

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Енергетска ефикасност објеката

Број индекса: 918/2015

Живана П. Драгић

Моделирање зграда у окружењу софтвера SketchUp са додатком Open Studio

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Данијела Николић доцент - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да представи детаљан поступак конструкције стамбеног објекта у програму SketchUp са додатком Open Studio, кроз избор оријентације објекта, креирање зона које представљају сваку просторију посебно и елемената грађевинске столарије. Посебан осврт дати на обележавање грађевинске столарије, плафона, подова, прозора, врата, зидова и крова. Приказати додатна обележавања елемената зграде у програму Energy Plus и дати осврт на значај поменутих софтвера.

Препоручена литература:

[1] ENERGYPLUS, Input Output Reference - The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, University of Illinois & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.

[2] Google SketchUp software

[3] Open Studio plug-in for Google SketchUp

Ментор:

Крагујевац, април 2019.

Др Данијела Николић, доцент

Резиме

У раду је представљен детаљан поступак конструкције објекта у софтверу SketchUp са додатком Open Studio, почев од избора оријентације објекта и креирања зона (просторија) стамбеног објекта, елемената грађевинске столарије, преко обележавања зидова, прозора и врата до финализације комплетног објекта који представља улазну датотеку за софтвер EnergyPlus који служи са симулацију енергетског понашања зграда.

Кључне речи: зграда, обележавање, симулација

Abstract

This thesis presents a detailed procedure for constructing an object in SketchUp software with Open Studio plug-in, starting with selecting the orientation of the object and creating zones (rooms) of residential buildings, elements of building joinery, through marking walls, windows and doors to finalizing the complete object representing the input file for EnergyPlus software that serves to simulate the energy behavior of buildings.

Keywords: building, marking, simulation

Садржај

1. Увод.....	1
2. Модел у Google SkechUp.....	3
2.1. Моделирање зидова и кровне конструкције зграде	3
2.2. Кровна конструкција	11
2.3. Материјали за покривање кровова	12
2.4. Прозори	16
2.4.1. Правилна оријентација прозора	16
2.4.2. Карактеристике прозора	18
2.5. Врата.....	20
3. Обележавање конструкција	23
3.1. Обележавање просторија- зона	23
3.2. Обележавање зидова	24
3.3. Обележавање прозора и врата.....	27
3.4. Обележавање пода крова.....	28
4. Спајање елемената зграде у Open Studio додатку.....	30
5. Додатно моделирање зграде у софтверу EnergyPlus.....	31
6. Закључак	35
7. Литература	36

1. Увод

Данас, када је на тржишту присутно на десетине програмских пакета који пружају могућност пројектовања одрживих зграда (sustainable buildings), погрешно би било не користити их. Могућности које нуде ови програми се пружају практично у бесконачност, а већина њих је прилично лака и интуитивна за коришћење. [1]

У раду су коришћени програми Energy Plus и Google SketchUp са Open Studio додатком. Ови програми нуде детаљне прорачуне потрошње енергије (систем за грејање и хлађење, вентилацију, осветљење,...) будућег објекта како би пројектант могао да пронађе оптимална конструктивна и обликована решења, да изабере материјале, додатне системе управљања објектом, итд.

Google SketchUp 8 је најједноставнија апликација за моделирање тродимензионалних објеката и сцена. SketchUp Studio садржи све алате потребне за цртање у 3D, анализу и побољшање перформанси зграде и креативно документовање.

Sketch Up је програм за 3D моделирање који може користити више корисника различитих занимања. Једноставан је за употребу и користи се као савршен програм за развој графичких и идејних решења. Основни прозор се састоји од насловне линије, главног менија, линије за форматирање, кутија са алаткама, радних површина, сцена, статусне линије и поља за приказивање вредности. [2]

Софтвер омогућава постављање модела зграде помоћу система реалних координата, омогућава површинске приказе и подржава постављање модела у GoogleEarth апликацији. Доступан је за бесплатно коришћење и веома лак за употребу. Постоје десетине видео туторијала као и помоћни центар (Help Centre) за заједницу корисника широм света. OpenStudio је додатак софтверском пакету GoogleSketchUp којим се симулација енергетског понашања зграде у EnergyPlus-у повезује са 3D окружењем GoogleSketchUp-a.

Овај софтвер дозвољава кориснику да креира улазни фајл EnergyPlus-a преко стандардних алата SketchUp-a, додајући при томе што више детаља и информација потребних за конструкцију зона и површина зграде. Он омогућава једноставно креирање геометрије зграде од самог почетка: формирање зона (просторија), конструкција зидова кроз које се врши пренос топлоте, цртање прозора и врата, цртање засенчених површина итд. Корисници програма могу сачувати све информације у улазној датотеци EnergyPlus-a. У жељеном тренутку може се покренути симулација креиране зграде у EnergyPlus-у и кроз добијене резултате симулације уочити евентуалне грешке и пропусти у дизајну. [3]

Open Studio је мулти-платформа (Windows, Mac, and Linux) колекција софтверских алата за подршку читавог енергетског моделирања зграда коришћењем софтвера EnergyPlus.

Open Studio је пројекат отвореног кода који олакшава развој заједнице, ширење и усвајање приватног сектора. Open Studio укључује графичке интерфејсе. Додатак омогућава корисницима да брзо креирају геометрију и додељују атрибуте простора користећи уграђену функционалност SketchUp-а укључујући постојеће алате за цртање, интеграцију са Google Earth, Макер за изградњу и Photo Match. Апликација Open Studio је алат за графичко моделирање енергије. То укључује визуелизацију и уређивање распореда, уређивање конструкција и материјала оптерећења, интерфејс повлачења и падања за примену ресурса на просторе и зоне, визуелни алат за дизајн грејања и климатизације грејања и грејања воде, и визуелизацију резултата на високом нивоу. [4]

Светлост се такође може интегрисати у ток симулације. Ово се постиже коришћењем годишње симулације за мерење дневног светла, а затим креирањем распореда коришћења електричног осветљења за EnergyPlus. Open Studio такође нуди моделом интегрисани приступ подацима из библиотеке компоненти зграде. ParametricAnalysisTool омогућава корисницима да модификују основни модел Open Studio користећи Open Studio мере за производњу алтернативних дизајна. Мере Open Studio су пратеће датотеке за измену енергетских модела у Open Studio или EnergyPlus формату. RunManager олакшава постављање у редове чекања и истовремено покретање симулација EnergyPlus, а ResultsViewer омогућава прегледање, цртање и упоређивање података из излазне временске серије EnergyPlus.

Програм EnergyPlus је скуп бројних програмских модула који раде заједно, у циљу израчунавања енергетских потреба зграде, користећи при томе различите системе и енергетске изворе. То се постиже симулацијама понашања зграде и пратећих енергетских система када су они изложени различитим еколошким и радним условима. Основа симулације је модел зграде заснован на основним принципима топлотног биланса. Ниједан програм није у могућности да сам изврши сваку могућу симулацију реалних ситуација. Тако и EnergyPlus даје могућност пројектовања система за грејање, хлађење и климатизацију директно или индиректно кроз линкове ка другим програмима, а све у циљу прорачуна топлотног оптерећења и/или потрошње енергије током једног дана или знатно дужих периода (и до једне године). [5]

2. Модел у Google SkechUp

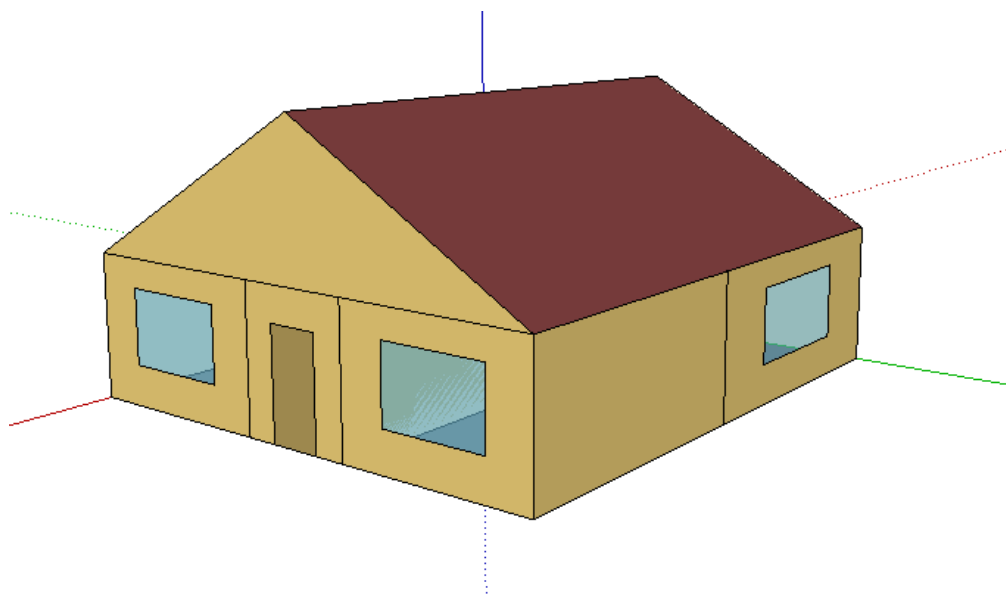
Зграда или кућа представља грађевину са кровом и зидовима у којој се користи енергија ради остваривања одређених термичких параметара средине. Намењена је за боравак људи, односно за смештај биљака и ствари и за обављање неке делатности. Састоји се од грађевинских елемената, техничких система и уређаја и уграђене опреме. Кућа обезбеђује склониште од временских услова, ветра, врућина, хладноће...

Куће и остали објекти граде се од разних грађевинских материјала. За изградњу зграда најважнији материјали који се данас користе су: бетон, цемент, дрво, гипс, камен, опека, песак, алуминијум,...

Основна својства грађевинских материјала су топлотна проводљивост (коефицијент топлотне проводљивости), акумулативност топлоте (параметри акумулативности топлоте за топлотну стабилност), отпор дифузији водене паре (параметар дифузије водене паре), водоотпорност, отпорност на пожар, могућност рециклаже, енергија и емисија штетних гасова при производњи.

2.1. Моделирање зидова и кровне конструкције зграде

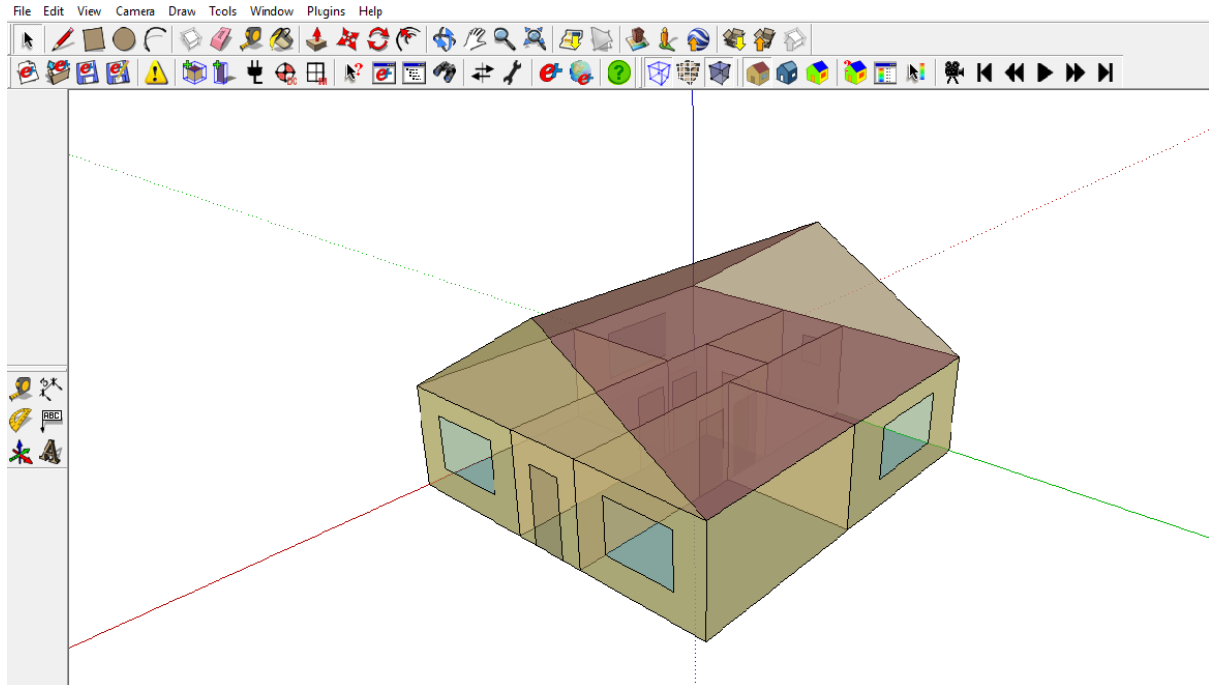
При пројектовању зграда потребно је извршити термално зонирање зграде, односно, груписати просторије у згради у складу са њиховим температурним захтевима. Просторије које захтевају веће температуре пројектовати тако да могу максимално користити природне потенцијале локација (зеленило, сунце). Пасивни систем употребе Сунчеве енергије је основни и најјефтинији начин коришћења енергије из околине. Ако је могуће, одабрати локацију изложену сунцу, која није у сенци од других зграда, а заштићена је од јаких ветрова. При пројектовању објекта потребно је правилно оријентисати просторије према странама света. Погодно је отворити кућу према југу, а затворити према северу.



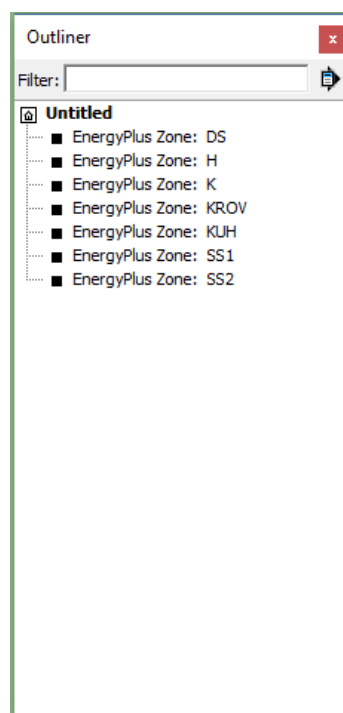
Слика 1. Кућа која ће се представити у корацима

На слици 1. је приказан породични објекат који се састоји од шест просторија. Дневна соба и спаваћа соба 2 су окренути према јужној страни, док је кухиња, купатило и спаваћа соба 1 окренути према северу.

На слици 2. и 3. је дат пресека зграде са приказом просторија и њиховима називима.



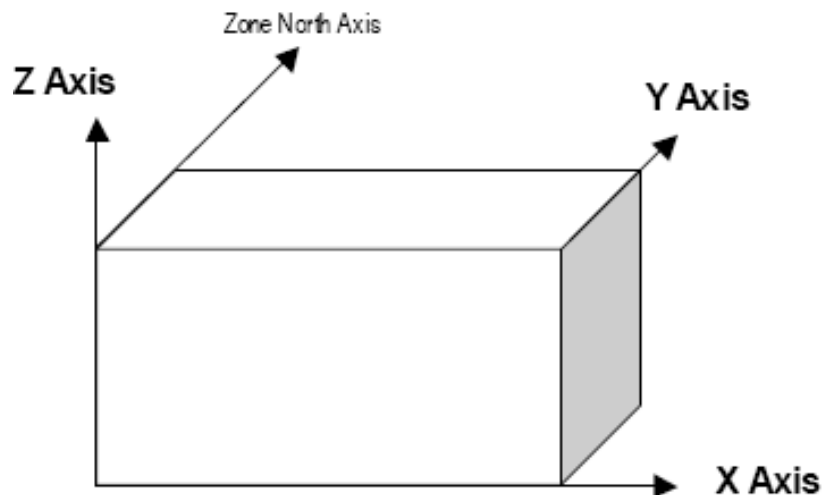
Слика 2. Пресек зграде са приказом просторија



Слика 3. Називи просторија

Прво је потребно одредити стране света на породичном објекту, а пре тога је потребно да се одреди шта је у ствари север за неку зграду.

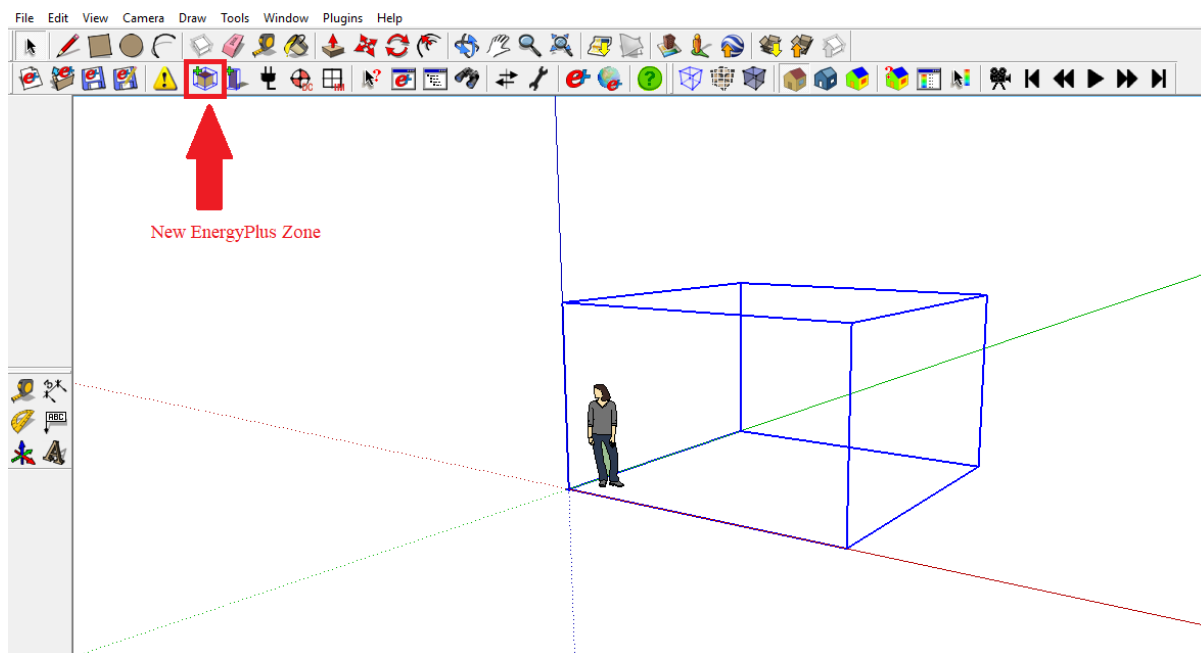
EnergyPlus употребљава тродимензионални (3D) координатни систем за специфицирање тачака површина. Овај координатни систем је у смеру десне руке. При томе је X-оса усмерена према истоку, Y-оса према северу, док је Z-оса усмерена према горњој страни. У OpenStudio, Y-axis= North означена је зеленом бојом.



Слика 4. Координатни систем EnergyPlus-a

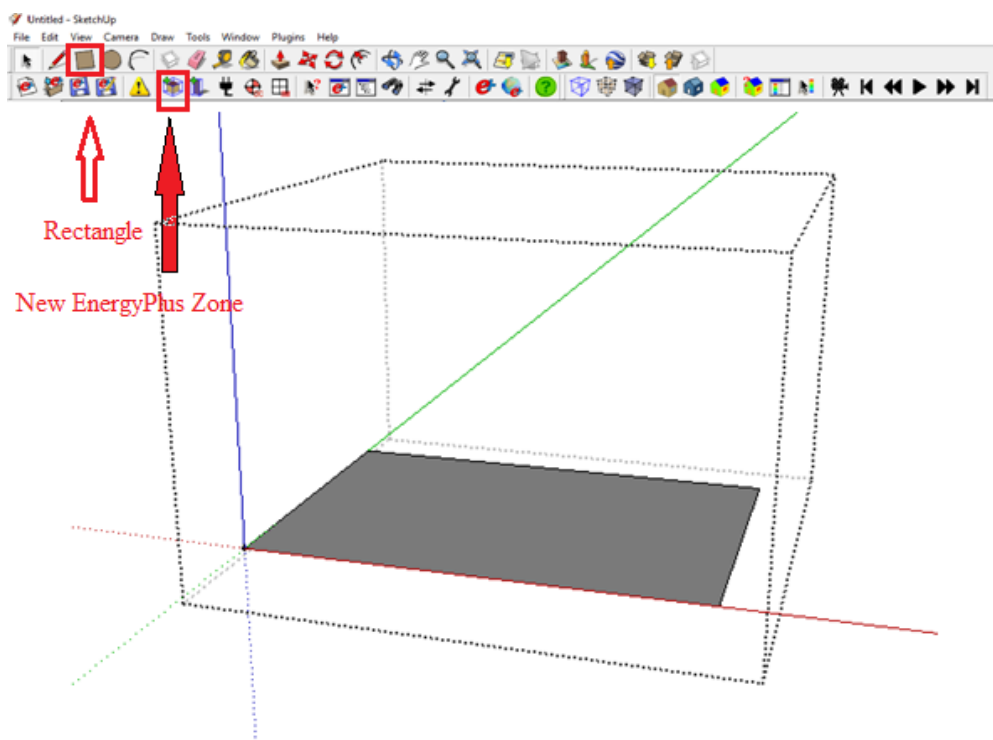
Потребно је да се нацрта свака од просторија као посебна геометријска фигура. Уколико има шест просторија нацрта се шест геометријских фигура. Такође и таван представља просторију. Нацртани зидови, плафони и подови немају дебљину. Њихова дебљина се убацује после нацртане геометрије.

На слици 5. је приказана зона у којој се цртају просторије. Зона се активира кликом на команду *New EnergyPlus Zone*.



Слика 5. Приказ зоне у радом пољу

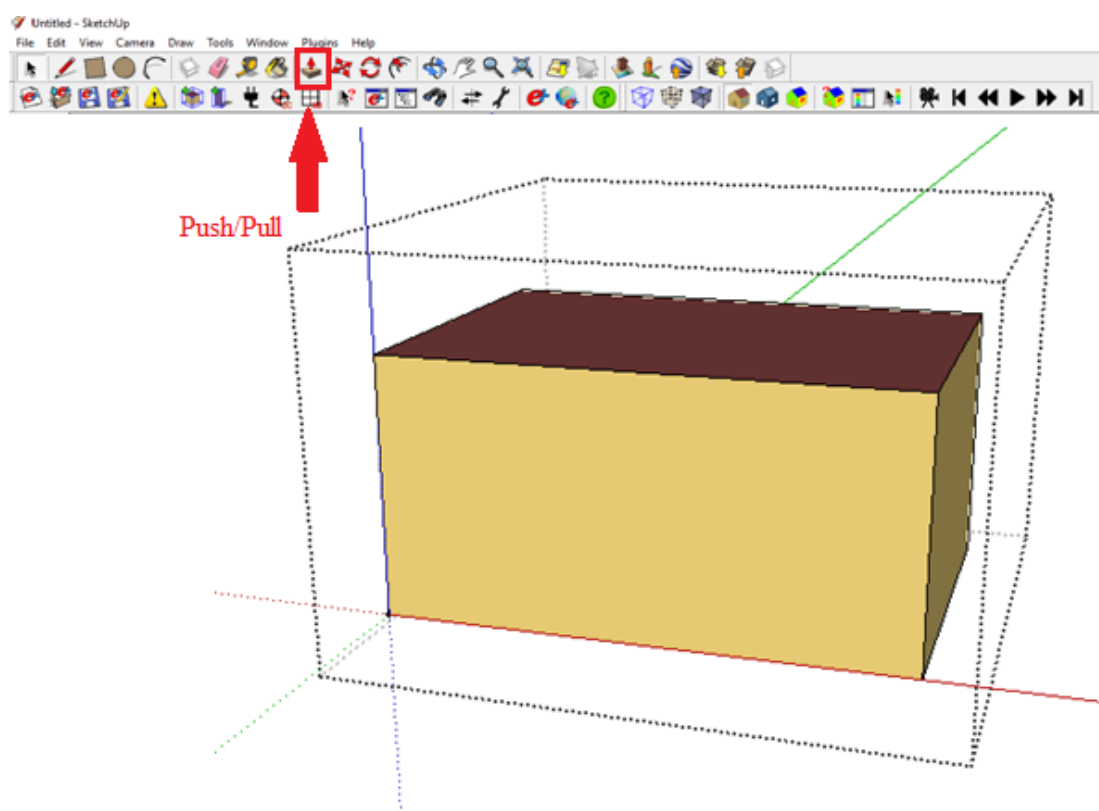
На слици 6. је приказан начин цртања просторија. Нацрта се прва просторија, са прозорима, са спољашњим и унутрашњим вратима. Прво се црта просторија без врата и прозора тако што се активира зона кликом на *New EnergyPlus Zone*. Помоћу опције *Rectangle* црта се правоугаоник који има димензије 5 x 3.5 m. Просторија је спаваћа соба 1 која је окренута ка северној страни.



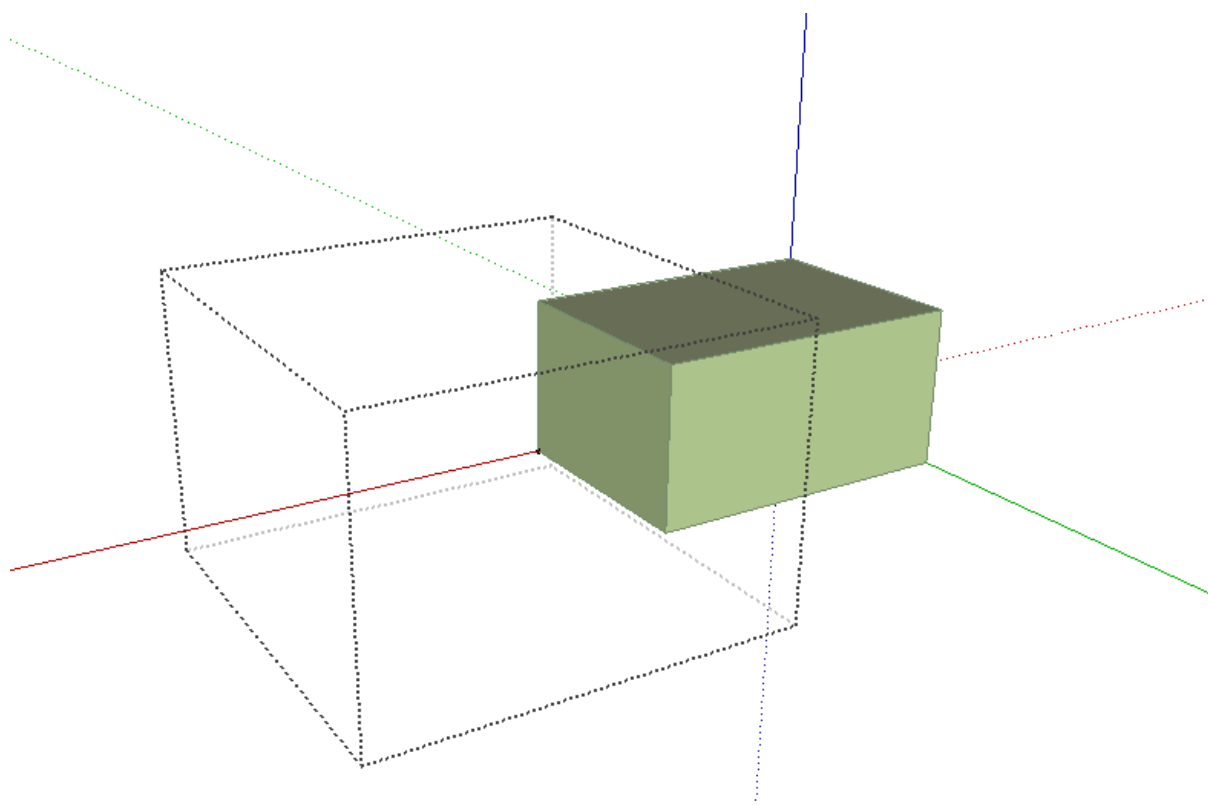
Слика 6. Основа спаваће собе 1

Код пројектовања је важно груписати просторе сличне функције и сличне унутрашње температуре, помоћне просторије сместити на северу, а дневну собу и дечије собе на југу. Јужна страна је топла зона, она има највећу могућност топлотних добитака. На овом положају је најпожељније обезбедити дневне собе, трпезарије, дечије собе...

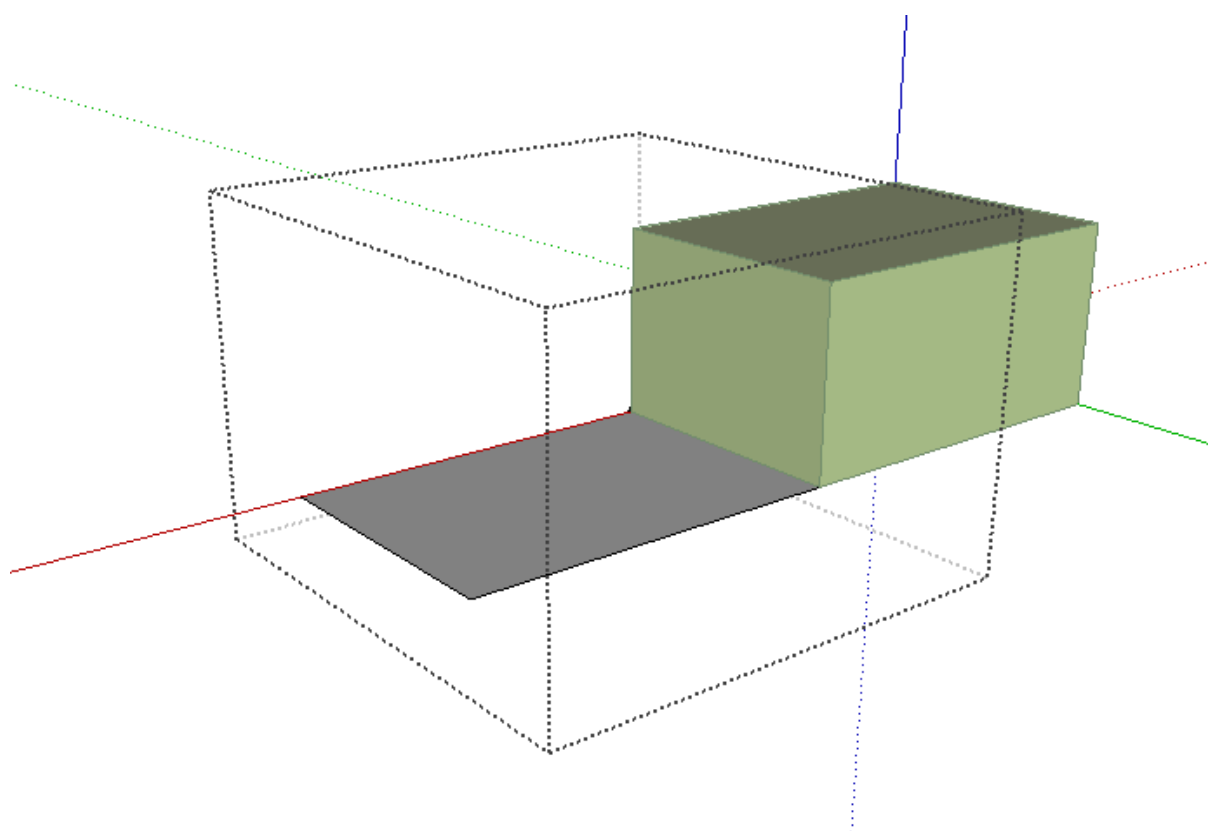
На слици 7. је приказана просторија коју помоћу опције *Push/Pull* пројектујемо висину просторије на 2.5 m. У традиционалној градњи која се примењује у породичној згради висина просторија је 2.8 до 2.9 m. Висине просторија не треба да буду велике због самог загревања просторија у зимском периоду. При пројектовању зграде потребно је да се нађе оптималан однос између површине зидова и прозорских површина, с обзиром на захтеве зграде за енергијом за загревање зими и хлађење лети. Стаклене површине имају мањи отпор провођењу топлоте кроз зидове, па самим тим представљају најслабије елементе сваке фасаде.



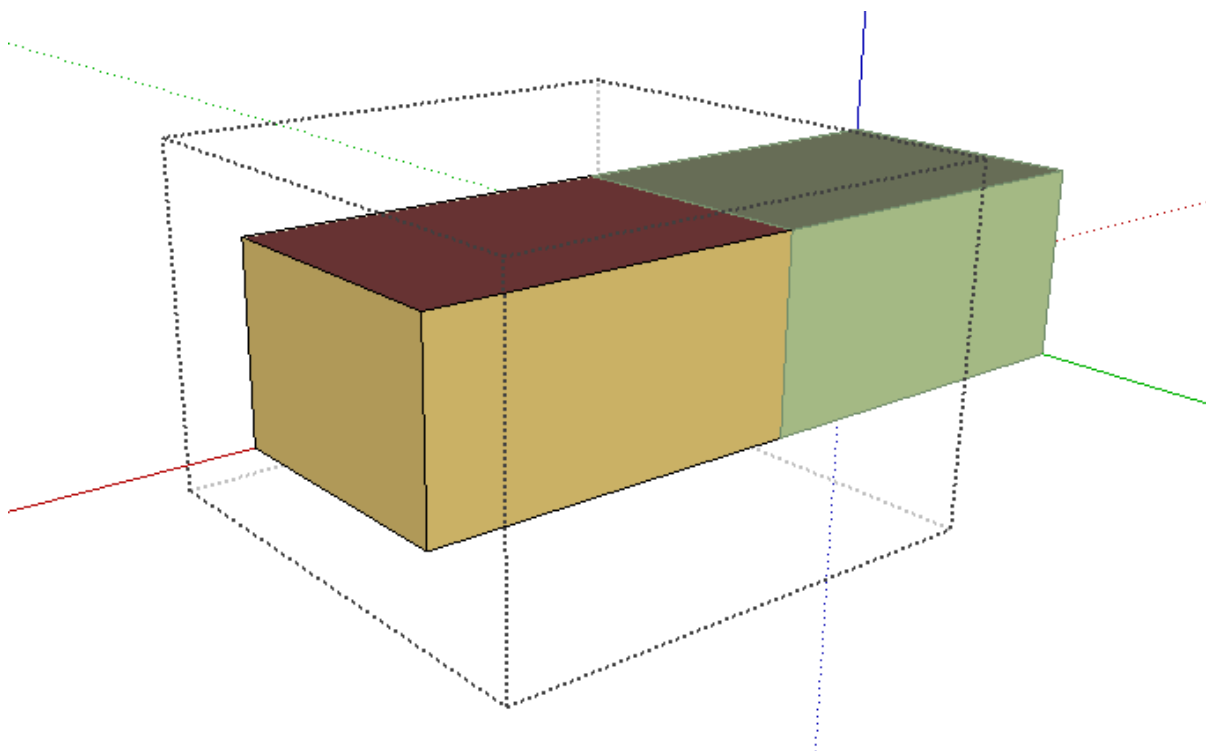
Слика 7. 3D Спаваћа соба 1



Слика 8. Активирање нове зоне

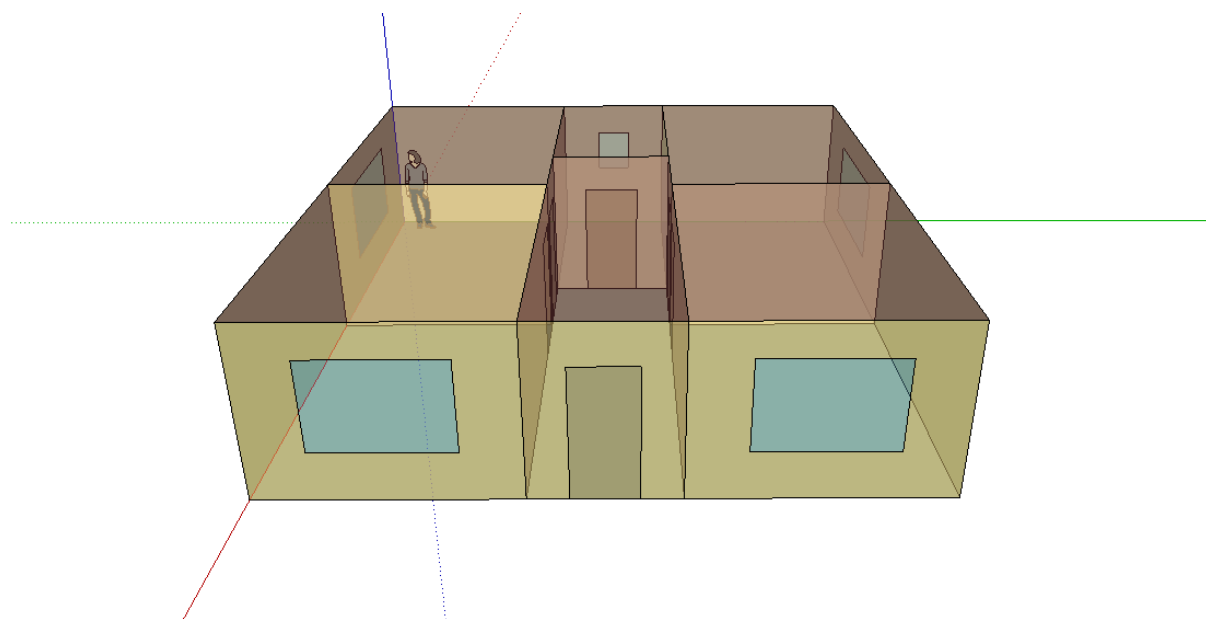


Слика 9. Основа спаваће собе 2

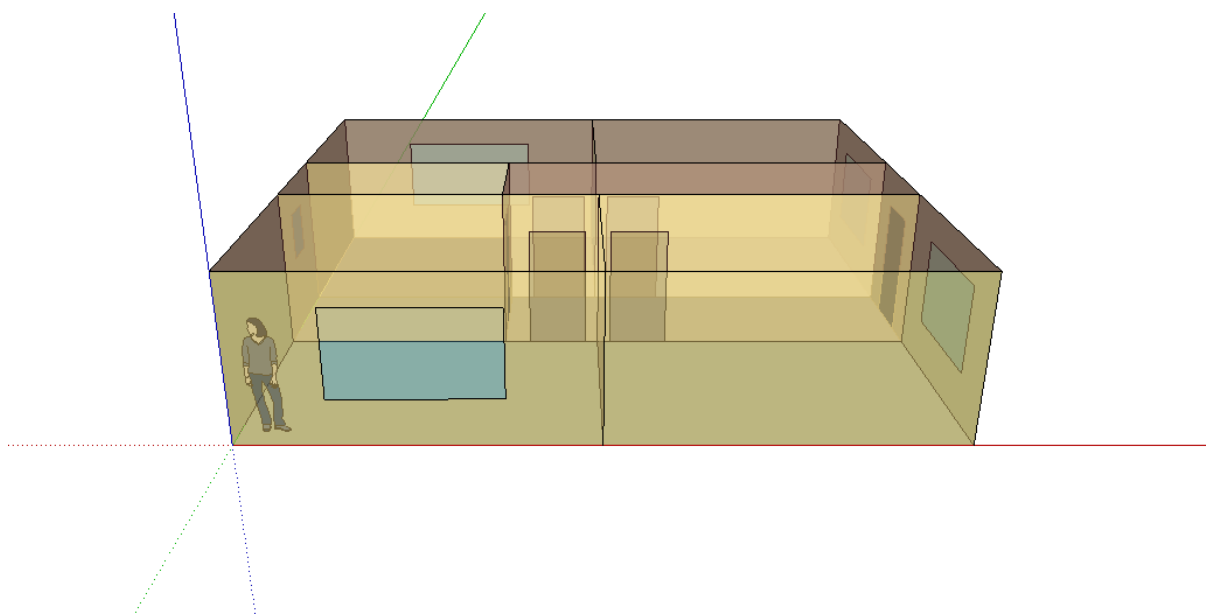


Слика 10. 3D спаваће собе 2

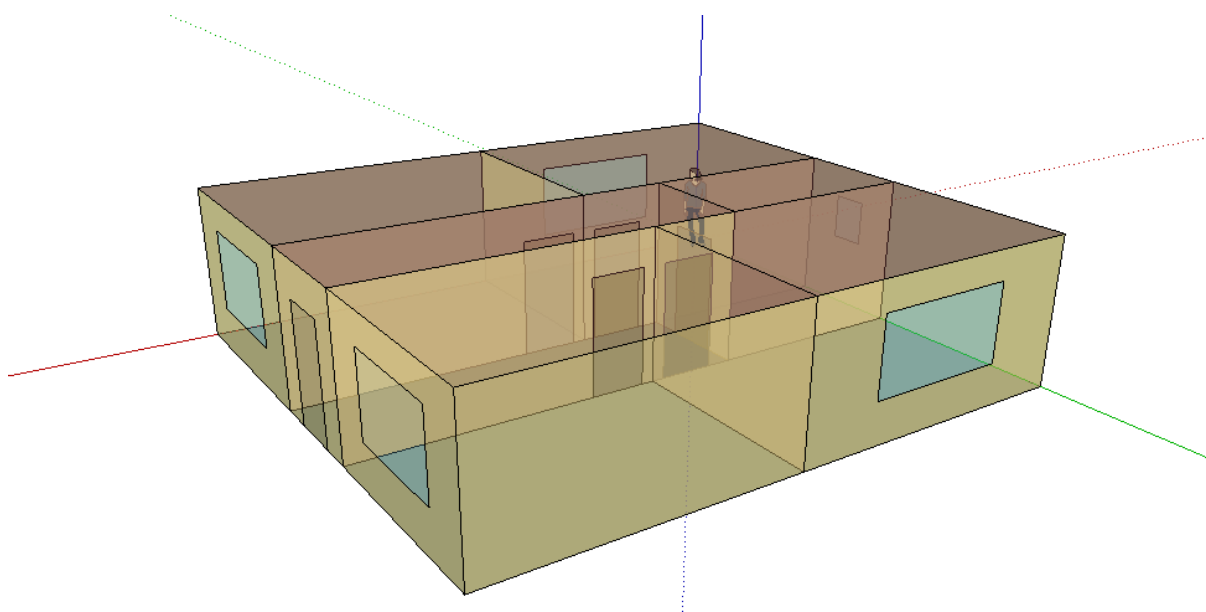
На сликама 8. 9. и 10. је приказано активирање нове зоне, основа и висина друге просторије која се наслања на претходну просторију. Све просторије се цртају на исти начин, што би значило, прво се активира зона кликом на *New EnergyPlus Zone*, па се помоћу опције *Rectangle* црта правоугаоник који чини основу просторије, затим коришћењем опције *Push/Pull* формира се висина просторије.



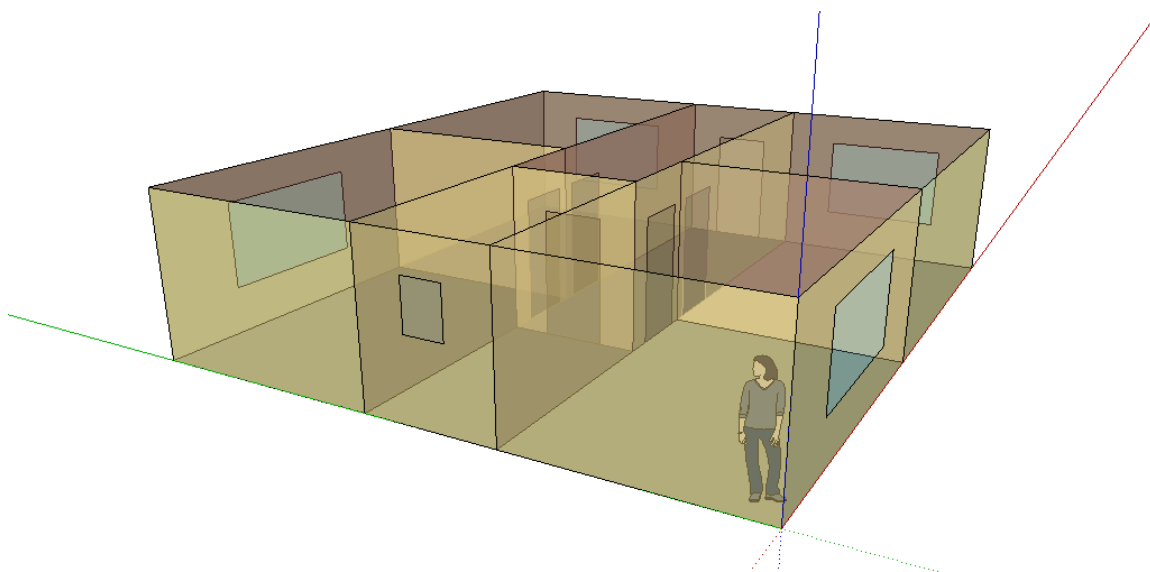
Слика 11. Поглед објекта са предње стране



Слика 12. Поглед објекта са леве стране



Слика 13. Поглед објекта са десне стране



Слика 14. Поглед објекта са задње стране

2.2. Кровна конструкција

Улога крова је од великог значаја не само са аспекта термичке заштите, већ за извођењем ове мере као додатне функције крова, као што су заштита од кише и снега. Основна је подела кровова према броју кровних равни, па тако имамо једноводне, двоводне, итд. (традиционална српска архитектура најчешће познаје четвороводне кровове над објектом правоугаоне или квадратне основе).

Елементи кровова:

Кровове објеката чини неколико основних елемената:

- кровна конструкција (са потконструкцијом)
- кровни покривач
- изолациони слој
- завршни елементи и апликације.

Додатни материјали који служе за хидроизолацију, регулацију влаге, термоизолацију или унутрашње облагање у случајевима када се простор директно под кровом користи, нису пресудни за одређивање типологије крова по материјалу конструкције или покривача.

Конструкција носи кровни покривач и преноси оптерећења ка доњим деловима објекта. Попут зидова, и кровна конструкција може бити масивна (сводови и куполе од пуне опеке, бала сламе, земље, или таванице од армираног бетона) или сачињена од линеарних елемената (дрвене, металне или бетонске решетке, рамови, класичне или ламелиране дрвене кровне конструкције, итд).

Потконструкцију чине помоћни носећи елементи који треба да пренесу оптерећења покривача (изолација, заштитни слој) на конструкцију. Код покривања црепом или лименим таблама користимо помоћне летве за које се покривач учвршћује, код покривања стаклом потконструкција прави поделу стаклене површине и преноси оптерећења на основне носеће елементе. Потконструкција не мора бити од истог материјала као и кровна конструкција (нпр. на бетонским гредама могу се применити метални профили за потконструкцију). Неки савремени системи покривања објеката не захтевају потконструкцију, попут дубокопрофилисаних лимова, кровних сендвич панела, префабрикованих бетонских или фероцементних елемената...

Кровни покривач је део крова који непосредно штити кровну конструкцију и цео објекат од спољашњих утицаја. Доказано је да улога кровних покривача објеката широм света има огроман утицај на глобално загревање. Данас је све чешћи случај да се не препоручују, или чак забрањују, материјали који апсорбују топлоту и стварају тзв. врела острва (урбане средине које су за неколико степени Целзијуса топлије од околине). У првом реду овде спадају асфалтни или кровови са црном изолацијом који имају далеко вишу апсорбну моћ од бетонских или лимених кровова. [6]

2.3. Материјали за покривање кровова

Развој технологије и проналазак нових материјала омогућио је извођење кровова било ког облика, и од било ког материјала, независно од климатске зоне у којој се објекат налази. Материјал конструкције и кровног покривача може бити исти, али и тада се елементи знатно разликују по начину обраде и димензијама. Поред завршног покривног дела систем кровног покривача истовремено може чинити потконструкција, термо и хидроизолација, парна брана, баријера за ваздух...

Опекарски производи - цреп и каналице (ћерамида), дуго су били најприсутнији начини покривања објеката у нашој грађевинској традицији. Цреп има особину дуготрајности и флексибилности – због система преклапања овај кровни покривач није осетљив и на нешто већа померања кровне конструкције наставља да врши своју улогу заштите.

Поновно коришћење је још једна предност покривања кровова опекарским елементима јер свака реконструкција, надоградња и поправка, могу бити изведене, а цреп затим враћен на место и по неколико пута у животном веку објекта. Са друге стране, цреп представља веће оптерећење за кровну конструкцију, а припрема и постављање теку спорије, па је његова примена данас углавном ограничена на мање индивидуалне објекте и тамо где се жели сачувати аутентични амбијент.

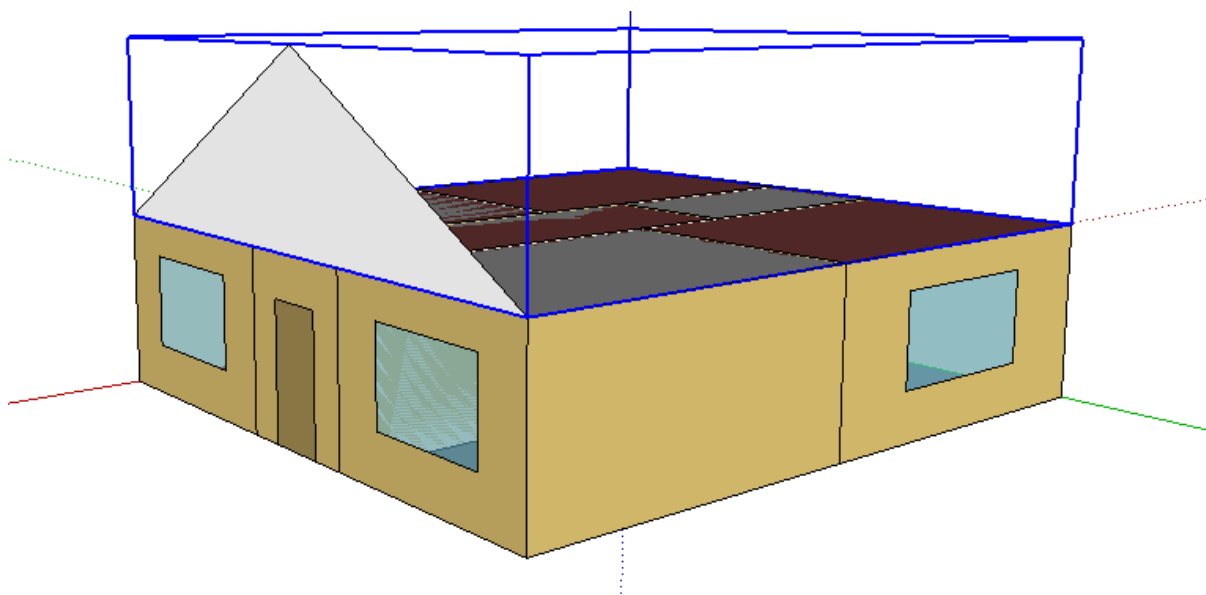
Дрво и трска – покривање кровова укосо постављеним дрвеним дашчицама или трском данас се примењује само када се жели постићи одређени естетски доживљај у изгледу крова.

Кровопокривање таблама лима на двоструки и троструки преклоп једна је од цењенијих грађевинских занатских вештина. Овакви кровови израђују се без иједног пробијања лима који касније треба затворити, па могу да трају веома дуго када су начињени од квалитетних сировина, и адекватно заштићени хемијским процесима, патином или премазима.

Зелени кровови данас представљају најпожељније решење кровних површина, нарочито у градовима. Њима се постижу ниже температуре у самом објекту, већа звучна изолованост објекта, мање загревање урбаних центара, дуготрајнија заштита кровне конструкције и свих изолационих слојева, боље искоришћење атмосферских вода, повећање биодиверзитета у градовима, увођење природног окружења у градска језгра, формирање јавних и полујавних зелених површина, на њима је могуће узгајање здраве хране, итд.

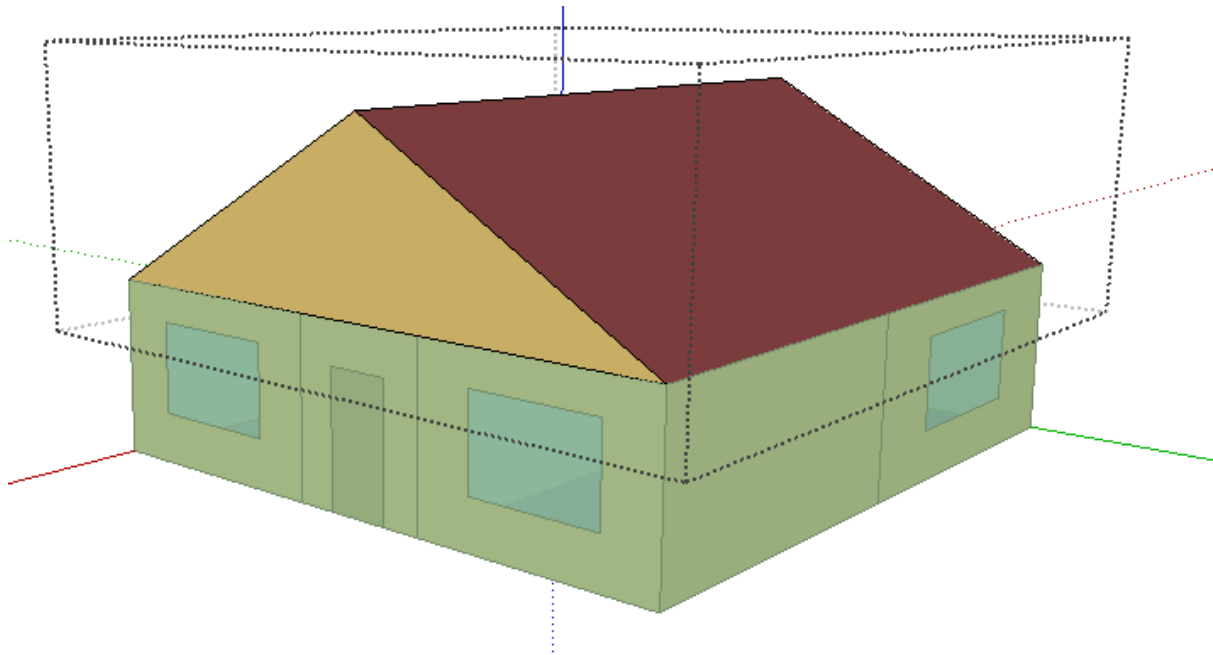
Избор материјала крова се врши у софтверу EnergyPlus.

На слици 15. је приказана последња зона, односно кров који се црта тако што се притисне опција *New EnergyPlus Zone* и са левим кликом миша наговести формирање нове зоне (просторије) и црта се троугласта површина на ивици зида помоћу *Line* команде.



Слика 15. Троугласта површина за добијање крова

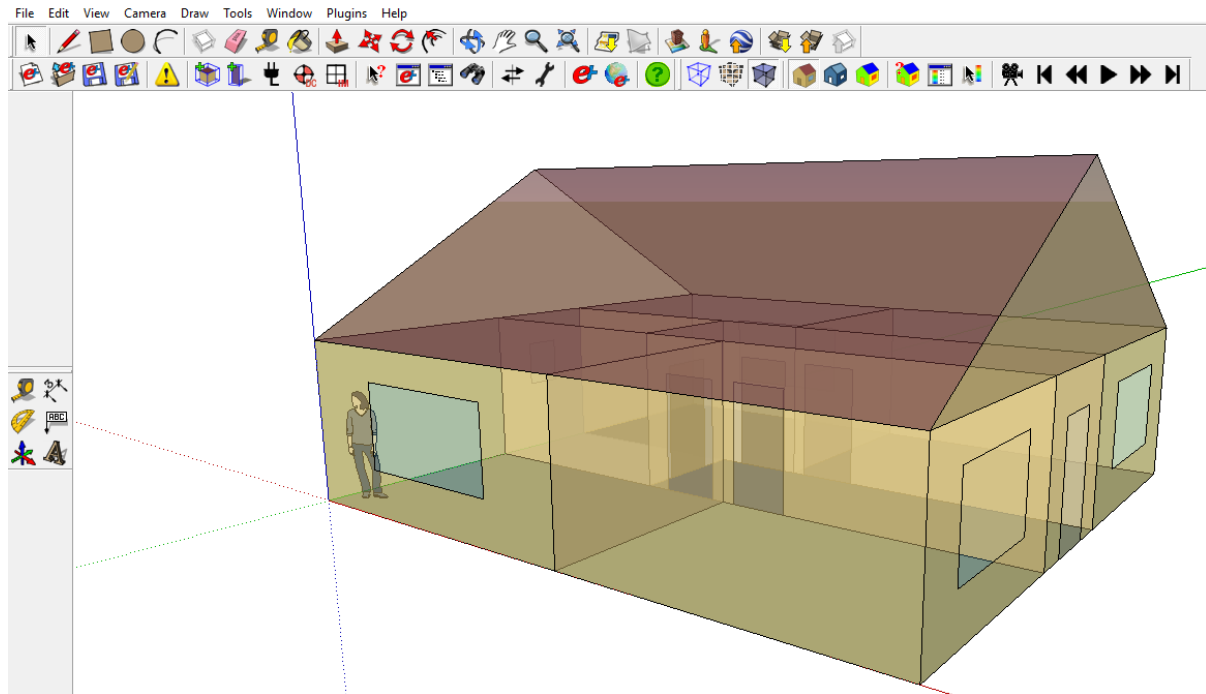
Помоћу команде *Push/Pull* троугласта површина се развуче на жељену дужину и добијемо кров као што је приказан на слици 16.



Слика 16. 3D кровне површине

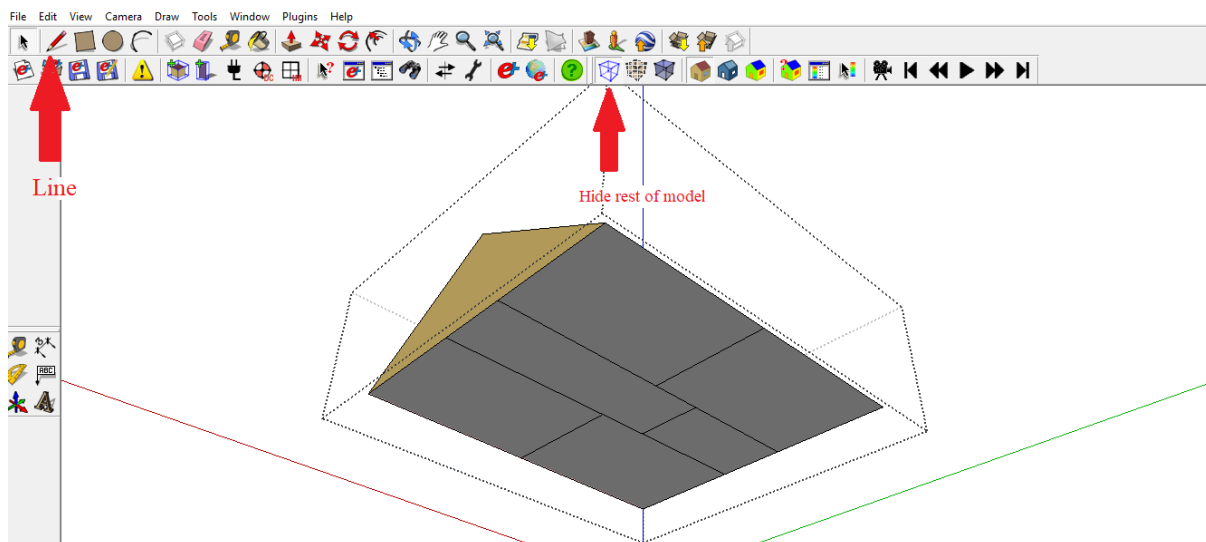
Како постоје плафони за сваку претходно нацртану просторију (спаваче собе, дневна соба, кухиња, купатило и ходник) површина пода тавана мора да се подели на шест површина. Површина пода тавана ће одговарати површини плафона исте просторије и тако за сваку просторију посебно. Да би се то обавило мора се прво издвојити таван од осталих просторија командом *Hide rest of model*.

На слици 17. је приказан начин коришћења опције *View model in X-Ray Mode* помоћу које се добија транспарентна просторија која омогућава да се преко већ постојећих зидова нацрта линија које ће преставити плафон. Те линије се цртају помоћу опције *Line*.



Слика 17. Коришћење опције *View model in X-Ray Mode*

На слици 18. је приказан кров који је одвојен од остале грађевине објекта помоћу опције *Hide rest of model*. Ова опција омогућава да се јасније виде линије које су претходно нацртане и касније омогући лакше обележавање плафона просторија.



Слика 18. Коришћење опције *Hide rest of model*

2.4. Прозори

Прозори и застакљене површине су термички најосетљивији део омотача, јер утичу на вентилационе и трансмисионе губитке. Стаклене површине имају мањи отпор провођењу топлоте у односу на зидове, па са енергетског аспекта представљају најслабије елементе фасаде. Да би постигли енергетски ефикасну зграду потребно је уграђивање квалитетнијих прозора и боље изолације. Прозор као грађевински елемент треба да обезбеди задовољавајућу звучну и топлотну изолацију. Велики стаклени зидови на осунчаној страни, Сунчево зрачење пролази кроз велике стаклене површине и директно загрева просторију и тако се топлота преноси у одговарајуће делове просторије.

2.4.1. Правилна оријентација прозора

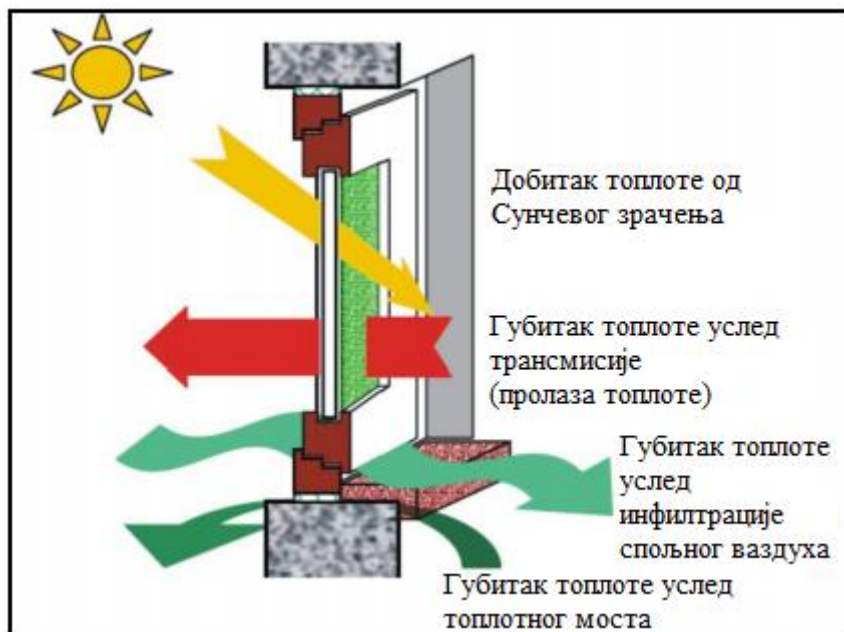
Јужно оријентисани прозори, као део соларног система, осим што обезбеђују добро осветљење у складу са наменом, треба да пропусте довољну количину Сунчевог зрачења. Одређивање величине прозора врши се прорачуном у зависности од услова локације, а у складу са наменом и карактеристикама објекта. Уколико постојећи, јужно оријентисани прозори, немају довољну површину потребно их је заменити већим или поставити нове прозоре како би се обезбедила прорачуном дефинисана потребна застакљена површина.

Северно оријентисани прозори, димензионишу се само у складу са потребним осветљењем простора. Прорачуном треба проверити овај услов и уколико је то могуће смањити прозоре на минимум како би се смањили и топлотни губици у хладном периоду. Овако различито постављени захтеви у односу на величину прозора могу довести до потпуно различитог третмана северне и јужне фасаде обновљене зграде чиме она добија карактеристичан изглед енергетски ефикасног објекта са применом соларних система.

На јужној страни куће прозори би требало да буду највећи, док на северној страни треба да буду мањи како би се спречили топлотни губици. Основне функције прозора су обезбеђивање дневне светлости у објекту, вентилације, визуелног контакта са спољашњом околином, звучне изолације, смањења губитака топлоте, заштите унутрашњости објекта од спољашњих непогодних утицаја. Основне карактеристике које дефинишу енергетске перформансе прозора су коефицијент пролаза топлоте, соларне и оптичке карактеристике стакла, материјал оквира и рама (дрво, алуминијум, ПВЦ) и врста стакла. Данас се највише користе ПВЦ и алуминијумски прозори. Губици кроз прозоре су трансмисиони, односно они кроз затворен прозор и вентилацијски, односно они кроз отворен прозор (проветравање).

На слици 19. је приказано да кроз прозоре може да се остварује преко 50 % укупних топлотних губитака зграде. Постоји много различитих врста прозора. Њихов коефицијент пролаза топлоте креће се од $<0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ код најбољих прозора са троструким стаклима испуњених инертним гасовима, па све до $3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ (за прозоре

„крило на крило“) и до $5.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ код старих прозора са једноструким стаклом. Гранична вредност у Правилнику о ЕЕ је $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ за нове/старе зграде. [7]



Слика 19. Топлотни добици и губици кроз прозор зграде

Сваки осунчани прозор представља систем директног пријема Сунчеве енергије захваљујући особини стакла да пропушта краткоталасна зрачења, а задржава дуготаласна зрачења (ефекат стаклене баште). Енергија која је на овај начин прикупљена неопходно је ускладиштити како не би изазвала нежељено прегревање простора и сачувати је за касније коришћење. Систем може да се користи само за грејање простора. [8]

На слици 20. су приказане врсте стакла, коефицијент пролаза топлоте, укупни пролаз сунчеве енергије, пропустљивост светлости и изолациона моћ.

врста стакла/застакљења	коефицијент пролаза топлоте $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$	укупни пролаз сунчеве енергије g	пропустљивост светлости τ	(звучна) изолациона моћ $R_w \text{ [dB]}$
двоструко термоизолационо стакло	до 1.1	0.55-0.65	0.8	30-31
троструко термоизолационо стакло	до 0.5	0.5	0.7	32
стакло за контролу сунчевог зрачења	до 1.1	0.3-0.45	0.4-0.7	34
звучно изолационо стакло	до 1.1	0.5-0.65	0.7-0.8	36-50

Слика 20. Карактеристике различитих врста стакла

Захтеви у погледу пропуштања светлосне и топлотне енергије који се могу поставити у погледу стакла су:

- што мањи топлотни губици- провођење топлоте изнутра према споља- термички комфор зими;
- што мањи топлотни добици- провођење топлоте споља према изнутра- термички комфор лети;
- обезбеђивање довољне- оптималне количине светлости.

За добијање оквира прозора користе се различити материјали: дрво, челик, алуминијум, ПВЦ и комбинација материјала: дрво и алуминијум, ПВЦ и алуминијум, а шупљине оквира могу се испунити топлотном изолацијом.

Прозорски профили, без обзира од које се врсте материјала израђује, мора осигурати: добро бртвљење, прекидање топлотног моста у профилу, једноставно отварање и низак коефицијент проласка топлоте. Прозори морају имати посебне отворе за вентилацију, када је прозор затворен и могућност одвођења кондензоване влаге.

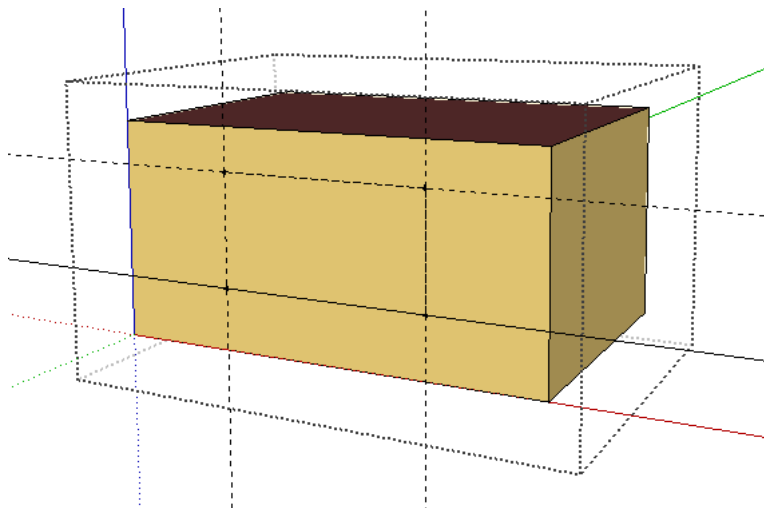
2.4.2. Карактеристике прозора

Као и величина и особине прозора се усклађују са његовом наменом. Прозори који су део система треба да имају што већу застакљену површину, што значи да конструкција треба да буде са што мањим учешћем пречки. Прозор може бити изграђен од свих материјала који се уобичајено примењују. Застакљење треба да пропусти што више сунчевог зрачења, а да се при том и губици смање на минимум. Добри резултати се постижу применом прозора са двоструким застакљењем или са двоструким изолационим стаклом, док примена трослојног стакла превише смањује пролаз сунчевог зрачења. Стакло треба да буде провидно, специјална стакла као што су топлотно рефлектујућа и топлотно апсорбујућа нису дозвољена с обзиром на њихове карактеристике (пропуштање, трансмисија, рефлексија) у односу на спектар Сунчевог зрачења.

Насупрот томе, примена стакла ниске емисије даје добре резултате. Стакло ниске емисије спада у групу специјалних стакала који имају специјални селективни слој који пропушта или рефлектује одређени део зрачења сунчевог спектра. Када се користи као део соларног система стакло ниске емисије треба да има рефлектујућу површину окренуту ка унутрашњем простору. На овај начин стакло задржава највећи део топлотног зрачења па је по својим изолационим карактеристикама боље од трослојног застакљења. При обнови зграде са двоструким прозорима могуће је унутрашње стакло заменити овом врстом специјалног стакла (тврда превлака) и тиме значајно побољшати термичке карактеристике целог објекта.

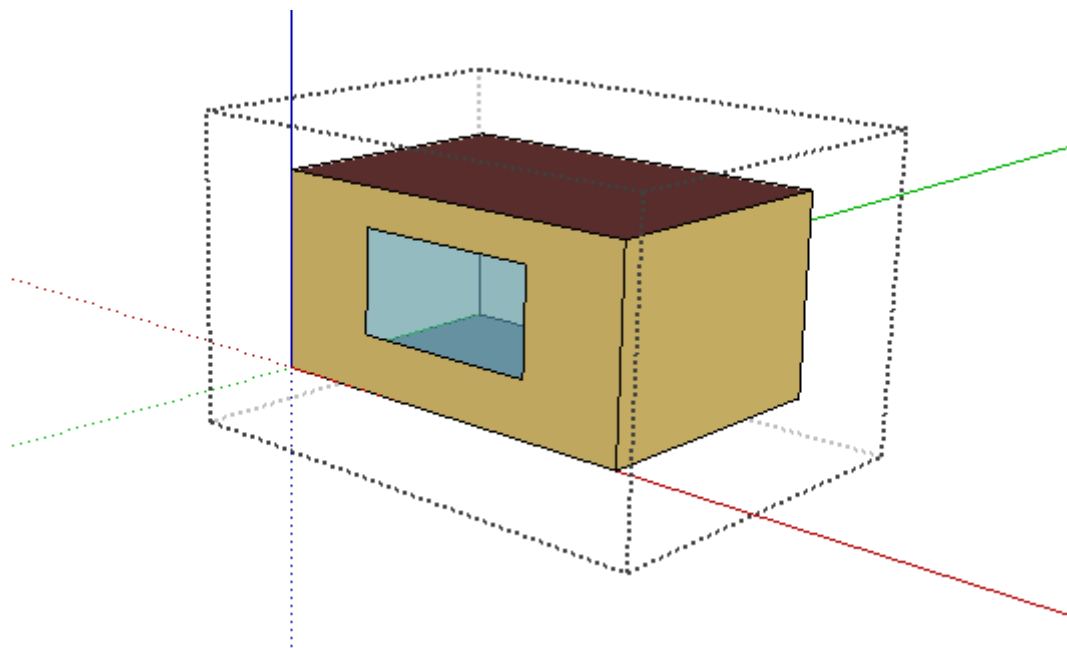
Конструкција и материјали самог прозора бирају се у софтверу EnergyPlus, о чему ће касније бити речи.

На слици 21. је приказан начин цртања прозора. Након нацртаних просторија у зонама врши се цртање прозора. За цртање прозора користи се опција *Rectangle*. Величина прозора зависи од висине просторије. Димензије прозора у овом случају 2.4 x 1.3 m, могу се позиционирати на средини зида помоћу команде *Tape Measure Tool*. То се може урадити тако што ће се помоћу ове команде измерити растојање од леве стране зида до десне стране, а тако и од пода до плафона, да би добили мере претходно наведене.



Слика 21. *Коришћење опције Tape Measure Tool*

Када се добије оквир прозора по мери као што је приказано на слици 21, коришћењем опције *Rectangle* нацртаће се правоугаоник по постојећим линијама и добићемо прозор као што је приказан на слици 22.



Слика 22. *Прозор спаваће собе 1*

2.5. Врата

Врата морају бити таква да задовоље све техничке и функционалне карактеристике, али и да визуелно одговарају стилу и карактеру укућана. Функционалност је њихова примарна улога, и када су резиденцијални објекти у питању, у том смислу најбројнији одабир пада на дрвена, челична и фиберглас врата.

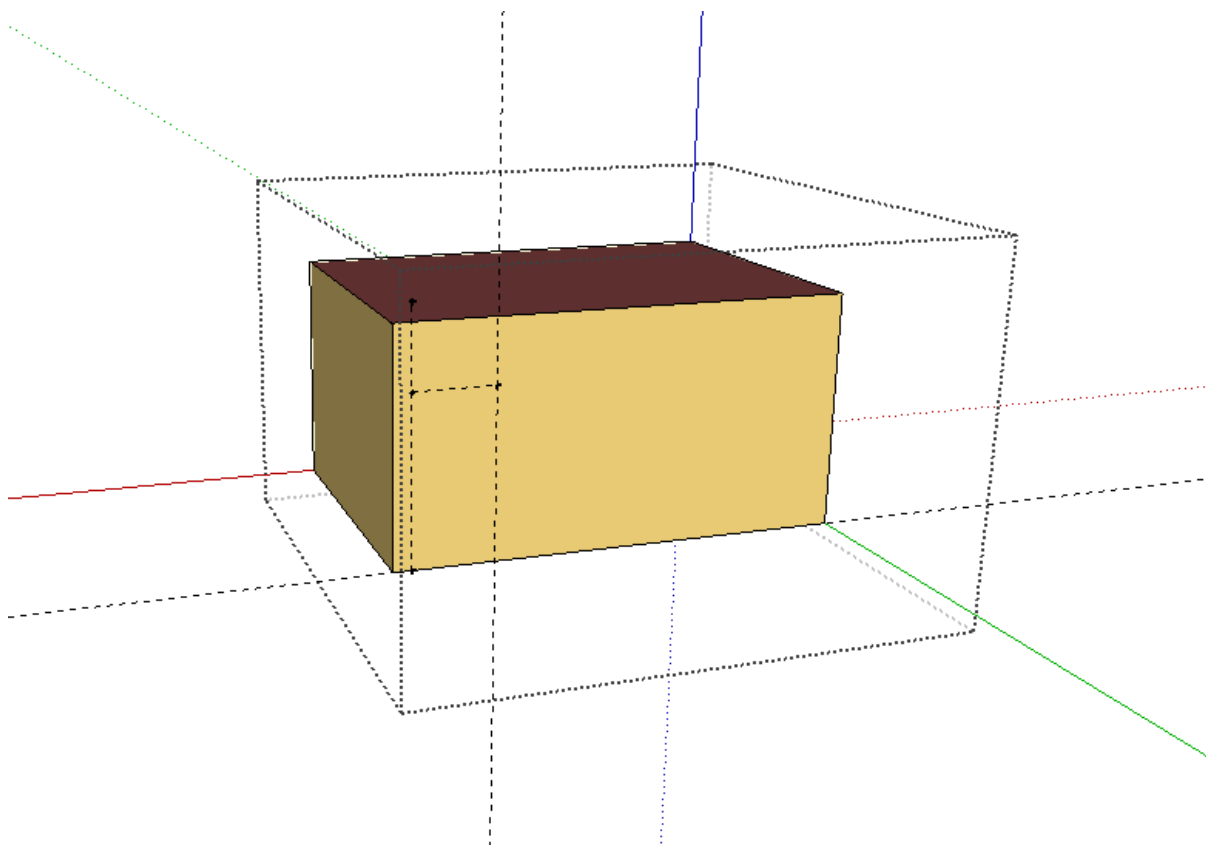
Дрво је један од првих материјала који долазе као природан избор у одабиру врата. Масивније дрво је у употреби већ вековима, и својом рустичношћу, габаритима и стилу која одолева времену, доноси и јачи утисак. На тржишту постоји и мноштво различитих типова стуктурираних сендвич панела, замена за дрво и сл. Ипак, дрво је вечне лепоте, и такође нешто захтевније за одржавање, пошто му је једна слабост осетљивост на влагу. Таква врата потребно је заштити од влаге, као и од сунца.

Фиберглас врата су нешто јефинија и најчешће се бирају због своје дуготрајности и чињенице да им је потребно јак мало одржавања. Веома су трајна и многи модели долазе са животном гаранцијом. Као таква погодна су и за екстремније климатске услове. Фиберглас је отпоран на рђу, не криви се и на низ других изазова с којима се дрво или челик сусрећу временом адекватно одговара. Таква врата погодна су и за места високог саобраћајног промета, а могуће их је дизајнирати тако да изгледом буду веома налик другим, природним материјалима.

Врата од челика су такође чест избор за улазна врата објекта, она која су највише изложена. Код челичних врата временом може доћи до удубљења, али таква мања оштећења се могу релативно лако поправити. Могу бити отпорна на сунце и имати добра изолативна својства и тиме утицати и на смањење утрошка енергије. Спадају у економичнији избор, али чешће су краћег животног века у поређењу са вратима других материјала. Због своје неотпорности на рђу, нису погодна за места влажније климе. Стога је потребно третирати их и нанети завршне слојеве који ће им пружити већу отпорност. Углавном су први избор због своје снаге. [9]

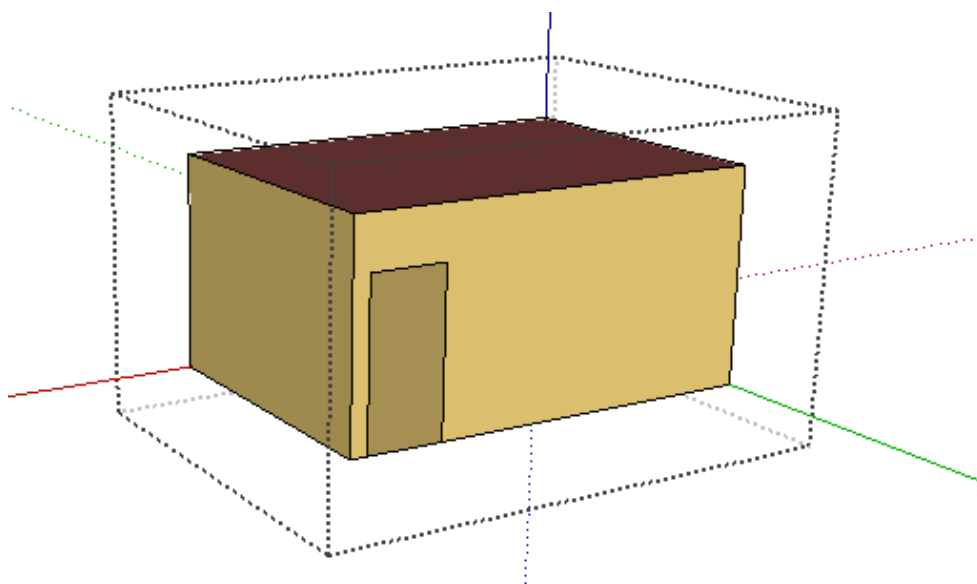
Материјал врата се бира у оквиру софтвера EnergyPlus.

На слици 23. је дат начина цртања врата. Поступак је исти као и код цртања прозора. Коришћењем опције *Tape Measure Tool* мериће се висина и ширина врата. Након тога, коришћењем опције *Rectangle* добиће се врата.



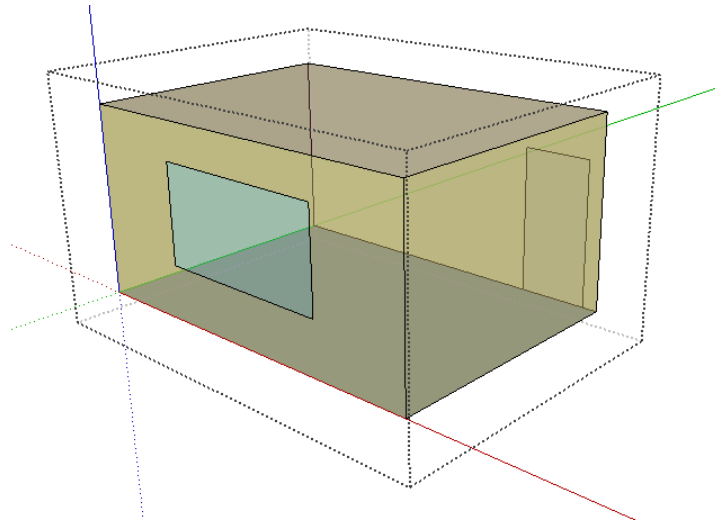
Слика 23. Коришћење опције Tape Measure Tool за цртање врата

На слици 24. је приказан спољашњи изглед врата спаваће собе 1.



Слика 24. Врата спаваће собе 1

На слици 25. је приказано пресликавање спољашњих врата са унутрашње стране. Унутрашња врата мора да се цртају у оквиру обе просторије између којих се налазе, на тачно одређеном растојању, тако да се поклопе приликом такозваног процеса спајања просторија на крају цртања. То се може урадити активирањем опције *View model in X-Ray Mode* помоћу које ће просторија постати транспарентна и омогућити да се преслика спољашња страна врата са унутрашње стране преко већ постојећих линија, помоћу опције *Rectangle*. Унутрашња врата морају имати исте координате као спољашња.



Слика 25. Пресликавање спољашњих врата са унутрашње стране

Све што је до сада нацртано, сачува се на *Save EnergyPlus Input File*.

3. Обележавање конструкција

Ради лакшег сналажења потребно је да се ознаке од стране Open Studio-а промене у нама познате називе које ће се директно односити на просторију, зид, прозор, врата, под и плафон.

3.1. Обележавање просторија- зона

На слици 26. је приказано обележавање просторија. Свака просторија ће имати сопствени назив. Након креирања зона сваке просторије, коришћењем опције *Show Outliner Window* добићемо табелу са свим зонама које смо креирали. Активирањем одређене зоне дуплим кликом у овом случају дневна соба, можемо приметити да кликом на одговарајућу зону директно можемо видети означену исту на слици. Коришћењем опције *Show Object Info Window* добићемо прозор који нам омогућава да променимо назив просторија у idf фајлу (улазна датотека софтвера EnergyPlus) да не буду ознаке од стране Open Studio-а, могу се користити следеће ознаке.

SS1=Спаваћа соба 1

SS2= Спаваћа соба 2

К= Купатило

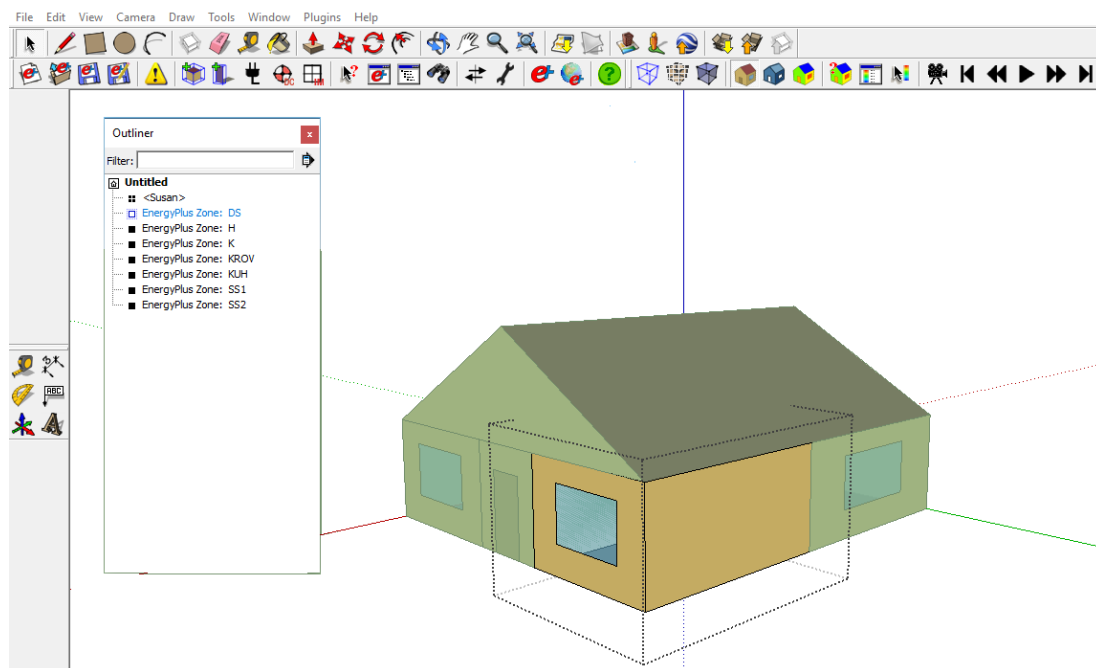
КУН= Кухиња

DS=Дневна соба

Тав=Таван

Н= Ходник

КРОВ= Кров



Слика 26. Обележавање просторија новим називом

3.2. Обележавање зидова

На слици 27. је приказано обележавање зидова на просторији који се обавља тако што се на исти начин измени ознака површина просторија да не буду ознаке дате од стране Open Studio-a. При томе се користе следеће ознаке:

ИмеПросторије_СтранаСвета за зидове, ИмеПросторије_Плафон за плафон и ИмеПросторије_Под за под.

На пример:

SS_N=Зид Спаваће Собе који се налази на Северној страни

SS_S=Зид Спаваће Собе који се налази на Јужној страни

SS_E=СпаваћаСоба_Исток

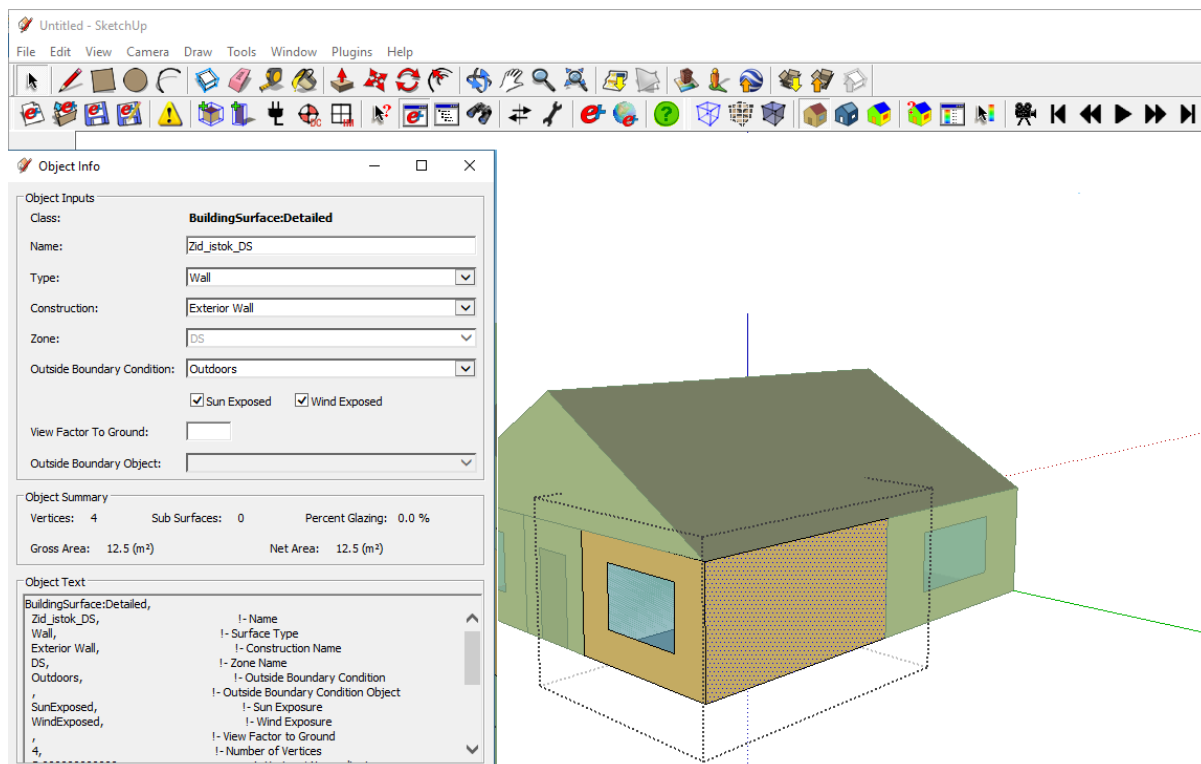
SS_W=СпаваћаСоба_Запад

SS_C=СпаваћаСоба_Плафон

SS_F=СпаваћаСоба_Под

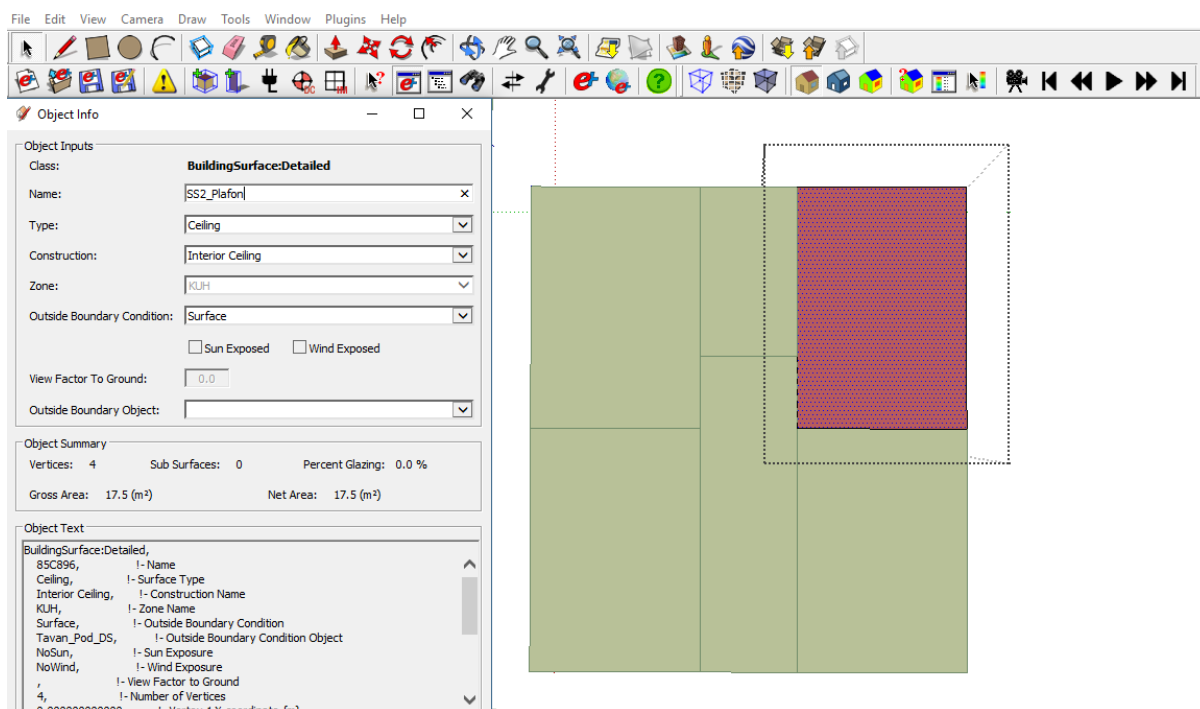
На слици 27. је приказан прозор који се активира кликом на опцију *Show Object Info Window*. Поља која садржи ова опција односе се на назив зида који се означава према странама света, који ће у овом случају гласити Зид_Исток_ДС. Друго поље означава

тип који се означава, то је зид. Поред зида, понуђено је плафон и кров. Јако је битно приликом означавања да се тачна површина изабере. Треће поље представља конструкцију, пошто се ради о обележавању спољашњег зида, то ће се и изабрати. У понуди овог поља се налазе и друге понуде као што је унутрашњи зид, унутрашњи и спољашњи прозор, унутрашња или спољашња врата,...Четврто поље представља зону, ово поље није могуће променити, јер се он бира тако приликом активације зоне. Следеће поље је вањско ограничење, пошто зид који се обележава налази са спољашње стране, потребно је изабрати спољашњост. У сваком пољу налази се више понуђених опција, битно је да се приликом обележавања изабере тачна површина.



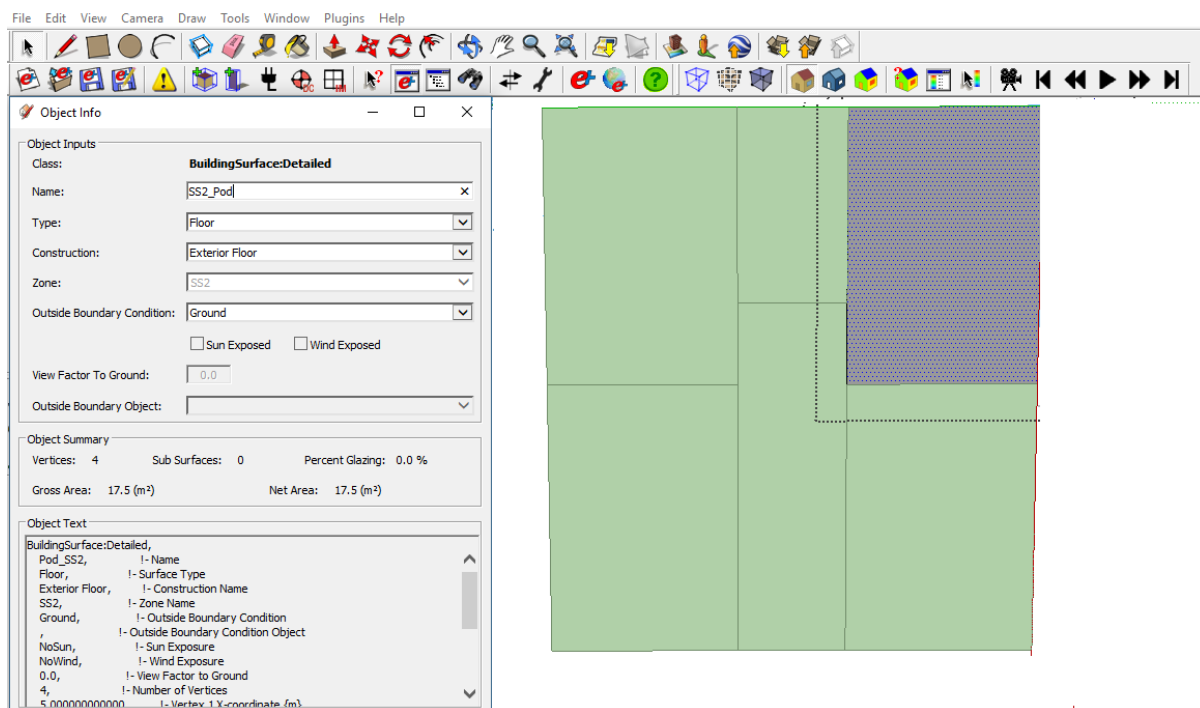
Слика 27. Обележавање зидова на просторији

На слици 28. је приказано обележавање плафона на просторијама. Обавља се на исти начин као и обележавање зидова на просторији. Пошто се ради о обележавању спаваће собе 2, назив се мења у CC2_Плафон. За тип површине је потребно да се изабере плафон, а као вањско ограничење се бира површина.



Слика 28. Обележавање плафона на просторији

На слици 29. је приказано обележавање пода на просторијама, који се обавља на исти начин као и обележавање зидова и плафона. Приликом обележавања назив се мења у SS2 Под. За тип површине се изабере под. У овом случају је битно да се за вањско ограничење бира земљиште.

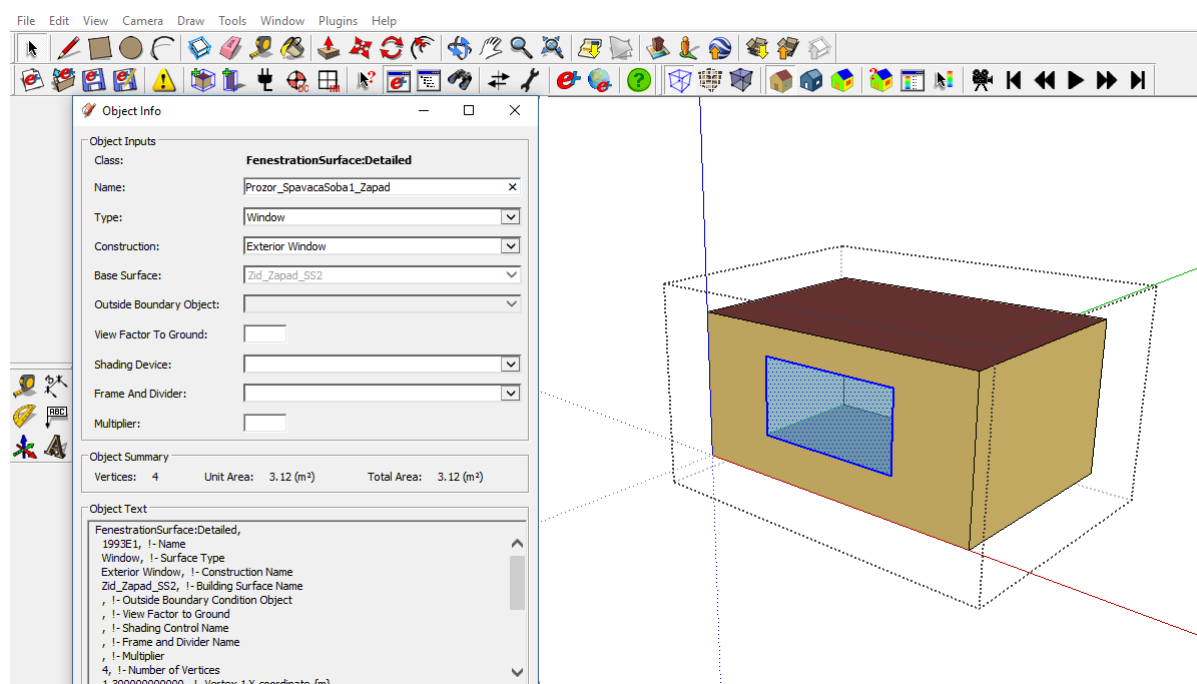


Слика 29. Обележавање пода у просторијама

3.3. Обележавање прозора и врата

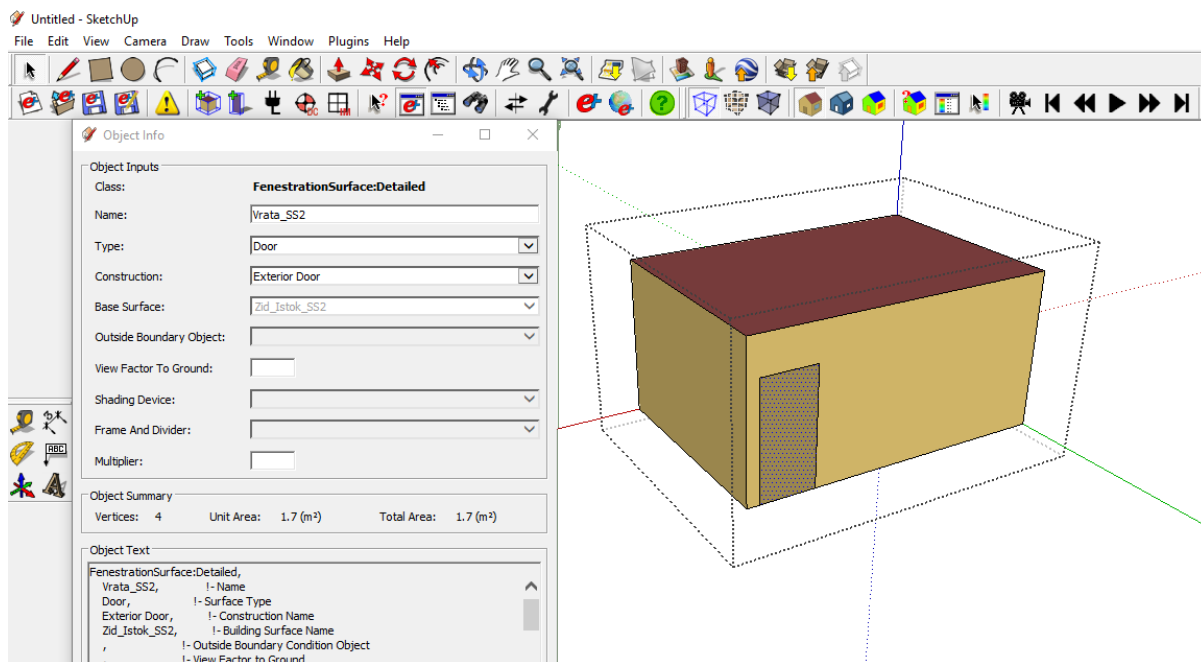
На слици 30. је приказано обележавање прозора. Обележавање прозора на просторији се обавља тако што се измени ознака површина просторија да не буду ознаке дате од стране Open Studio-a. Коришћењем опције *Show Object Info Window* добијамо могућност да се промени назив прозора тако што дуплим кликом на прозор можемо добити податке о објекту у коме је могуће променити назив прозора који је претходно задат од стране Open Studio-a.

На пример за прозор спаваће собе 1 који је на западном зиду, назив би био (Прозор_СпаваћаСоба1_Запад).



Слика 30. Обележавање прозора спаваће собе 1

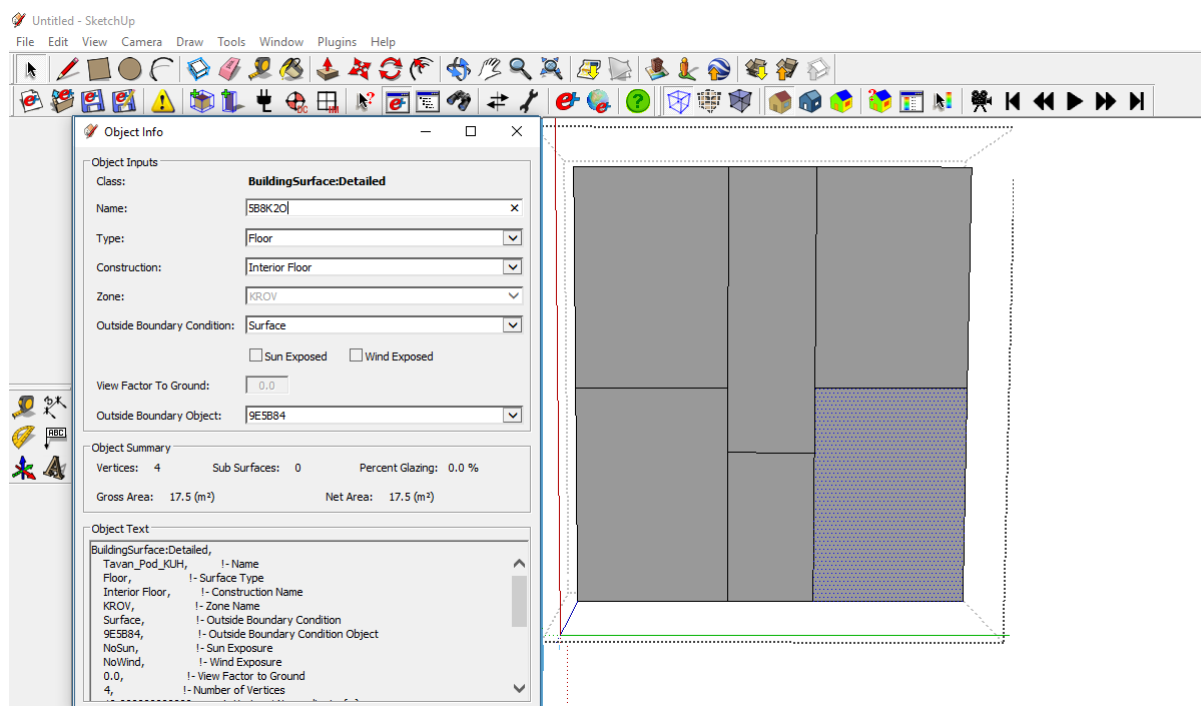
На слици 31. је приказано обележавање врата. Обележавање врата се обавља на исти начин као и обележавање прозора. Коришћењем *Show Object Info Window* добијамо опцију за промену назива добијеног од Open Studio-a. Промена ознаке врата ће гласити Врата_CC2, пошто свака просторија садржи по једна врата.



Слика 31. Обележавање врата спаваће собе 1

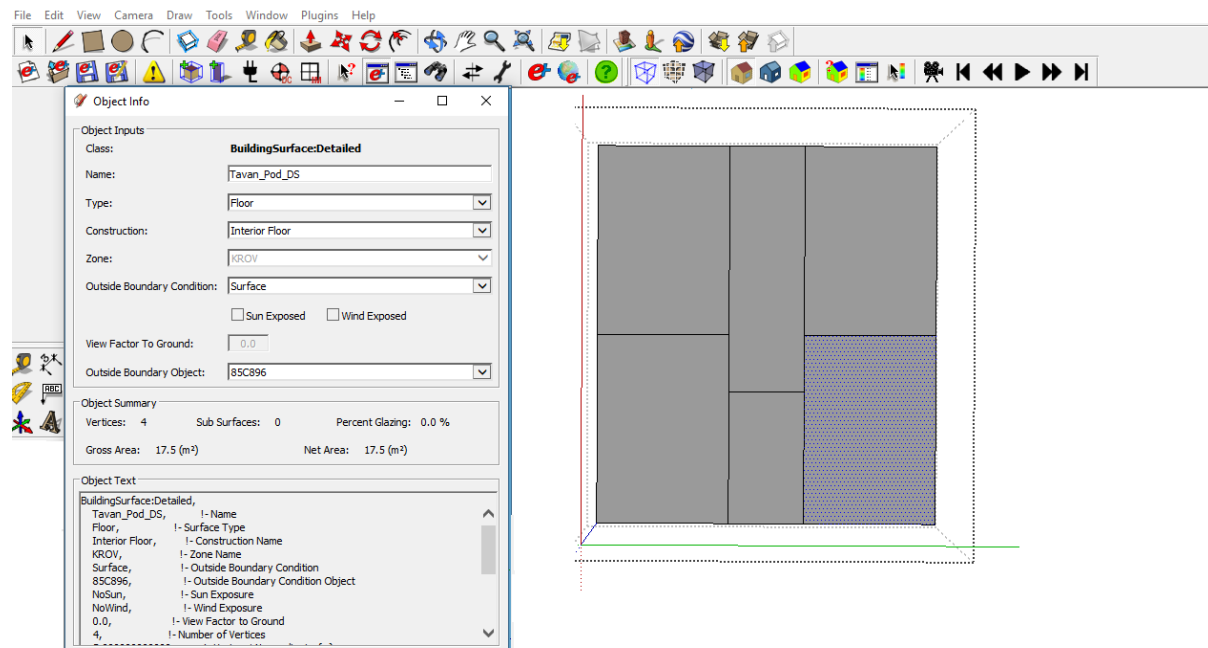
3.4. Обележавање пода крова

На слици 32. је приказан под тавана који је подељен на шест делова који означавају сваку просторију. Потребно је да се назив који је додељен од стране Open Studio-а промени тако да касније у EnergyPlus-у буде олакшано његово значење.



Слика 32. Назив пода тавана од стране Open Studija

Назив пода тавана који належе на плафон дневне собе после његове промене је дат на слици 33. Нов назив ће гласити Таван_Под_ДС, има више смисла него назив који је задат од стране Open Studio-a.

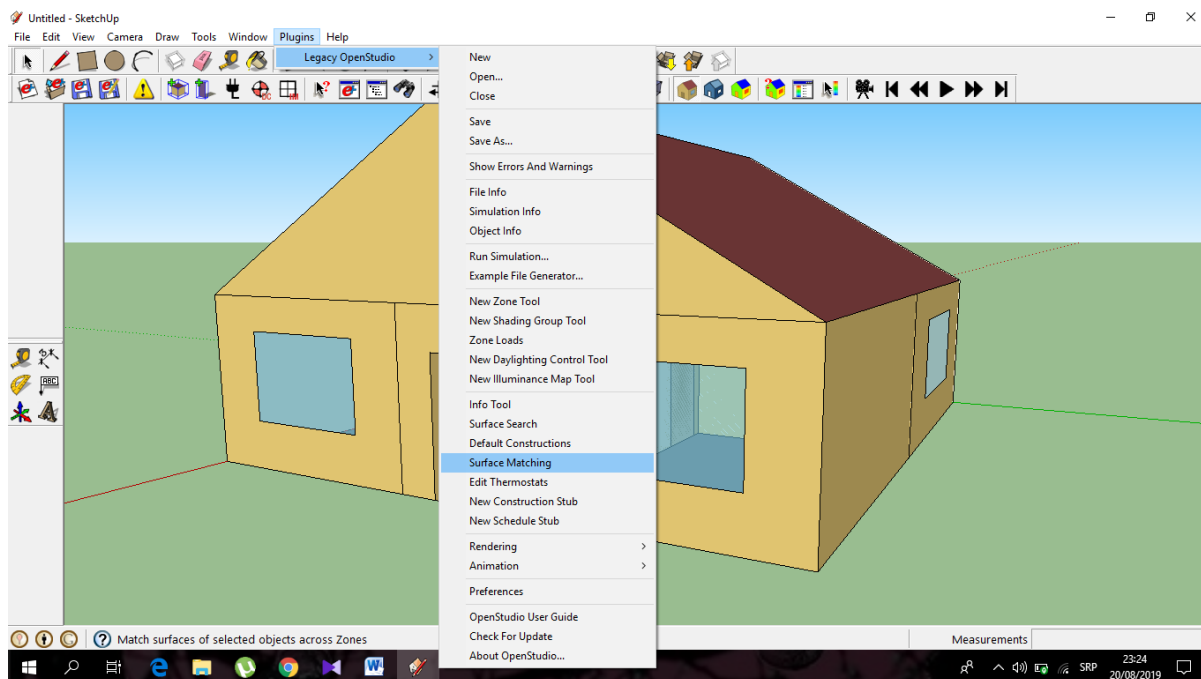


Слика 33. Обележавање пода тавана који належе на плафон дневне собе

Подна површина тавана је у контакту са просторијама спаваћа соба1, спаваћа соба2, дневна соба, ходник, купатило, кухиња преко њихових плафона. Површина пода тавана Таван_Под_ДС представља плафон дневне собе ДС_Плафон, што важи за сваку просторију. У класи *BuildingSurface:Detailed* пронађе се име (Name) Таван_Под_ДС, да би се унела информација да две претходне наведене површине представљају заједнички зид, за *Outside Boundary Condition* узми се „surface“, а за *Outside Boundary Condition Object* упише се ДС_Плафон.

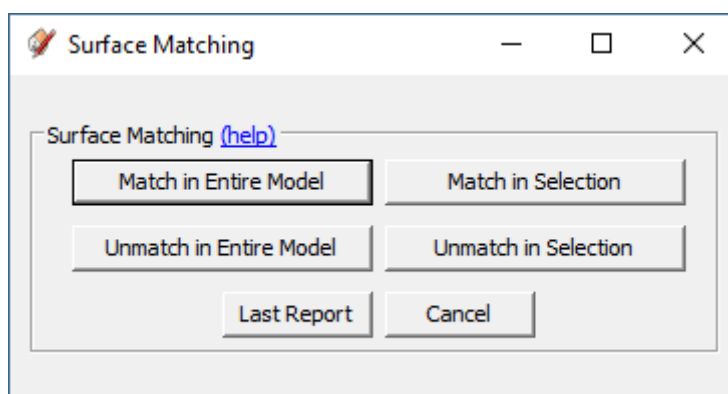
4. Спајање елемената зграде у Open Studio додатку

Након нацртаних свих зона једног објекта врши се спајање заједничких зидова, плафона, пода крова, као и унутрашњих врата између просторија. То се ради помоћу команде *Surface Matching* који је приказан на слици 34.



Слика 34. Спајање површина помоћу опције *Surface Matching*

На слици 35. је приказана табела *Surface Matching* односно подударање површина. Кликком на *Match in Entire Model* значи подударање у целом моделу, тј. спајање површина.



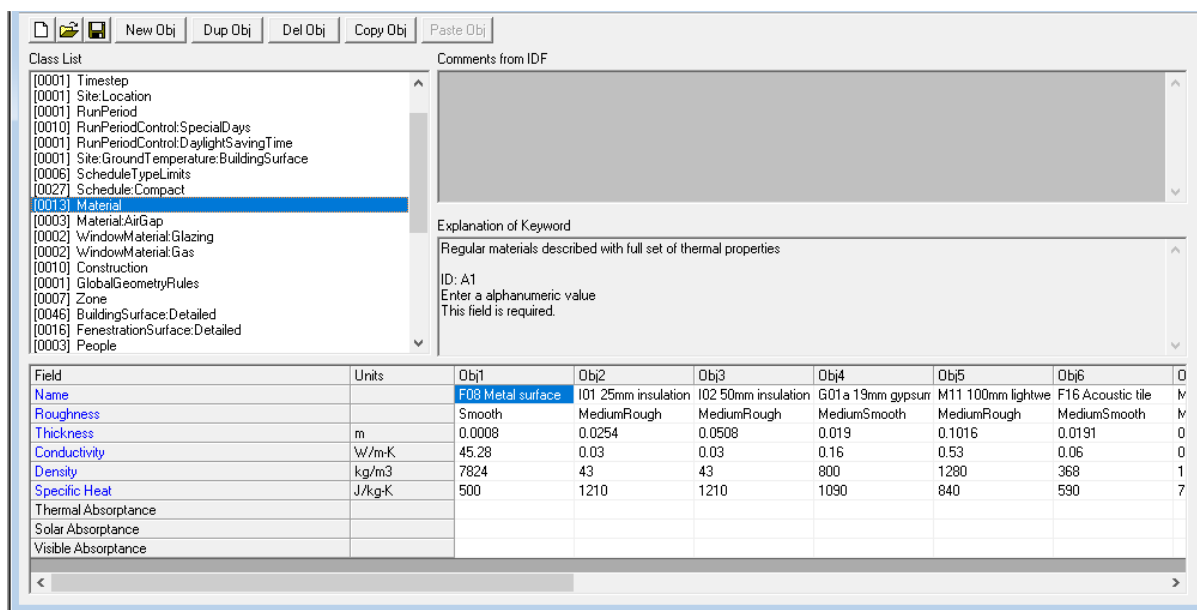
Слика 35. *Surface Matching*

Јако је битно да се све до сада нацртано, свака зона која се заврши запамти у idf. фајл помоћу команде *Save EnergyPlus Input File*.

5. Додатно моделирање зграде у софтверу EnergyPlus

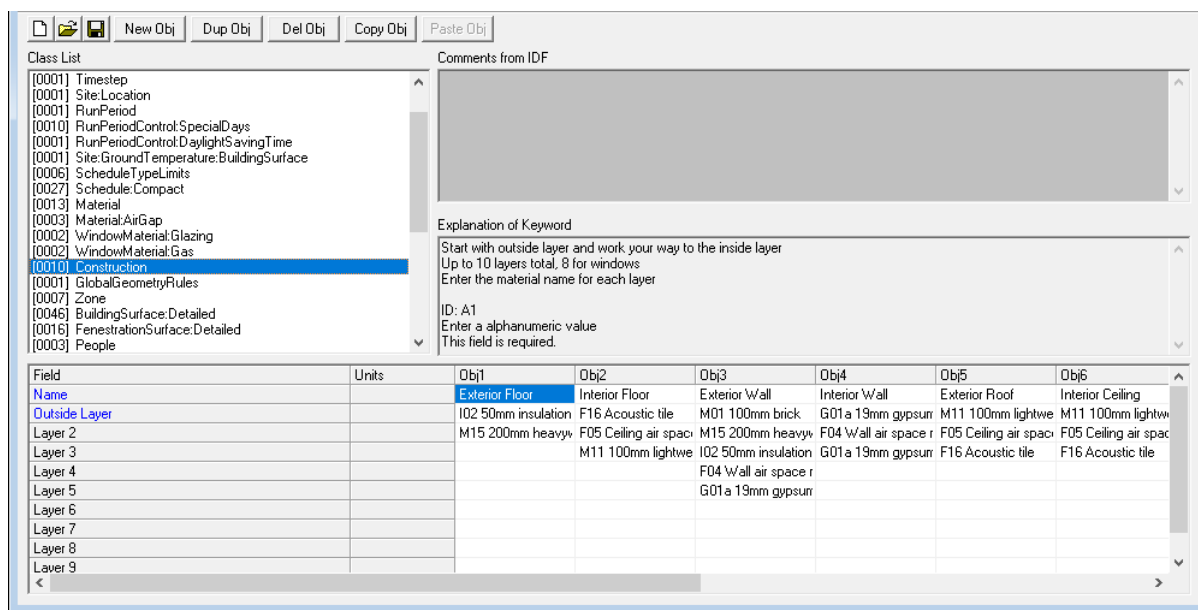
У софтверу EnergyPlus врши се унос класа материјала које је могуће користити за израду зидова, подова, таваница, односно свих материјала који се користе за стамбене објекте, почев од цигле, цемента, блока, црепа, стакла, изолационих материјала, керамичких плочице, паркета, хидроизолационог слоја, малтера,..

Њихове карактеристике уносе се у класи *Material*, а то су: дебљина, густина, изглед површине, коефицијент провођења топлоте, итд.



Слика 36. Класа материјали

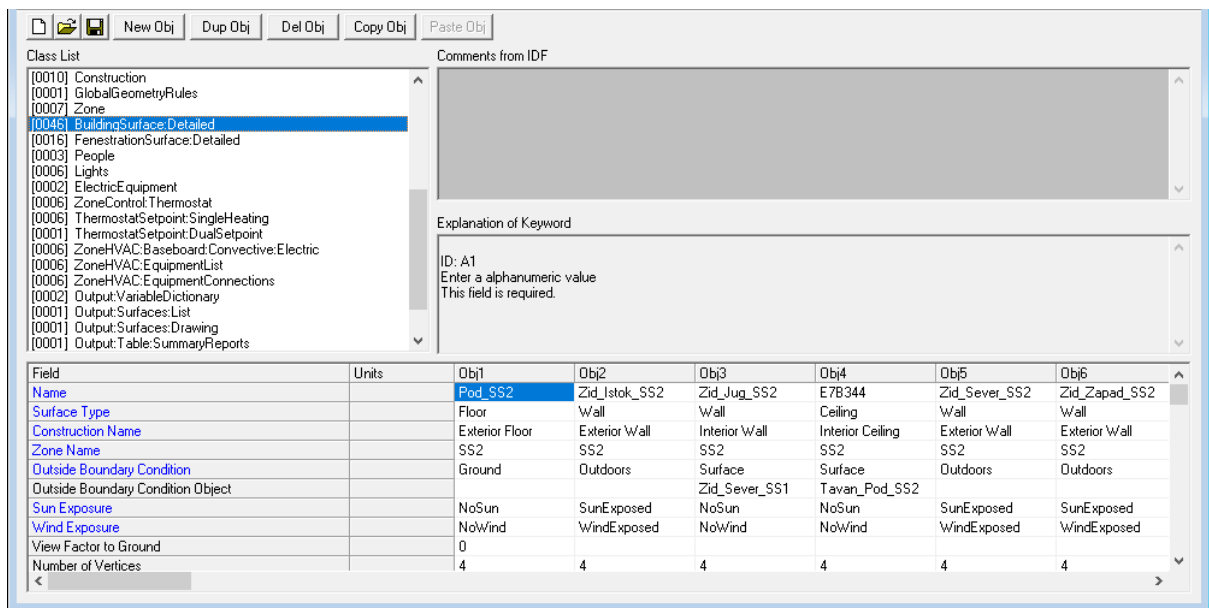
За грађевински објекат веома је битна конструкција како унутрашњих и спољашњих зидова, тако и таваница. Конструкција зидова се ради у пољу *Construction* где се дефинише конструкција унутрашњих зидова, спољашњих зидова. Све те конструкције састављене су од слојева, а то су уствари материјали који су унети у класи *Material*.



Слика 37. Класа construction

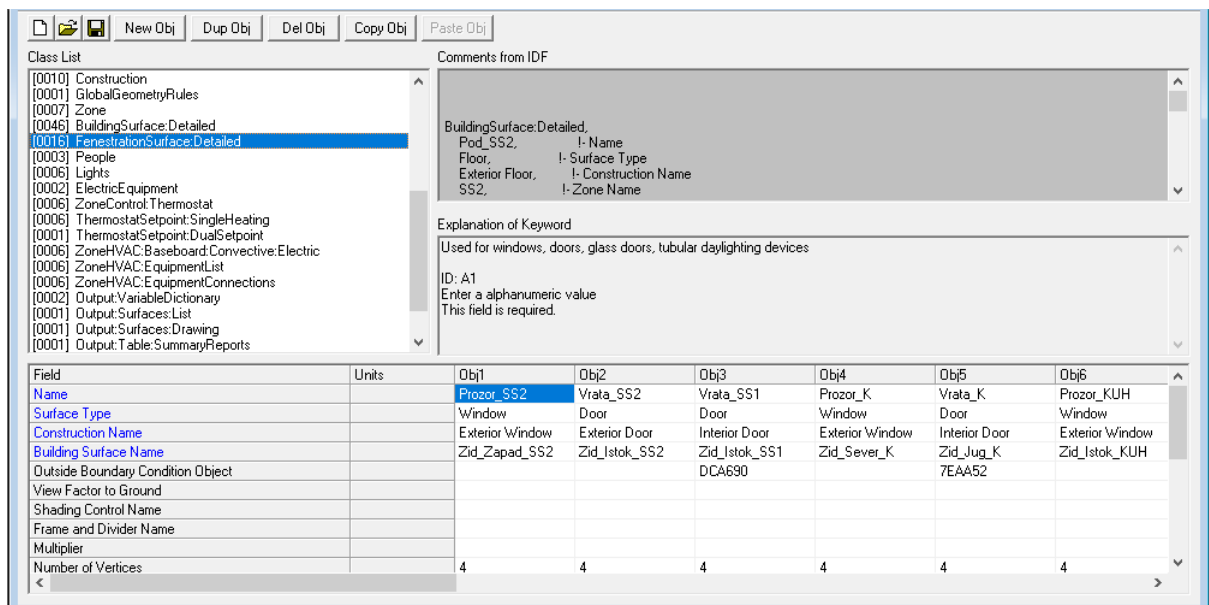
У класи *Bulding Surface Detailed* се налазе материјали који се односе на зидове сваке просторије означене према странама света, плафоне и подове објекта, као и сви детаљи о површини самог објекта. За сваки зид се правилним одабиром параметара у Open Studio дефинише тип конструкције (унутрашњи зид, спољашњи зид, под, плафон...). У овој класи се врши спајање пода тавана и плафона просторија, као што је претходно речено, у овој класи Таван_Под_СС2 и СС2_Плафон представљају заједничку површину. Површина пода тавана Таван_Под_ДС представља плафон дневне собе ДС_Плафон, исто важи за сваку просторију. У класи *BuildingSurface:Detailed* пронађе се име (Name) Таван_Под_ДС, да би се унела информација да две претходне наведене површине представљају заједнички зид, за *Outside Boundary Condition* узми се „surface“, а за *Outside Boundary Condition Object* упише се ДС_Плафон.

Постоје и зидови просторија који су у контакту са више просторија, потребно је и то унети. Поступак је као и код спајање плафона просторија и пода тавана. Дневна соба Зид_Север_ДС и кухиња Зид_Југ_КУХ имају заједнички зид. Да би програм Energy Plus могао да препозна заједнички зид, потребно је да се за *Outside Boundary Condition* узми *Surface*, а за *Outside Boundary Condition Object* упише се Зид_Север_ДС.



Слика 38. Класе Building Surface Detailed

Свака просторија захтева отворе у њој, како прозора, тако и врата. Класа *FenestrationSurface:Detailed* користи се за распоред прозора и врата свих просторија на објекту. Сваки прозор и врата су означени према странама света. У оквиру ове класе за сваки прозор или врата се дефинише од чега су направљени, нпр. прозор је од обичног стакла, а врата су од дрвета.



Слика 39. Класа FenestrationSurface:Detailed

У оквиру EnergyPlus-а могуће је унети и друге податке, као што су системи за грејање, хлађење, климатизација, број и распоред људи који бораве у објекту, јачина осветљења просторија, јачина електричних уређаја, снага радијатора,... Ти подаци су потребни уколико желимо да добијемо потрошњу енергије у објекту. Такође је могућа симулација енергетског понашања зграде која има имплементиране различите системе ОИЕ. EnergyPlus је програм који се користи за целокупну енергетску симулацију за моделовање потрошње енергије у зградама. EnergyPlus израчунава потребе за грејањем и потребе за хлађењем неопходне за одржавање и контролу жељене температуре, омогућава правилно пројектовање система за грејање, климатизацију, вентилацију, одређује потрошњу примарне енергије, и у стању је да симулира бројна друга енергетска понашања зграде, у складу са понашањем у реалном окружењу, тј. у реалним експлоатационим условима.

6. Закључак

Побољшање енергетске ефикасности новопроектованих (али и постојећих) објеката, уз помоћ програмских пакета, треба користити и промовисати јер омогућују значајне уштеде у трошцима енергије као и креирање простора који ће бити угодан за кориснике. Избор кровног система, његовог облика, материјала, конструктивног решења практично је неограничен. Ипак, избор конструкције, извођење и врста материјала за облагање кровова и даље у великој мери зависни од традиције, урбанистичких ограничења, локалних ресурса и тржишта, званичних али и уобичајених стандарда градње.

Данас је енергетска ефикасност у свету препозната као најјефтинији и најбржи начин постизања циљева одрживог развоја. Сектор зградарства је област у којој се потроши 40% од укупне потрошње светске енергије и сировине, што значи и највећи узрочник емисије угљен-диоксида и других гасова који изазивају ефекат стаклене баште. Највећи потенцијали за остваривање уштеде енергије управо је у зградарству.

У раду је представљен детаљан поступак конструкције стамбеног објекта у програму SketchUp са додатком Open Studio. Веома је важно пре изградње стамбеног објекта одредити оријентацију објекта према странама света. Креиране су зоне које представљају сваку просторију посебно и елементи грађевинске столарије као што су зидови, прозори, врата. Приказан је поступак обележавања грађевинске столарије, плафона, подова, прозора, врата, зидова, крова који омогућава лакше сналажење касније у програму Energy Plus. У програму Energy Plus дат је приказ објекта кроз картице које садрже материјале, конструкције и остале детаље стамбеног објекта. То је битно због симулације енергетског понашања зграде. Веома важна ствар код овог програма је што даје могућност решавања термичке угодности у објекту, јер је она јако битна за људе који бораве у њему. Програм EnergyPlus је скуп бројних програмских модула који раде заједно, у циљу израчунавања енергетских потреба зграде, користећи при томе различите системе и енергетске изворе. То се постиже симулацијама понашања зграде и пратећих енергетских система када су они изложени различитим еколошким и радним условима.

7. Литература

- [1] Интернет страница <https://www.modelovanje-energetski-efikasnih-zgrada-od-idejnog-arhitektonskog-resenja> приступљено 28.08.2019.
- [2] Интернет страница <https://extensions.sketchup.com/en/content/openstudio-100> приступљено 26.08.2019.
- [3] Д. Николић, Енергетско-ексергетска оптимизација величина фотонапонских панела и соларних колектора код кућа нето-нулте потрошње енергије, Докторска дисертација, Крагујевац 2016.
- [4] Интернет адреса <https://www.openstudio.net/> приступљено 26.08.2019
- [5] ENERGYPLUS, Input Output Reference - The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, University of Illinois & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009
- [6] Интернет страница <https://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/716/820/krovovi-i-krovne-konstrukcije> приступљено 10.09.2019.
- [7] Интернет страница <http://alupress.rs/nauka-u-praksi/item/137-znacaj-prozora-u-savremenom-gradevinarstvu> приступљено 12.09.2019.
- [8] Д. Гордић, Литература за предавање, Енерго еколошки менаџмент, Факултет инжењерских наука, Крагујевац, 2019
- [9] Интернет страница <https://www.prozorivrata.com/prozori-vrata-u-rezidencijalnim-objektima/> приступљено 12.09.2019.