загрева, дуже чува топлоту и доста касније је отпушта у унутрашњи простор за разлику од других термоизолационих материјала, одржавајући тако пријатну температуру у животном простору. У табели 12 су представљене конструкције крова са изолацијом минералном вуном [2].

Табела 12. Конструкција крова

Слојеви	Конструкција крова
1.	Цреп
2.	Иверна плоча
3.	Фолија
4.	Камена вуна
5.	Стаклена вуна
6.	Парна брана

Карактеристике ових материјала дате су у Табели 13.

Табела 13. Карактеристике изолационих материјала [8]

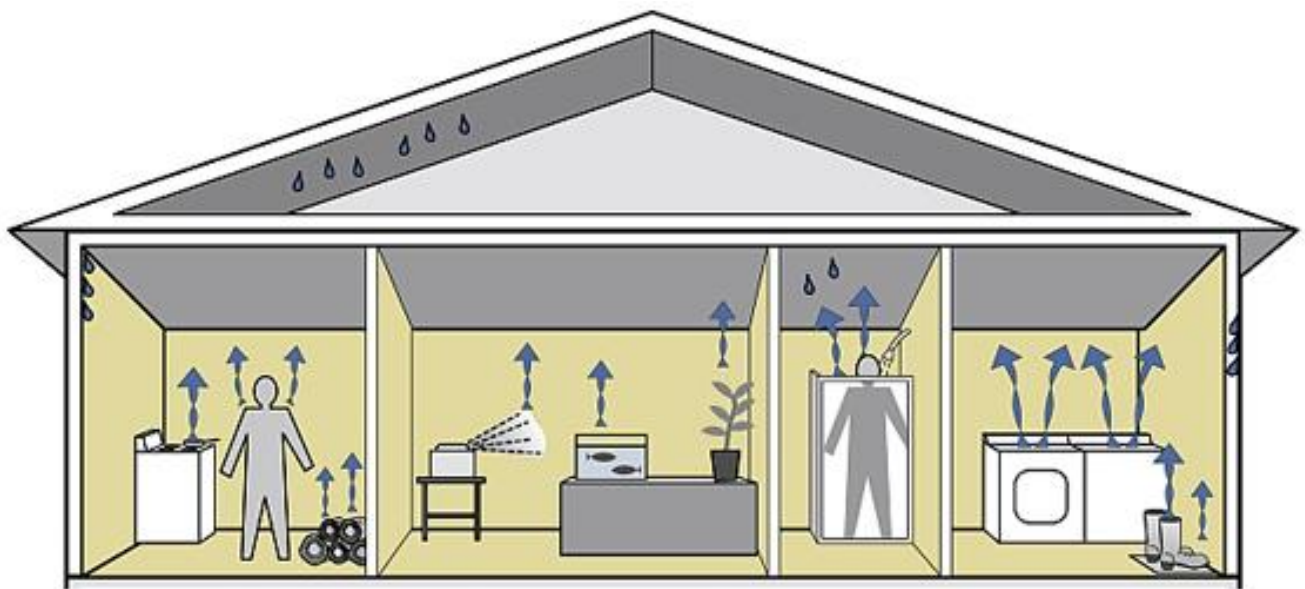
Материјал	Густина ρ kg/m ³	Специфична топлота c J/(kgK)	Топлотна проводљивост λ W/(mK)	Дебљина материјала δ m
1.Парна брана	1000	1250	0,19	0,002
2.Камена вуна	80	840	0,034	0,14
3.Стаклена вуна	30	840	0,032	0,14
4.Паропропусна- водонепропусна фолија	1200	960	0,19	0,002

У овом случају користе се кровна фолија и парна брана које су неизоставни елементи у модерном грађевинарству. Некада је било уобичајено да се кровови граде са два вентилирајућа слоја, па је једини захтев који се постављао пред кровне фолије био

искључиво водонепропусност. Зато је и било једино могуће да се користе битуменске паронепропусне траке. Данашњи стил градње подразумева употребу материјала високог квалитета који гарантују дуговечност конструкције [2].

Улога парне бране је да спречи нагли продор водене паре из грејаног простора у кровну конструкцију где се може кондензовати. Када се влажан и топао ваздух из унутрашњих просторија креће кроз шупљине и пукотине у конструкцији ка хладнијим зонама објекта, водена пара се може претворити у течну. Ова кондензација представља станиште за гљивице и буђи. На тај начин грађевински елементи могу бити оштећени. Ако влага продре у изолациони материјал, његова изолациона својства могу бити смањена. Таква својства доводе до акумулирања влаге у конструкцији изазивајући тако оштећење конструкције. Парна брана контролише овај процес и зато се она поставља испод изолације тј. ка ентеријеру (Слика 42).

Паропропусна-водонепропусна фолија има улогу да спречи продор кише и снега у кровну конструкцију, али и да омогући воденој пари која је ту доспела из стамбеног простора, несметани пролазак кроз њу у спољашност [2].



Слика 42 Пролаз кондензата кроз конструкцију [2]

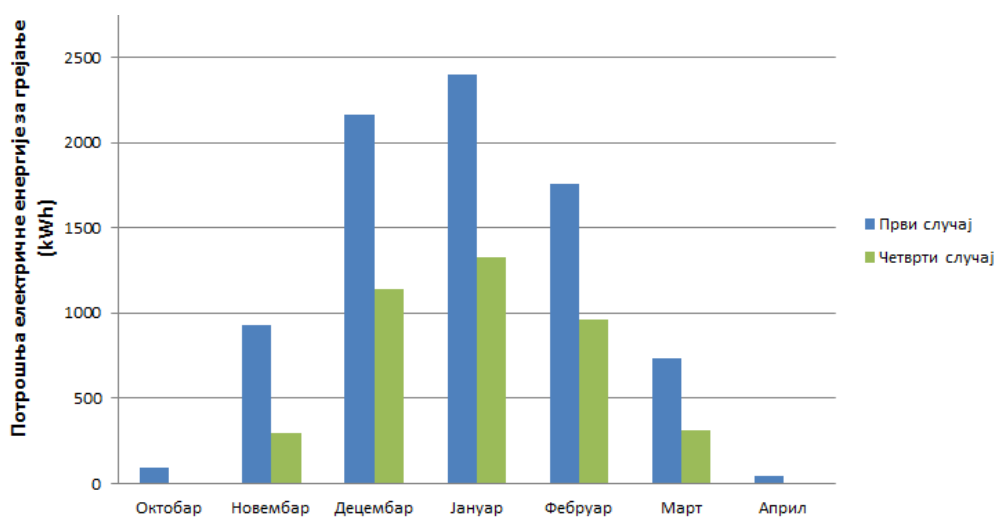
Израчуната вредност коефицијента пролаза топлоте за овај случај износи $0,113 \text{ W/m}^2\text{K}$. Та вредност задовољава услове правилника о енергетској ефикасности од $0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$.

На слици 43 представљен је дијаграм потрошње електричне за грејање на месечном нивоу, за четврти случај.



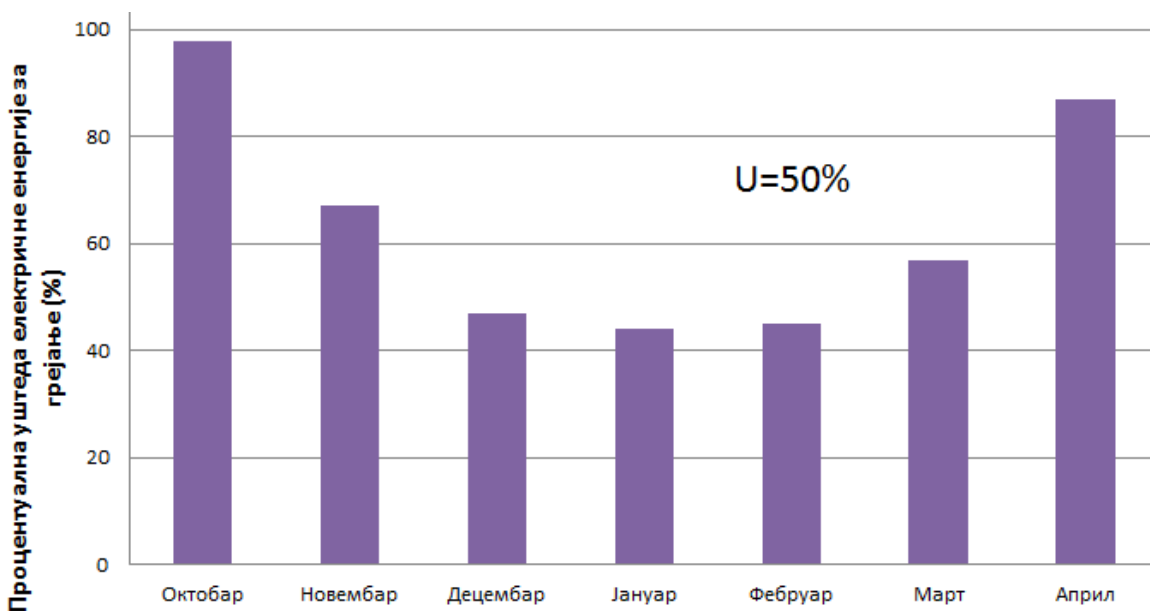
Слика 43 Потрошња електричне енергије за грејање на месечном нивоу у четвртом случају

На слици 44 дата је упоредна анализа потрошње електричне енергије за грејање на месечном нивоу за први и четврти случај.



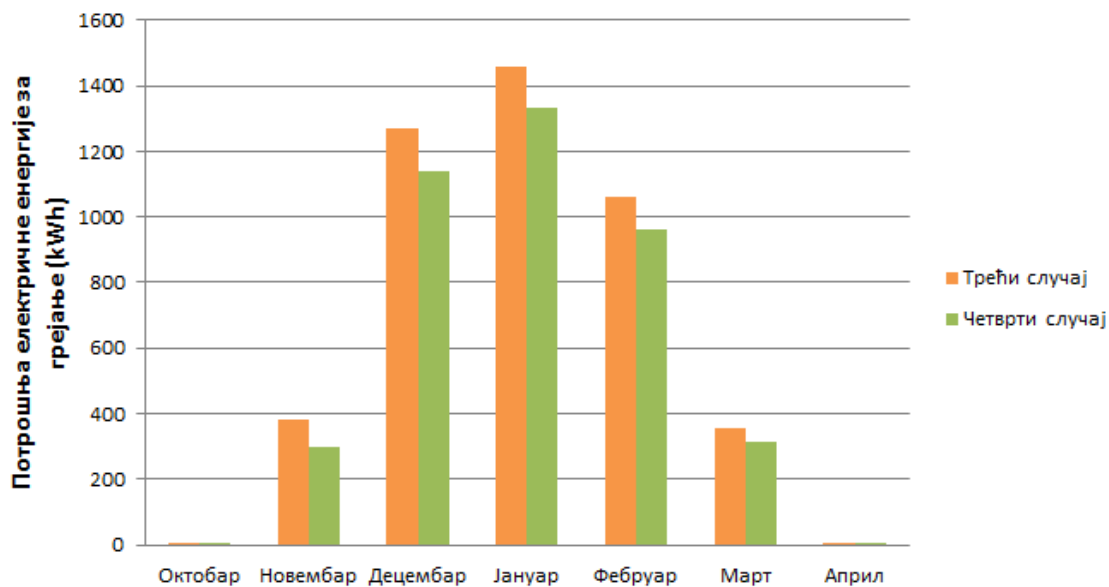
Слика 44 Упоредни приказ потрошње електричне енергије на месечном нивоу за први и четврти случај

Месечна уштеда електричне енергије у процентима остварена у овом случају приказана је на слици 45. Уштеда електричне енергије за грејање, за целу грејну сезону, четвртог случаја у односу на први износи 50%.



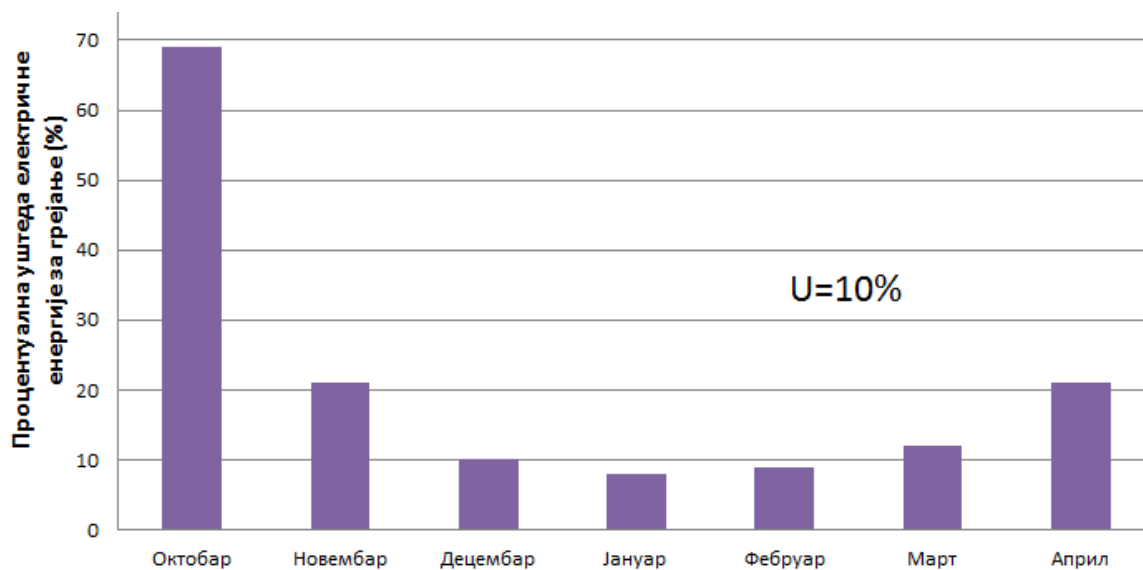
Слика 45 Процентуална уштеда електричне енергије на месечном нивоу четвртог случаја у односу на први

На слици 46 је дата упоредна анализа потрошње електричне енергије за грејање за трећи и четврти случај.



Слика 46 Упоредни приказ потрошње електричне енергије на месечном нивоу за трећи и четврти случај

Месечна уштеда електричне енергије у процентима остварена у овом случају приказана је на слици 47. Уштеда електричне енергије за грејање, за целу грејну сезону четвртог случаја у односу на први износи 10%.



Слика 47 Процентуална уштеда електричне енергије на месечном нивоу четвртог случаја у односу на трећи

10. Закључак

Стање изолованости објеката у Србији није на завидном нивоу. Углавном се раде само због естетике и без неких детаљних прорачуна. Често се не изолују ни међуспратне конструкције а ни кров. У овом раду је анализиран утицај изолације конструкција омотача једног постојећег стамбеног објекта на потрошњу енергије за грејање. Објекат има делимично изолован спољни зид и под. Анализирана су четири случаја. Први случај представља тренутно стање објекта, са изолацијом спољашњег зида од 5 cm без изолованости крова и тавана. Други случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана. Трећи случај је везан за изолацију међуспратне конструкције тавана и изолацију спољашњег зида. Четврти случај се односи на изолацију међуспратне конструкције тавана, додатну изолацију спољашњег зида и изолацију косог крова. Симулацијом термичког понашања објекта добијени су резултати који указују на то да је највећа потрошња електричне енергије за грејање у првом случају а најмања у четвртном случају. Постављањем изолације на таванској међуспратној конструкцији може се уштедети 28% електричне енергије. Постављањем додатне изолације спољњег зида од 5 cm уз изоловану таванску међуспратну конструкцију може се уштедети 45% електричне енергије у односу на први случај, а 23% електричне енергије у односу на други случај. Постављањем изолације косог крова са унутрашње стране, поред изолације таванске међуспратне конструкције и спољњег зида, може се уштедети 50% електричне енергије, а 10% у односу на трећи случај.

11. Литература

- [1] <http://www.designn2.com/home/energetska-efikasnost-gradevinskih-objekata> (Pristupljeno 25.09.2016.)
- [2] <http://www.knaufinsulation.rs/sr> (Pristupljeno 20.09.2016.)
- [3] [http://www.df.uns.ac.rs/files/200/kristina_fodor_-_diplomski_rad_\(d-601\).pdf](http://www.df.uns.ac.rs/files/200/kristina_fodor_-_diplomski_rad_(d-601).pdf) (Пристапљено 20.09.2016.)
- [4] Todorović, M., Bogner, M., Denić, N., O izolaciji, ETA, Beograd, 2012.
- [5] <http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/1029/820/debelo-umotano-izolacija-od-konoplje-eps-a-mineralne-vune-drvene-strugotine> (Пристапљено 14.10.2016.)
- [6] http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/download/ee/TP6_GradjevinskiMaterijaliISklopovi_Veliborka_Bogdanovic.pdf (Пристапљено 20.09.2016.)
- [7] Lukić, N., Prenos toplote i mase-skripta, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Predavanja 2015.
- [8] Todorović, B., Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet u Beogradu, 2009.
- [9] <http://xn--j1ahb.xn--d1at.xn--90a3ac/osnovna-skola/tio/programi-za-skolu/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%B5/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D0%B4/google-sketchup> (Пристапљено 20.09.2016.)
- [10] <http://www.sketchup.com/> (Пристапљено 15.09.2016.)
- [11] <https://energyplus.net/downloads> (Пристапљено 15.09.2016.)
- [12] <http://www.austrotherm.rs/> (Пристапљено 25.09.2016.)