

Факултет инжењерских наука 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: 168/2010

Милица П. Богдановић

Оптимизација надстрешница

Завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Проф. др Милорад Бојић – ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да да преглед литературе о проблему, да опише два истраживачка напора по свом избору, и оптимизира величину надстрешница за задате куће. При томе треба да представи резултате оптимизације величине (дубине) надстрешница за куће које се користе за време сезоне хлађења (01.јун – 31.август) у Србији. Свака од кућа има надстрешнице оријентисане у различитим правцима. Коришћење кућа симулирати и оптимизовати коришћењем EnergyPlus и Hooke&Jeeves алгоритма. Затим добити оптималне дубине надстрешница, при чему је потребно минимизирати збир потрошње примарне енергије која је потребна за грејање санитарне воде и хлађење простора куће, као и количине уграђене енергије у надстрешницама.

Препоручена литература:

- [1] Milorad Lj. Bojic, Dragan Z. Cvetkovic, Optimisation of the depth of horizontal roof overhangs during the cooling season
- [2] Зрнић С., Ћулум Ж., ГРЕЈАЊЕ И КЛИМАТИЗАЦИЈА СА ПРИМЕНОМ СОЛАРНЕ, Научна Књига, Београд, 1988.
- [3] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> (приступљено 02.05.2013.)
- [4] Michael Wetter, GenOpt -- A Generic Optimization Program, Building simulation, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001.

Крагујевац, 2013

ментор:

Проф. др Милорад Бојић

Резиме:

Овај рад представља резултате оптимизације величине (дубине) надстрешница за различите комбинације кућа које функционишу за време сезоне хлађења (01.јун – 31.август) у Србији. Све куће имају надстрешнице оријентисане у различитим правцима. Коришћење кућа симулирати и оптимизовати коришћењем EnergyPlus и Hooke&Jeeves алгорита. Затим добити оптималне дубине надстрешница, при чему је потребно минимизирати збир потрошње примарне енергије која је потребна за грејање санитарне воде и хлађење простора куће, као и количине уграђене енергије на надстрешнице. При томе оптимизацију извршити са различите оријентације надстрешница.

Кључне речи:

Оптимизација, Надстрешница, Примарна енергија, Сезона хлађења;

Abstract:

This paper presents the results of the optimization of the size of overhangs for different combinations of houses that operate during a cooling season in Serbia. All the houses have overhangs oriented in different cardinal point. They are simulated and optimized by using EnergyPlus and Hooke&Jeeves algorithm for their cooling season operation. Then, optimal depths of the overhangs are found. The objective function serves to minimize the primary energy consumption needed for sanitary water heating and space cooling of the house, and amount of embodied energy in overhangs. Results show that overhangs depth depends on their orientation.

Key words:

Optimisation, Overhangs, Embodied energy, Cooling period;

Садржај:

1.0.	Уводна разматрања.....	1
2.0.	Преглед литературе.....	2
3.0.	Опис истраживања Bellia.....	5
4.0.	Опис истраживања Ebrahimpour.....	8
5.0.	Математички модел.....	14
5.1.	Опис куће.....	14
5.2.	Време и локација.....	16
5.3.	Коришћени софтвери.....	16
5.4.	Основна подешавања и употреба EnergyPlus-a.....	17
5.5.	Подешавање параметара за симулирање надстрешница.....	18
5.6.	Коришћење примарне енергија за хлађење.....	21
5.7.	Енергија у кровним надстрешницама.....	21
5.8.	Циљна функција – употреба примарне енергије у систему.....	22
5.9.	Упоређивање индикатора.....	22
6.0.	Резултати и дискусија	
6.1.	Резултати.....	23
7.0.	Закључак.....	35
8.0.	Литература.....	36

1. Уводна разматрања

Појам *енергетска ефикасност* [1] се најчешће сусреће у два могућа значења, од којих се једно односи на уређаје, а друго на мере и понашања.

Под енергетски ефикасним уређајем сматра се онај који има велики степен корисног дејства, тј. мале губитке приликом трансформације једног вида енергије у други. [1] На пример, "обична" сијалица велики део електричне енергије претвара у топлотну енергију, а мали у корисну светлосну енергију, и у том смислу сијалица представља енергетски неефикасан уређај.

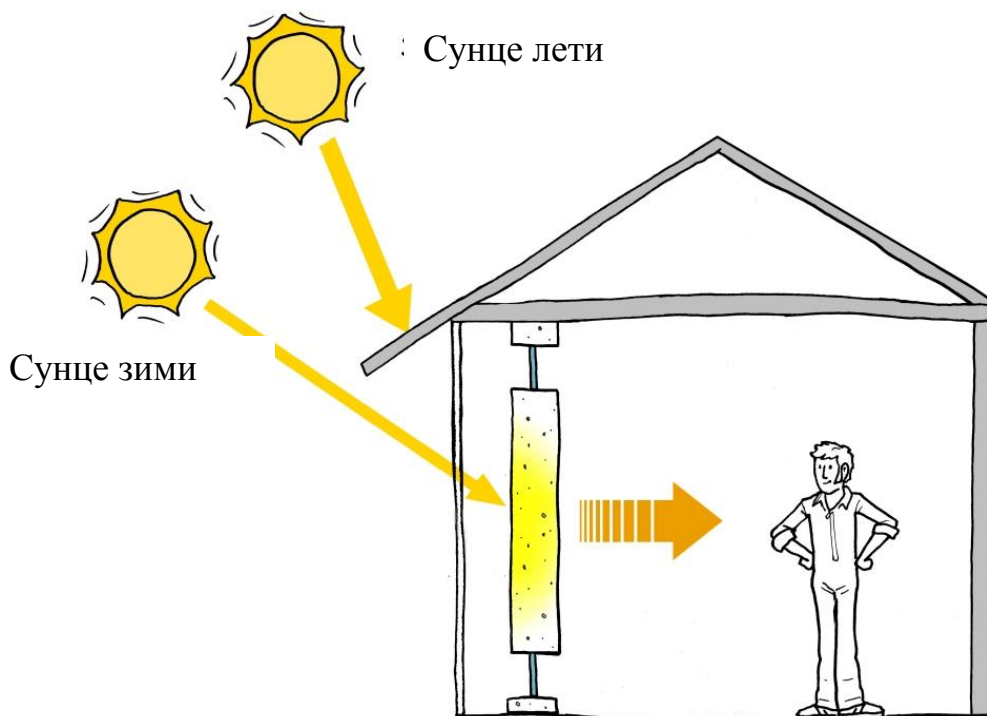
Када је реч о мерама, под енергетском ефикасношћу подразумевају се мере које се примењују у циљу *смањења потрошње енергије*. [1] Према подацима Европске соларне техничко-технолошке платформе око 50% укупне произведене енергије се троши у зградама, од тога 69% се троши на грејање и хлађење просторија (у Америци и на вентилацију зграда), 15% грејање воде, на електричне уређаје и осветљење 11%, и кување 5%. Смањење потрошње енергенета од великог је значаја не само за појединца, већ и глобално, јер се сагоревањем фосилних горива у атмосферу испуштају знатне количине штетних гасова, у првом реду угљен диоксид.

Логично је да се пажња фокусира на системе који смањују потрошњу и штеде енергију у зградама. Један такав систем који може донети знатну уштеду енергије током лета је примена *кровних надстрешница*. Надстрешницама се унапређује унутрашњи комфор, умањује се потрошња примарне енергије а самим тим се смањује и емисија штетних гасова. [1] При пројектовању се тежи што бољој изолацији објекта од спољњих утицаја, како би се смањила енергетска размена, а са друге стране потребно је на најповољнији начин искористити енергију из средине да би се постигли још бољи ефекти.

2.Преглед литературе

Грађевински сектор захтева велике количине енергије како за грејање, тако и за хлађење. Смањити коришћење система за хлађење да би се сачувала енергија у зградама је веома битно. Први корак у смањењу потрошње је упознавање са потребама за енергијом у домаћинству. [1] Оне се свode на енергију за хлађење, грејање и вентилацију простора, грејање потрошне топле воде, припрему и чување хране, расвету и употреба осталих кућних апарата. Због количине соларне топлоте, систем за хлађење користи половину свог капацитета за стамбене и нестамбене објекте.

Надстрешница изнад прозора спречава директну радијацију сунца да продре у прозор, током одређених периода у дану или години. Она такође може да смањи ефикасност система за хлађење и да се помоћу ње избегне непријатно осветљење на ободу собе. На северној хемисфери, надстрешнице су ефикасније на прозорима који гледају на јужну страну. У литератури постоје истраживања о коришћењу надстрешница, са основним и препорученим подацима о дужини и ширини током хлађења. S. Raeissi и M. Taheri, [2] [3] су испитивали утицај димензија надстрешница, као опцију пасивног хлађења, на укупну потрошњу енергије за грејање и хлађење, при чему је постигнуто смањење потрошње енергије за хлађење за 12.7%. Коришћењем надстрешница на јужној страни зграда у Атини постигла се штедња енергије од 7.2%. Такође, G. Kim и остали су успели да уштеде 11% енергије коришћењем надстрешница (1.53 метра дужине) на јужној страни зграде. [2] [4]



Слика 1. Положај Сунца током лета и зиме [1]

Huang и други, [5] истражују енергију и период отплате емисије угљен диоксида на спољашњим надстрешницама на кампусу универзитета у Хонг Конгу. Они такође узимају у обзир уложену енергију већ постављених надстрешница. Након постављања надстрешница на западној и источној страни фасаде, дужине 1,2 метра, годишње оптерећење система за хлађење је смањено за 44.1%. Али, због услова постављања надстрешница и њене структуралне дужине када се ради о могућем настанку тајфуна, енергија и период отплате емисије угљен диоксида целог овог пројекта су нереално дугачке.

Ebrahimpour и Maerefat, [6] су проучавали ефекат замрачивања напредног застакљивања и надстрешница на соларној енергији која се преносе или се изгубе у крову кроз сва подручја која имају отворе, за типичне стамбене зграде у Техерану. Коришћењем EnergyPlus софтвера откривено је да би сврсисводне надстрешнице на јужним, западним и источним прозорима довеле до оптималног смањења годишње енергије које се преносе на зградама. Као једна од седам пасивних мера, ефекат дужине надстрешница је такође истраживан. Ово истраживање је вођено у 25 градова у Кини. Откривено је да би коришћењем надстрешница дужине 1,8 метра, оптерећење грејања би се смањило за 10%.

Lee и Tavi [8] су спровели студије о енергетској ефикасности и визуелној удобности када се користи комбинација надстрешница и електрохромских прозора. Ово истраживање је вођено за канцеларију у Хјустону и Чикагу која је окренута на јужну страну. Коришћене су четири надстрешнице дужине 0.85, 1.0, 1.3 и 1.5 метра. Закључили су да електрохромски прозори са надстрешницама могу значајно да умање просечан годишњи дневни индекс одсјаја, и да доприносу годишњој штедњи енергије ако је површина прозора велика. Користећи најдужу надстрешницу од 1.5 метра, укупна количина енергија на годишњем нивоу је смањена за 10% у Чикагу, и за 5% у Хјустону за велике површине прозора. Највећа потражња енергије може да се смањи за 7-8% за средње површине прозора и за 14-16% за велике површине прозора у обе климе.

Pietila и остали, [9] су истраживали уклањање електричних ремија из кућа које не вуку у периоду врхунца коришћења исте. Откривено је да је 41-51% циља да се укине коришћење енергије током лета у Онтарију на врхунцу периода потражње може да се постигне кроз комбинацију мера архитектуре, контроле, ефикасности и понашања станара. Као једна од архитектонских мера у комбинацији са осталим мерама надстрешница на крову (дужине 0.5 и 1.0 метра) је коришћена.

Упркос томе, не постоји истраживање које би помогло да се оптимизује дужина надстрешница која би произвела минималну потрошњу енергије за хлађење током њиховог века трајања.

У овом раду, да би се иновирала стамбена кућа, оптималне дужине 4 кровних надстрешница треба да се нађу и исто време. Свака од њих је оријантисана у другом правцу (север, југ, исток и запад). Ове дужине се добијају коришћењем Hooke&Jevs [2] алгорита оптимизације. Циљ ове оптимизације је да се минимизира сума коришћења примарне енергије за хлађење и уложене енергије у кровним надстрешницама током њиховог века трајања. Ова оптимизација је вођена током периода хлађења у Србији (од 1.јуна до 31.августа).

У односу на укупну потражњу за енергијом, 29% се односи на сектор домаћинства. Конкретно, што се тиче Европе, потражња зграда износи око 40% глобалне потражње за енергијом. [10] Да би се остварила значајна уштеда енергије у овом сектору, предложено је неколико стратегија које се односе на расхладне системе. Са друге стране, Директива о енергетској ефикасности зграда (DEKZ) 2002/91/СЕ и преиначена DEKZ 2010/31/UE промовишу коришћење пасивних стратегија за зграде, које побољшавају пре свега спољашње топлотне услове током лета и на тај начин смањују величину расхладних система и њихову потражњу за енергијом. Ово такође омогућава корисно смањење летње потражње за електричном енергијом. Међу разним пасивним стратегијама предложеним за непровидне и провидне омотаче зграда, коришћење одговарајућих уређаја за засенчење провидних компонената зграда је вредно помена.

Главна функција система за засенчење је заштита провидног омотача зграде од соларне радијације у летњим условима и самим тим спречавање прегрејавања блокирањем прилива нежељене енергије у зграду. [10] Уствари, иако неколико фактора доприносе добитку топлоте током лета (нпр. електрична опрема, станари, светла,...), у топлим климатским условима значајан део потиче од добитка топлоте која улази кроз фенестрације. Међу неколико решења за засенчење за ограничавање овог топлотног оптерећења, пресретање сунчевог зрачења пре него што стигне до застакљене површине кроз употребу спољних уређаја за засенчење је најефективније. Вредно је поменути да производи фенестрације потпуно засенчени са спољашње стране смањују добитак топлоте до 80%.

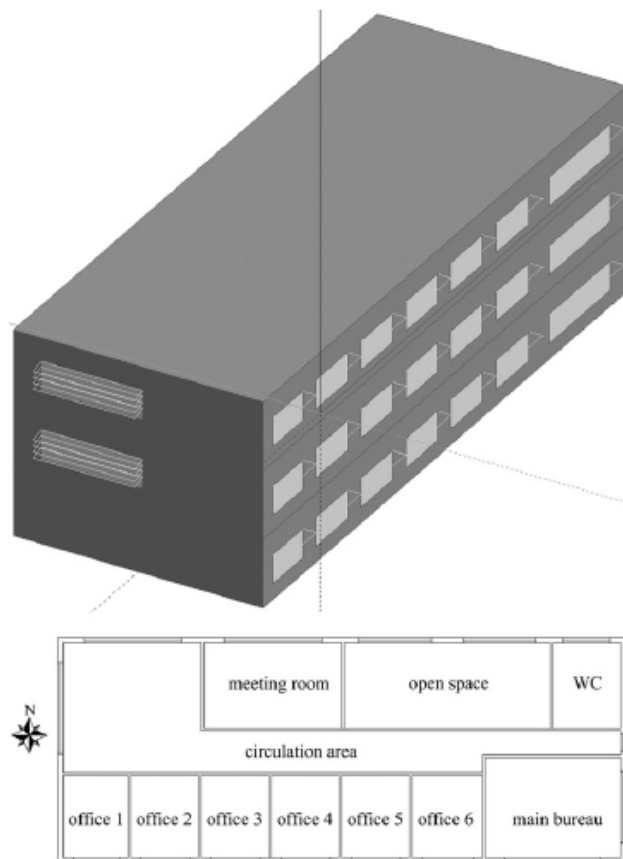
Неколико истраживања је спроведено да би се процениле енергетске перформансе уређаја за засенчење примењених на зградама у италијанском климатском подручју. [10] Штавише, у анализи енергије на уређајима за засенчење на зградама, потражња за енергијом система за осветљење се ретко узима у обзир, као и цела зграда уместо једна зона зграде.

Стога, у овом раду, представљена је опширна анализа уштеде енергије везане за спољашње уређаје за засенчење у италијанским климатским подручјима. Истраживање је спроведено коришћењем EnergyPlus-a, прецизног програма за симулацију енергије, који може да помогне кориснику да процени HVAC опрему, побољша перформансе енергије, развије анализе животних трошкова. [10] Вредно је поменути да су модели за засенчење које је користио EnergyPlus потврђени експерименталним истраживањем. Приступ базиран на симулацији перформансе зграде је успешно коришћен у неколико истраживачких радова везаних за енергетску ефикасност зграде.

3.Опис истраживања Bellia et al.[10]

Три различите италијанске климе (Палермо, Рим и Милан) и типична климатизована пословна зграда су анализиране и у зиму и у лето. Горе наведена места су изабрана као представници типичних италијанских клима: Палермо је најтоплији међу њима, Милан најхладнији, док Рим карактерише средња клима. Процењиване су потражње за енергијом главних техничких система (грејање, хлађење и осветљење). Анализира се утицај разних параметара на уштеду енергије везану за коришћење уређаја за засенчење (надстрешнице на јужној фасади и уређаје са отворима за ваздух на источној и западној фасади). Најважнији проучени параметри су: геометријске карактеристике уређаја за засенчење и зграде, топлотни пренос омотача зграде, тип контролног система осветљења и оријентација зграде.

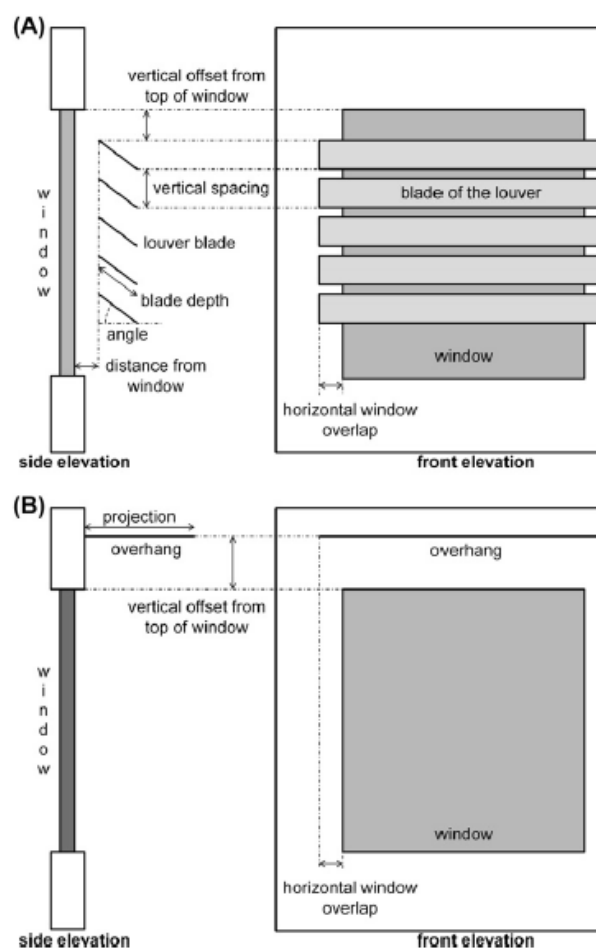
Циљ овог рада је да пружи упрошћене критеријуме за инжењере и архитекте да би: а) утврдили да ли је коришћење спољашњег уређаја за засенчење на самосталним пословним зградама погодно или не, у смислу потражње за енергијом, за разна италијанска климатска поднебља (ова евалуација је примењива на друге климе такође) б) у случају енергетске подобности, одреди количину уштеде енергије и оптимизира геометрију и позицију уређаја за засенчење, као функцију разних параметара. Анализа је спроведена узимајући у обзир пре свега крајњег корисника електричне енергије (ни примарну енергију ни емисије угљен диоксида);



Слика 2. Модел пословне зграде

Слика 2 приказује модел пословне зграде, расхладни систем зграде карактеришу калема са вентилаторима повезани са електричном пумпом за хлађење/грејање воде.

Избор оптималног уређаја за засенчење за дати прозор зависи пре свега од оријентације фасаде и очигледне путање сунца. [10] Стога, слика 3 показује модел уређаја за засенчење примењеног на проучену зграду (надстрешница на јужној фасади, уређај са отворима за ваздух на источно-западној фасади, кохерентно са праксом и индикацијама из научне литературе. Што се тиче конфигурације уређаја са отворима за ваздух, и посебно угао летвице од 25° С, они су изабрани на основу извршене оптимизације енергије.



Слика 3. Модел уређаја за засенчење примењеног на проучену зграду



Слика 4. Типичне примере спољашњег уређаја за засенчење у Италији

Неколико параметра се разликовало током ове анализе, да би се боље анализирали ефекти уређаја за засенчење на потражњу зграде за енергијом, што се тиче грејања, хлађења, и осветљења; осим ако није другачије назначено. Може се приметити да пошто су ниже стране посматране зграде окренуте ка источно-западној страни, њена фенестрација је мала у односу на више стране, стога је утицај отвора за ваздух много мањи у односу на надстрешницу на дужој јужној страни.

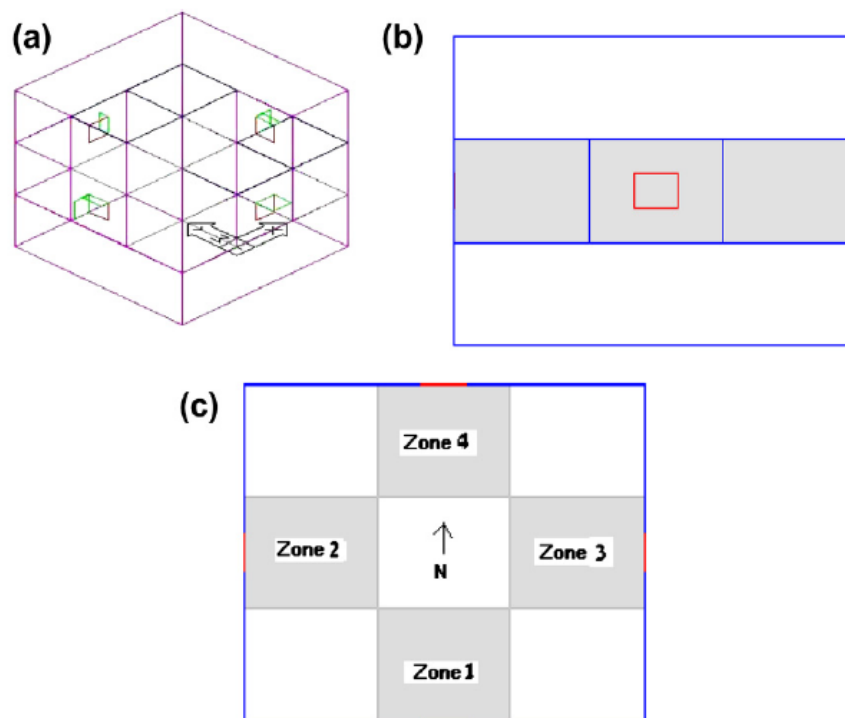
Поврх тога, може се приметити да коришћење уређаја за засенчење води до уштеде енергије само код система за хлађење, док води ка повећању потражње за енергијом и за грејање и за осветљење (јер мање соларне радијације, корисне за осветљење преко дана и грејање, улази у зграду кад се инсталирају уређаји). Стога, најбоље решење за енергију зграде смањује генералну годишњу потражњу за енергијом.

Претходна анализа показује да у току зиме, за италијанске климе, термална енергија која се скупља је погодна за анализирану пословну зграду. На пример, у односу на најтоплији локалитет (Палермо), ми смо потврдили да је у периоду од 1. децембра до 31. марта (идентификован као конвенционални зимски период од стране италијанских правила за климатску зону Палермо), хлађење је потребно само 117 сати, око 4% укупних сати (2904).

4.Опис истраживања Abdulsalam and Mehdi [6]

У овом истраживању испитиван је утицај напредних стакала као и утицај постављања надстрешница на стамбене и пословне објекте у Техерану, коришћењем софтвера EnergyPlus. Доказано је да одговарајуће надстрешнице или надстрешнице са бочним крилима на јужним, западним и источним прозорима доводе до оптималног смањења зрачења енергије на зградама у току године. Резултати су приказани на дијаграмима у циљу лакшег одабира различитих врста застакљења и надстрешница у зависности од потрошње енергије.

Годишња потрошња енергије у грађевинском сектору у Ирану, је знатно виша у односу на потрошњу енергије осталих грађевинских сектора. За смањење утрошене енергије, стамбени објекти приликом изградње морају имати грађевинску дозволу по правилима које прописује држава у којој се врши истраживање. Дупло стакло покривено танким нискоемисионим слојем (low-E). Нискоемисиони слој блокира топлотну радијацију. Лети, смањује количину топлоте која пролази кроз прозор филтрирајући Сунчеву кратко таласну радијацију. Зими, рефлектује унутрашњу дуго таласну радијацију насталу као производ грејања. С друге стране, правилан положај и одабир надстрешница такође ће умањити потрошњу енергије.

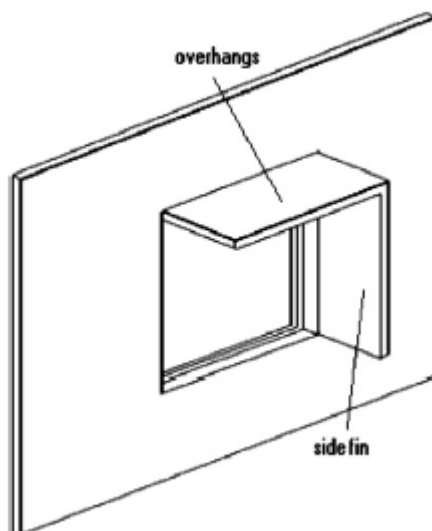


Слика 5. Изглед зграде: а) са надстрешницама, б) поглед спреда, ц) поглед одозго;

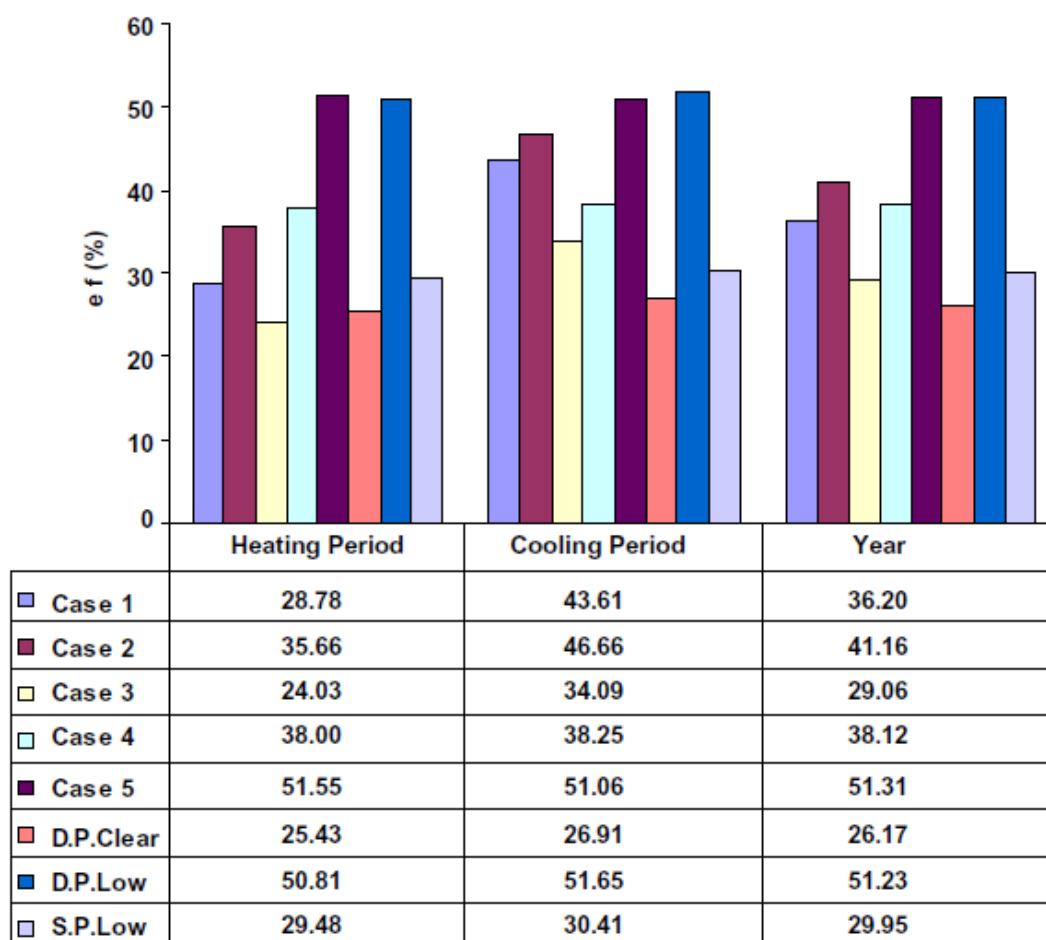
Зграду чине три спрата, а само истраживање је вршено на другом спрату. Други спрат чини девет зона, док први и трећи имају по једну зону. Свака од зона на другом спрату је истих површина, 3 m^2 . Прозори површине 1 m^2 су постављени на централном делу зида зона 1, 2, 3, 4 (север, југ, исток и запад) на другом спрату. Претпостављено је да температура првог и трећег спрата иста као и на другом спрату, као и температура свих зона на другом спрату.

Ефекат засенчења спољашњих прозора испитиван је за три случаја:

- ✚ прозор без надстрешница и надстрешница са бочним крилом
- ✚ прозор са надстрешницама и без надстрешница са бочним крилом
- ✚ прозор са надстрешницама и надстрешницама са бочним крилом

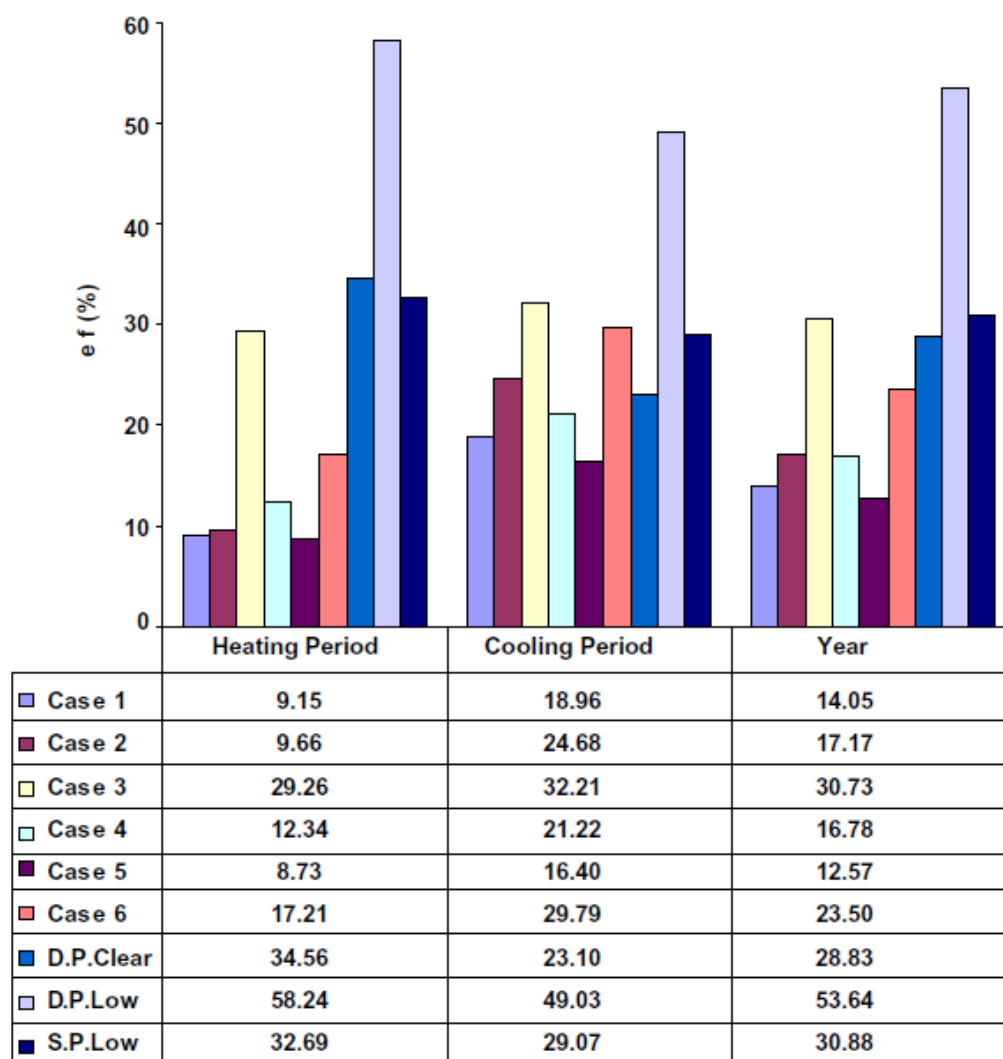


Слика 6. Изглед надстрешнице и надстрешнице са бочним крилом



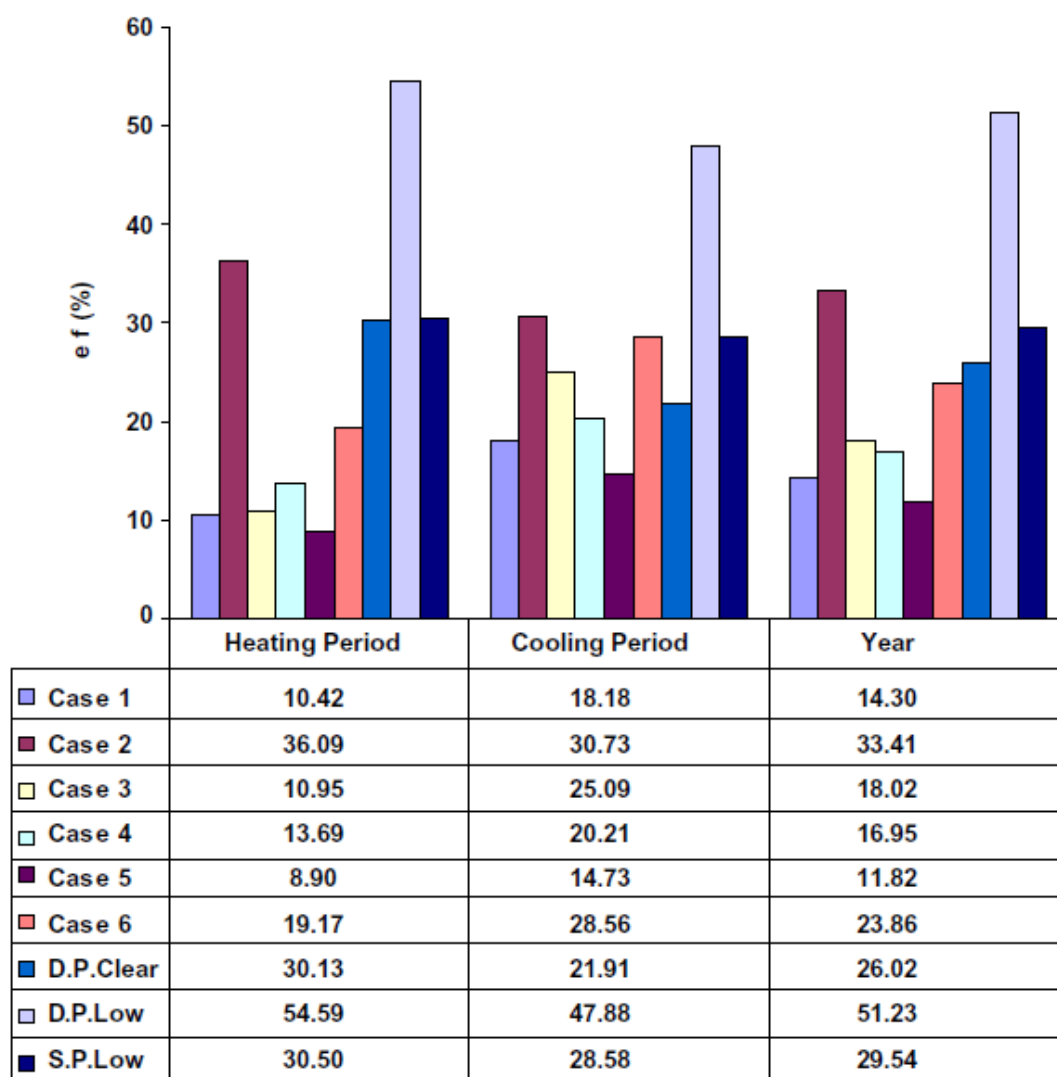
Слика 7. Резултати за прозор на северу

За прозор на северној страни (слика 7), резултати су показали да је најбољи случај постављања, случај број 5, надстрешница дужине 3 метра, дубине од 1 метра, без растојања од прозора и без надстрешница са бочном страном. Употреба надстрешница повећава коефицијент ефикасности (од 29% до 51%). Такође, са повећавањем коефицијента ефикасности, долази по смањења употребе енергије.



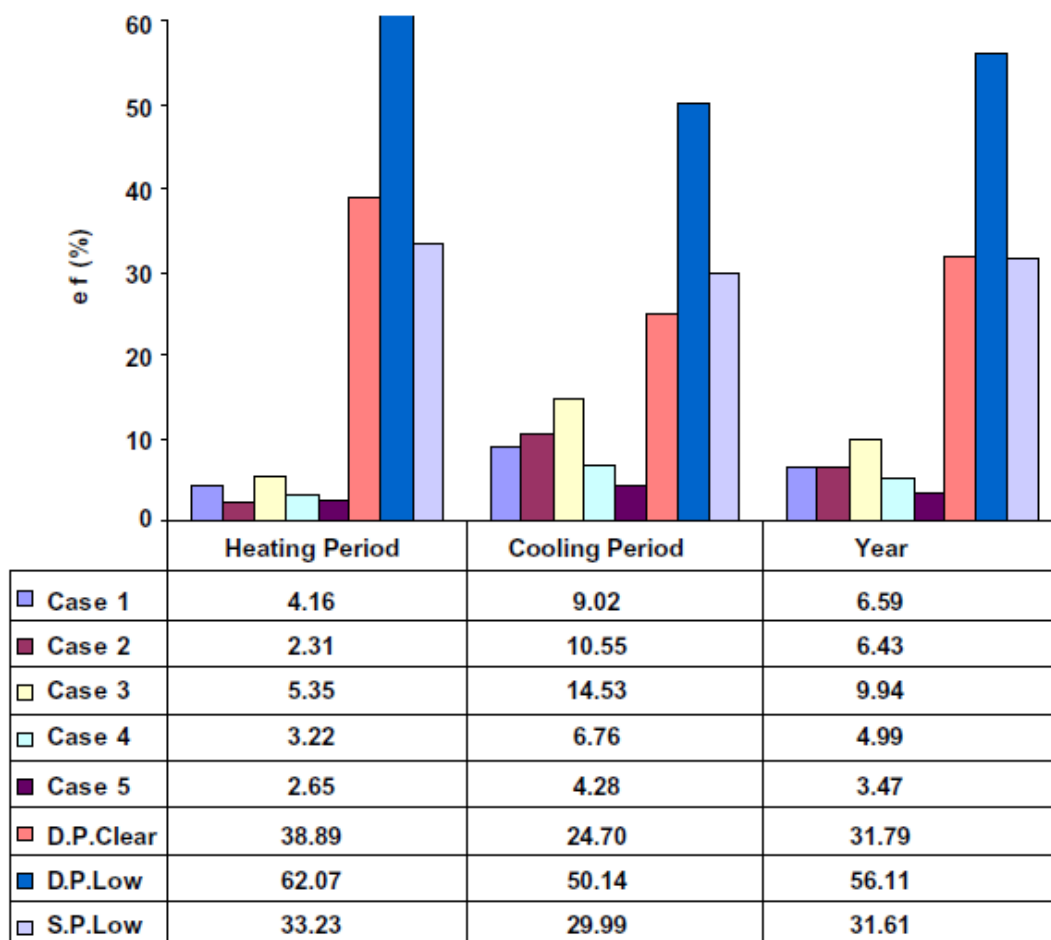
Слика 8. Резултати за прозор на западу

За прозор на западној страни (слика 8), резултати су показали да је најбољи случај постављања, случај број 2, надстрешница дужине 1 метар, 0,33 метра дубине, без растојања од прозора, и са надстрешницом са бочним крилом на левој страни прозора. Употреба надстрешница и надстрешница са бочним крилом повећава коефицијент ефикасности (од 11% до 33%).



Слика 9. Резултати за прозор на истоку

За прозор на источној страни (слика 9), резултати су показали да је најбољи случај постављања, случај број 3, надстрешница дужине 1 метар, 0,33 метра дубине, без растојања од прозора, и са надстрешницом са бочним крилом на десној страни прозора. Употреба надстрешница и надстрешница са бочним крилом повећава коефицијент ефикасности (од 12% до 30%).



Слика 10. Резултати за прозор на југу

За прозор на јужној страни (слика 10), резултати су показали да је најбољи случај постављања, случај број 3, надстрешница дужине 3 метар, 1 метар дубине, без растојања од прозора и без надстрешнице са бочним крилом.

5. Математички модел

5.1. Опис куће

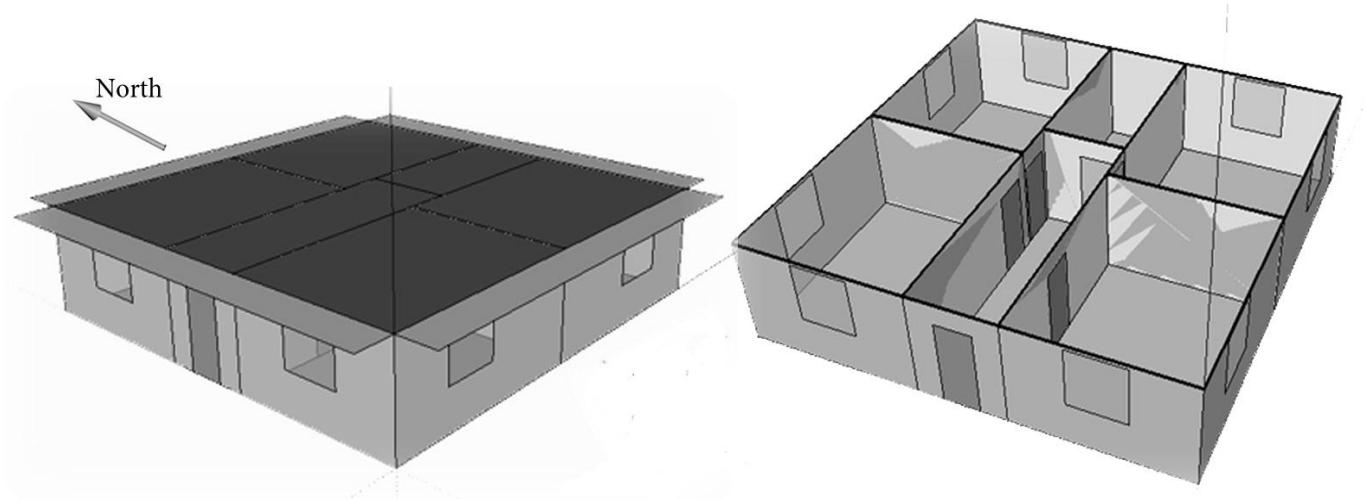
Урађена је симулација за три стамбене куће, које се разликују само по кровним надстрешницама. [1] Прва кућа, означена као основна кућа, нема кровну надстрешницу. Друга и трећа кућа имају четири кровне надстрешнице направљене од бетона, оријентисане у правцима севера, југа, истока и запада. Кровне надстрешнице ових кућа имају исту дужину. Друга кућа има кровне надстрешнице са истом уобичајеном дужином од 1 метра – видети слику 3. Дубине надстрешница треће куће одређене су оптимизацијом програма.

Кућа смештена у Београду, у Србији, има једноставан кров. У стамбеном простору од 190 m^2 смештена је једна породица. Од шест просторија колико их има у кући, четири просторије су са клима уређајем, по 23 m^2 . Свака од тих просторија има спољне зидове, спољне прозоре, унутрашње зидове, плафон и под, исте величине и састава. У соби, сви прозори су постављени у идентичан положај. [2] Спољни зидови су направљени од (идући од унутрашњости ка спољашњости) 0.02 метра малтера, 0.19 метра порозне цигле, 0.05 метра стиропора као слоја термичке изолације и 0.02 метра малтера. Имају У-вредност од $0.57 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Прозори су двоструко застакљени са простором од 15 мм између са У-вредношћу од $2.72 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Свеукупни просторни однос прозора и омотача (у смислу спољашњости) је 0.14, где је омотач површине 112 m^2 а прозора 19 m^2 . Унутрашњи зидови су направљени (од унутрашњости ка спољашњости) од 0.02 метра малтера, 0.19 метра порозне цигле, и 0.02 метра малтера. Кров је направљен од (идући од врха ка дну) 0.08 метра стридора као термичког изолационог слоја, 0.04 метра цементног слоја, 0.16 метра порозне цигле, и 0.015 метра малтера. Имају У-вредност од $0.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Под је направљен од (споља ка унутра) 0.1 метра неојачаног бетона, 0.15 метра армираног бетона, и 0.001 метра хидроизолације, 0.04 метра стридора као термичког изолационог слоја, 0.04 метра цементног слоја и 0.015 метра керамике. Имају У-вредност $0.47 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

Малтер је везивни материјал који настаје мешањем основног везива (као што су цемент или разне врсте креча), воде и агрегата/песка. [1]

Цигла или **опека** је зидни грађевни материјал који се добија формирањем, сушењем и печењем пластичне смесе глиненог материјала, песка и воде. [1] Порозна је опека производ који се одликује изузетним топлотним својствима уз коефицијент топлотне проводљивости λ и до три пута мањи од обичне шупље опеке. Истовремено су задржане остале предности опеке – једноставна, брза и економична градња, добра звучна изолација. Како састав опеке чине само природни материјали (глина, песак и пиљевина) без синтетичких материјала, опека је и еколошки производ коју је након целог века употреба могуће и рециклирати.

Армирани бетон је грађевински материјал настао спрезањем бетона и челика.



Слика 11. Изглед куће за симулацију [2]

Свака соба има исто топлотно оптерећење (људи, осветљење, електрична опрема), степен пропуштања и вентилације. [2] У свакој просторији живе по две особе. У свакој од просторија се за осветљење користе уобичајене висеће лампе са сијалицама од 200 W. У свакој соби се користе класични електрични уређаји од 700 W (електрични шпорет, телевизор, радио, машина за веш, замрзивач, микроталасна). Кућна вентилација није обезбеђена.

Сезона хлађења траје од 1.јуна до 31.августа. Током сезоне хлађења, унутрашња температура се одржава на 24° Ц коришћењем климе на струју. [2] Капацитет клима је исти у свакој соби и износи 3,5 kW.

Распоред хлађења се може дефинисати заједно са распоредом коришћења осветљења, унутрашњих уређаја и коришћењем зграде.

5.2. Време и локација

Зграде на којима су вршена истраживања су смештене у Београду. Београд је главни град Србије. Београд се налази на 116.75 метара надморске висине, и то на координатама 44°49'14" северно и 20°27'44" источно. [2] Град има умерено континенталну климу са 4 годишња доба (пролеће, лето, јесен и зима). Просечна годишња температура је 12.3° Ц, док је најтоплији месец јул, а најхладнији јануар. Временски подаци коришћени у симулацијама су добијени мерењима не београдским мерним станицама. Табела 4 показује соларну енергију и површинске метеоролошке прилике Београда.

промена	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
сунчево зрачење, kWh/m ² /дан	1.31	2.15	3.27	4.36	5.46	5.95	6.03	5.41	3.80	2.49	1.46	1.10
ведрина, 0 – 1	0.40	0.45	0.47	0.48	0.51	0.52	0.54	0.55	0.49	0.45	0.39	0.38
температура, °Ц	0.64	1.75	6.24	11.96	17.68	20.85	23.39	23.60	18.71	13.26	6.41	1.48
брзина ветра, m/s	4.02	4.39	4.40	4.35	3.85	3.68	3.63	3.44	3.54	3.71	3.99	4.15
падавине, mm	47	44	46	56	71	91	67	53	51	46	57	59
влажни дани, d	11.3	11.1	11.4	12.3	12.3	12.5	9.7	9.0	8.4	8.5	12.0	12.2

Табела 1. Временски подаци Београда [2]

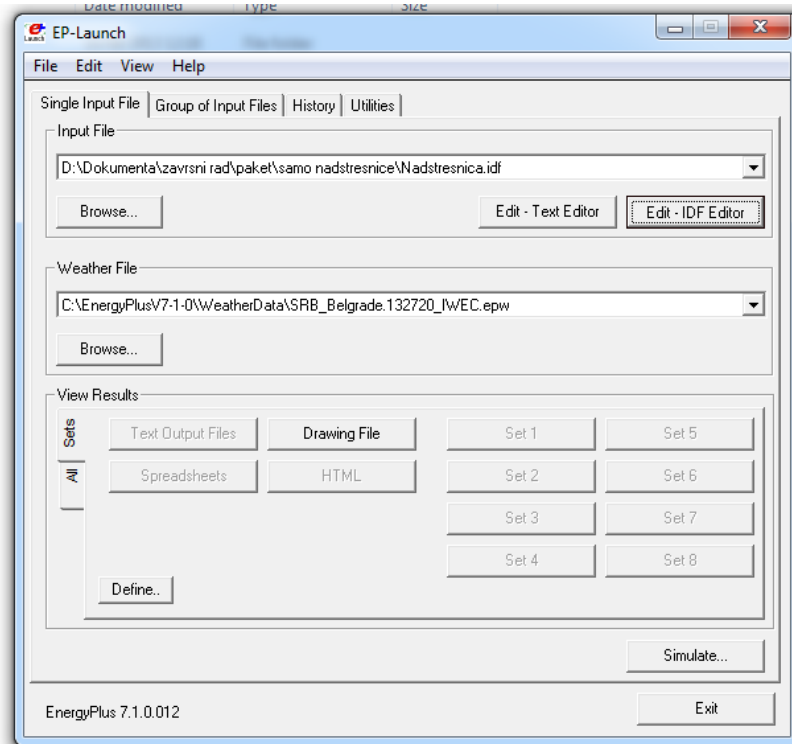
5.3. Коришћени софтвери

Да би се симулирало топлотно понашање кућа, коришћен је софтвер EnergyPlus. Овај софтвер је веома корисна алатка за моделирање енергије и средине зграда. Овај програм је првенствено израдила Lawrence Berkley Nacionalna Laboratorija, Vojna Konstrukciona Inženjerska Laboratorija i Univerzitet u Illinoisu. У софтвер је могуће убацити податак како људи користе зграду у време сезоне хлађења. У овом смеру, сложени план хлађења се може дефинисати заједно са планом осветљења, коришћења унутрашњих уређаја и коришћења зграде.

У овој студији, GenOpt [12] се користи ради програмирања оптимизације дубине кровних надстрешница. Овај код је направљен да би помогао у повезивању процеса оптимизације и програма спољне симулације. Исто тако, минимизирање функције трошкова се програмира коришћењем GenOpt кода. Варијабле у овој функцији су у програму спољне функције. GenOpt код је направљен за оптимизацију проблема где је функција трошкова рачунски скупа а њене изведенице нису доступне или не постоје. У овим истраживањима, GenOpt код је програмиран на одговарајућу циљну функцију коришћењем оптимизације метода Hooke&Jeeves. Hooke&Jeeves алгоритам је такав да директно претражује без изведеница. У овом алгоритму стратегију претраге води циљна функција и ограничавајуће вредности.

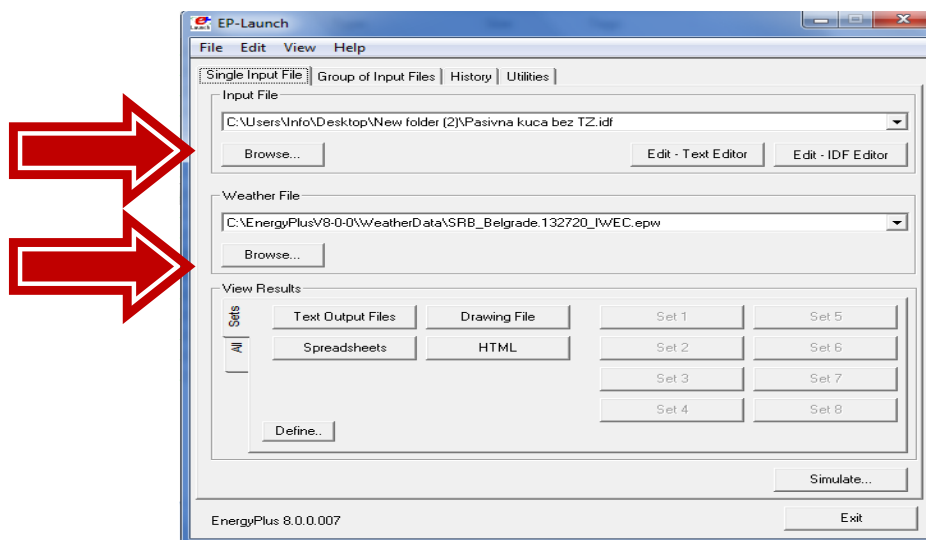
5.4. Основна подешавања и употреба *EnergyPlus-a*

Једноставним дуплим кликом на сам IDF фајл отвара се главни мени преко кога се врше све операције.

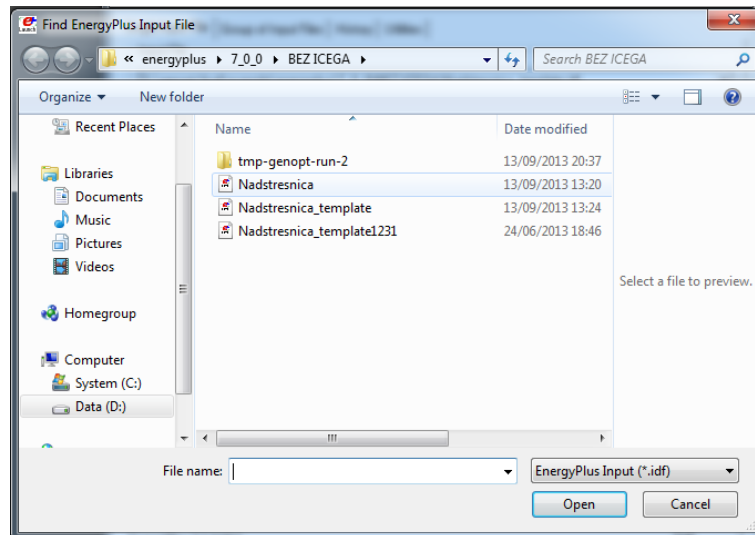


Слика 12. Главни мени у *EnergyPlus-u*

Левим кликом на опцију Browse потребно је одабрати IDF фајл за симулирање, и Weather File за одређену локацију на којој се налази објекат.



Слика 13. Подешавање *Weather File-a*

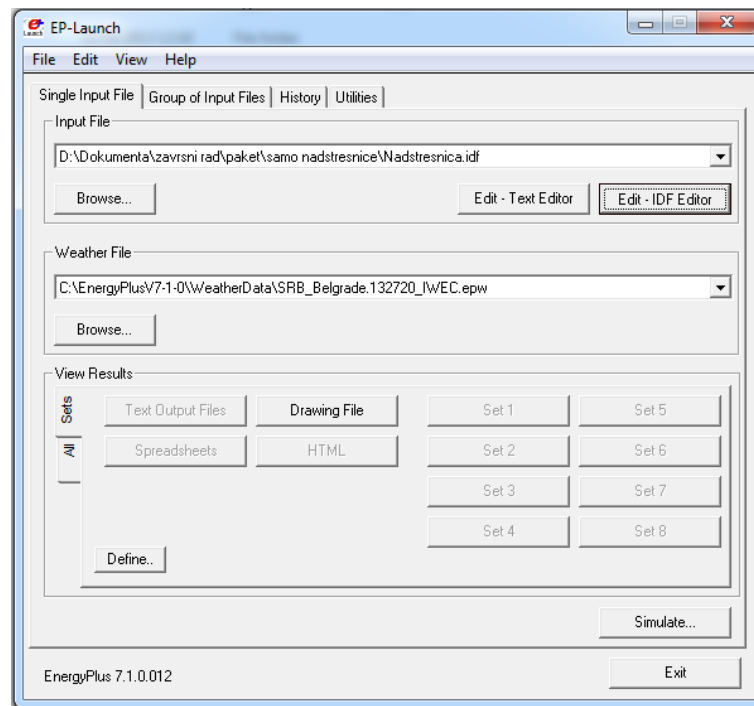


Слика 14. Поступак уношења input фајл-а

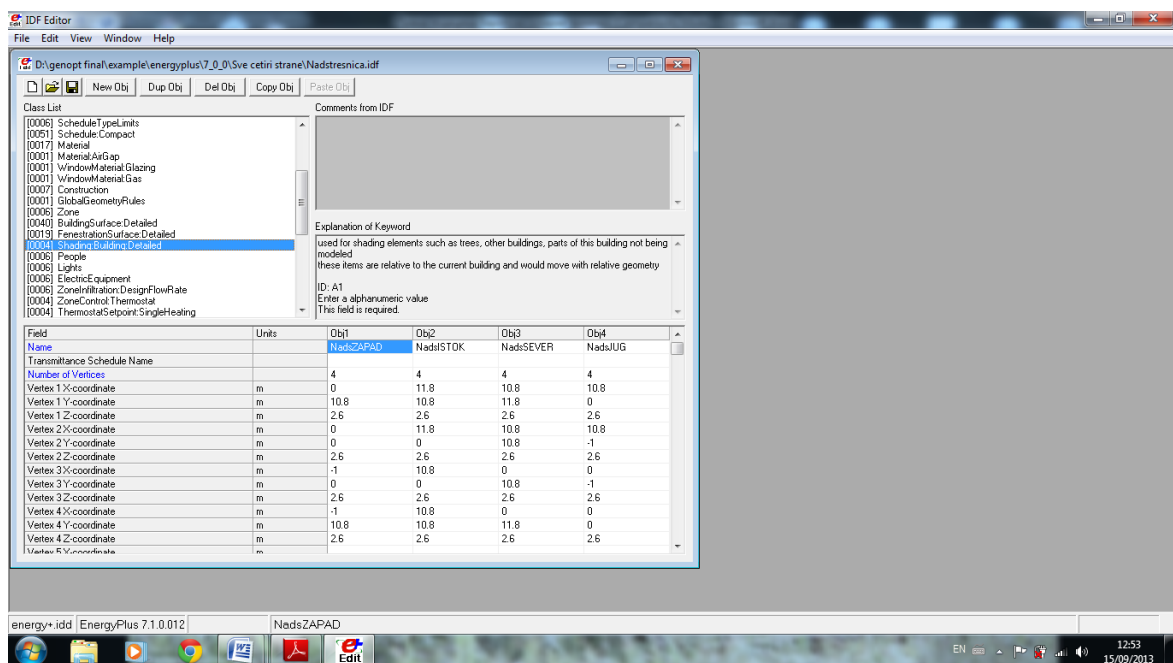
Опција Browse на слици 13 отвара дијалог у коме се бира Weather File, односно фајл који у себи садржи податке о временским условима неког града. Weather File је веома битан јер различити градови леже у различитим временским зонама и у различитим климатским подручјима па ће самим тим резултати симулирања бити другачији.

5.5. Подешавање параметара за симулирање надстрешница

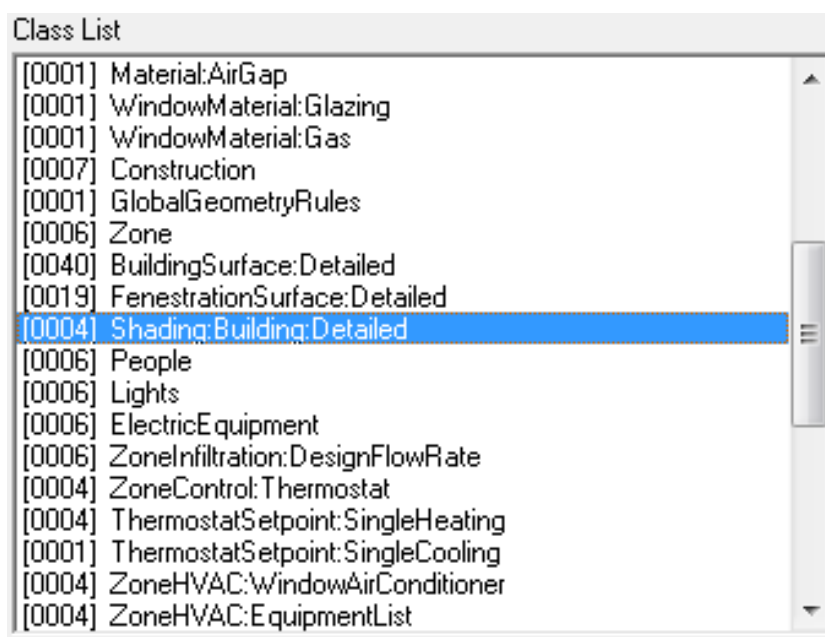
Да би могла да се изврши симулација (у овом случају надстрешница), потребно је пре тога подесити параметре, тј. програму задати одређене релације, команде, ограничења... Отварањем опције IDF Editor у главном менију, добија се списак свих група параметара. У зависности од тога шта се симулира бирају се групе параметара које се подешавају, док постоје и параметри које морамо да задамо јер чине основу за израчунавање. Углавном су то основни подаци о објекту. Такође, сваки параметар посебно има своја битна поља која су означена плавом бојом и морају се попуњавати.



Слика 15. IDF Editor



Слика 16. Изглед прозора за унос података



Слика 17. Shading:Building:Detailed

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		NadsZAPAD	NadsISTOK	NadsSEVER	NadsJUG

Слика 18. Поље за унос имена

Transmittance Schedule Name					
Number of Vertices		4	4	4	4
Vertex 1 X-coordinate	m	0	11.8	10.8	10.8
Vertex 1 Y-coordinate	m	10.8	10.8	11.8	0
Vertex 1 Z-coordinate	m	2.6	2.6	2.6	2.6
Vertex 2 X-coordinate	m	0	11.8	10.8	10.8
Vertex 2 Y-coordinate	m	0	0	10.8	-1
Vertex 2 Z-coordinate	m	2.6	2.6	2.6	2.6
Vertex 3 X-coordinate	m	-1	10.8	0	0
Vertex 3 Y-coordinate	m	0	0	10.8	-1
Vertex 3 Z-coordinate	m	2.6	2.6	2.6	2.6
Vertex 4 X-coordinate	m	-1	10.8	0	0
Vertex 4 Y-coordinate	m	10.8	10.8	11.8	0
Vertex 4 Z-coordinate	m	2.6	2.6	2.6	2.6
Vertex 5 X-coordinate	m				

Слика 19. Поље за унос координата надstreшница

5.6. Коришћење примарне енергије за хлађење

После симулације у програму energy plus, израчуната је потрошња енергије по уређају климе у сезони ($E_{el,c}$). [2] Потрошња енергије по сезони хлађења по клими се рачуна на следећи начин:

$$E_{pry} = E_{el,c} R.$$

Овде је R еквивалент за потрошњу примарне енергије. Овај еквивалент представља примарну енергију коришћену за производњу јединице електричне енергије. За производњу енергије у Србији $R=3,01$. [13] У Србији, примарну енергију за производњу електричне енергије чине вода, угљ, уље и природни гасови.

5.7. Енергија у кровним надстрешницама

Енергија уложена у надстрешнице представља примарну енергију употребљену за производњу материјала за надстрешницу, за уградњу надстрешница на кућу и за распоређивање надстрешница. [2] Овде се подразумева да је енергија за уградњу надстрешница занемарљива. Уложена енергија на годишњем нивоу се израчунава на следећи начин:

$$E_{emb} = \rho l \delta h S_{emb} / f.$$

Оптимизација је извршена у односу на дужину испуста надстрешница h , где је ρ густина материјала надстрешнице (бетон $\rho=2500 \text{ kg/m}^3$), l је ширина дела надстрешнице која се оалања на објекат (10.8 метра), δ дебљина надстрешнице (0.18 метра), h је дужина испуста надстрешнице, S_{emb} специфична уложена енергија за материјал надстрешнице (1,924 MJ/kg), f животни век надстрешнице (20 година). [14] Карактеристике надстрешнице су дате у табели 3.5.

карактеристике	
материјал	бетон
специфична густина, ρ	2150 kg/m ³
дебљина, δ	0.18 m
дужина, h	10.8 m
висина*	0.2 m
дубина, l	Optimized
циклус трајања, f	20 a
специфично уложена енергија, S_{emb}	1.92 MJ/kg

*удаљеност прозора од надстрешнице

Табела 2. Карактеристике надстрешнице [2]

5.8. Циљна функција – употреба примарне енергије у систему

Циљна функција је да се укупна употреба примарне енергије минимизира. [2] Укупна употреба примарне енергије се дефинише као збир потрошње примарне енергије од климе и утрошене енергије у саму надстрешницу:

$$E_{TOT} = E_{pry} + E_{emb}.$$

5.9. Упоредивање индикатора

У вези са кућом која нема надстрешнице, уштеда енергије која се постиже климом се дефинише у процентима на следећи начин:

$$E_{pry,sav,0} = 100 ((E_{pry,opt} - E_{pry,0})/E_{pry,0}).$$

Овде се $E_{pry,opt}$ односи на употребљену примарну енергију за хлађење куће која има оптималне надстрешнице, док се $E_{pry,0}$ односи на употребу примарне енергије за хлађење куће која нема надстрешнице.

Када су у питању куће које немају надстрешнице, уштеда укупне примарне енергије у кући се дефинише следећом једначином:

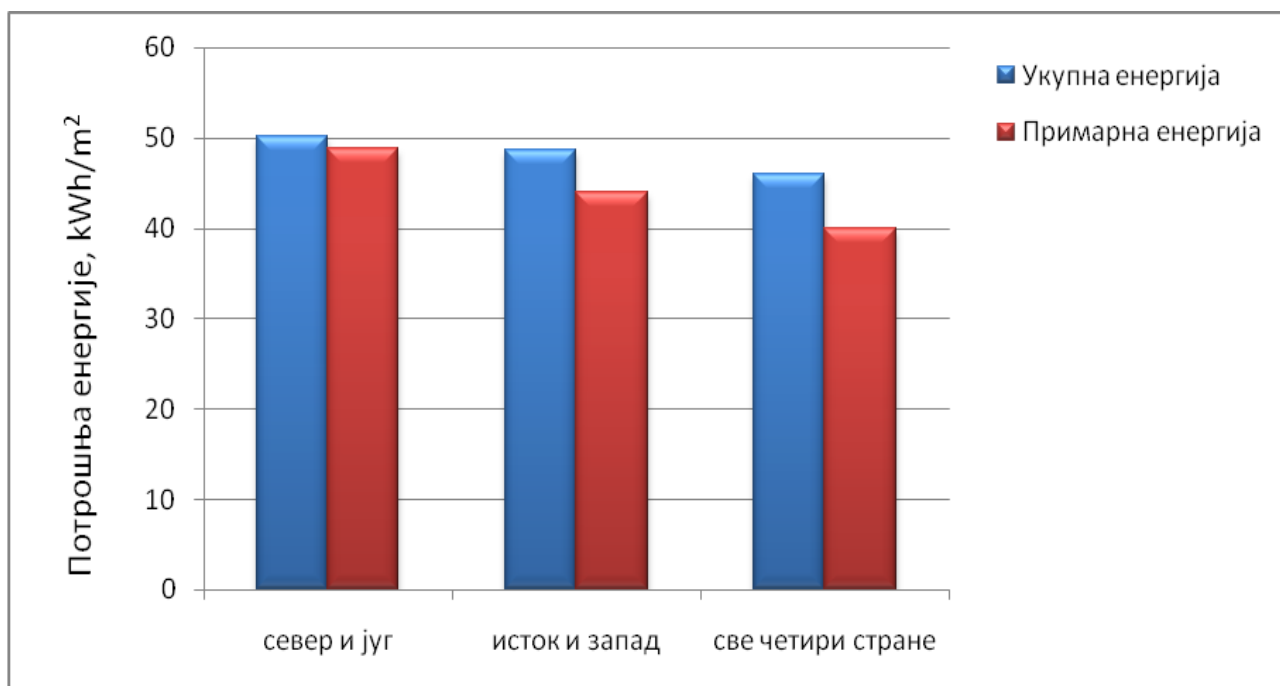
$$E_{TOT,sav,0} = 100 ((E_{TOT,opt} - E_{TOT,0})/E_{TOT,0}).$$

Овде се $E_{TOT,opt}$ односи на употребљену укупну енергију за хлађење у кући која има оптималне надстрешнице, $E_{TOT,0}$ се односи на употребљену укупну енергију за хлађење у кући која нема уграђене надстрешнице.

6. Резултати и дискусија

У овом раду, урађена је оптимизација дубине 4 надстрешнице које су окренуте ка 4 главне стране света. Оптимизација надстрешница се врши у току расхладне сезоне (1. јун-31. август).

4.1. Резултати

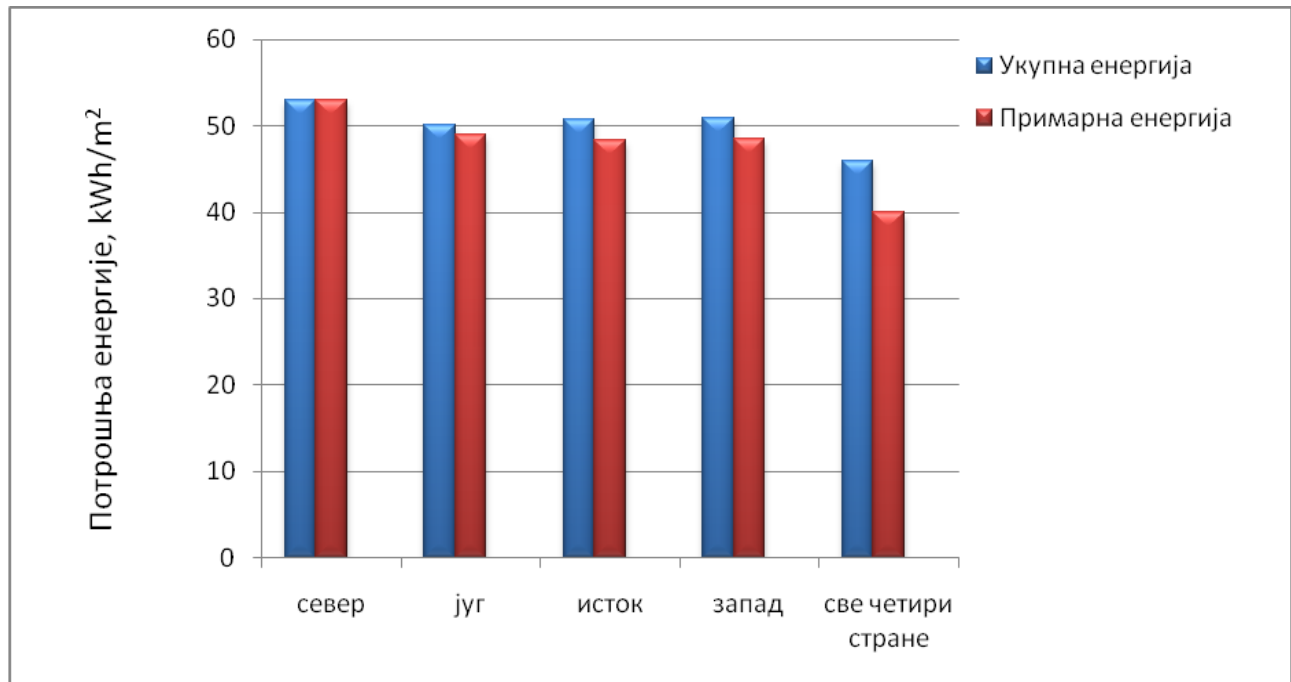


Дијаграм 1. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница

Дијаграм 1 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама постављеним на: северу и југу, истоку и западу као и на све четири стране.

На слици се види да је највећа потрошња примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) за случај постављања надстрешница на северној и јужној страни и износи 48,90 kWh/m². Потрошња примарне енергије за случај постављања надстрешница на све четири стране, као и на источној и западној страни је нешто мања и износи 40 kWh/m².

Највећа потрошња укупне енергије је за случај постављања надстрешница на северну и јужну страну и износи 50,17 kWh/m², док је најмања потрошња укупне енергије у случају постављања надстрешница на све четири стране и износи 45,95 kWh/m². Потрошња укупне енергије за случај постављања надстрешница на истоку и западу оптималних дубина се налази између горе наведених вредности и износи 48,69 kWh/m².

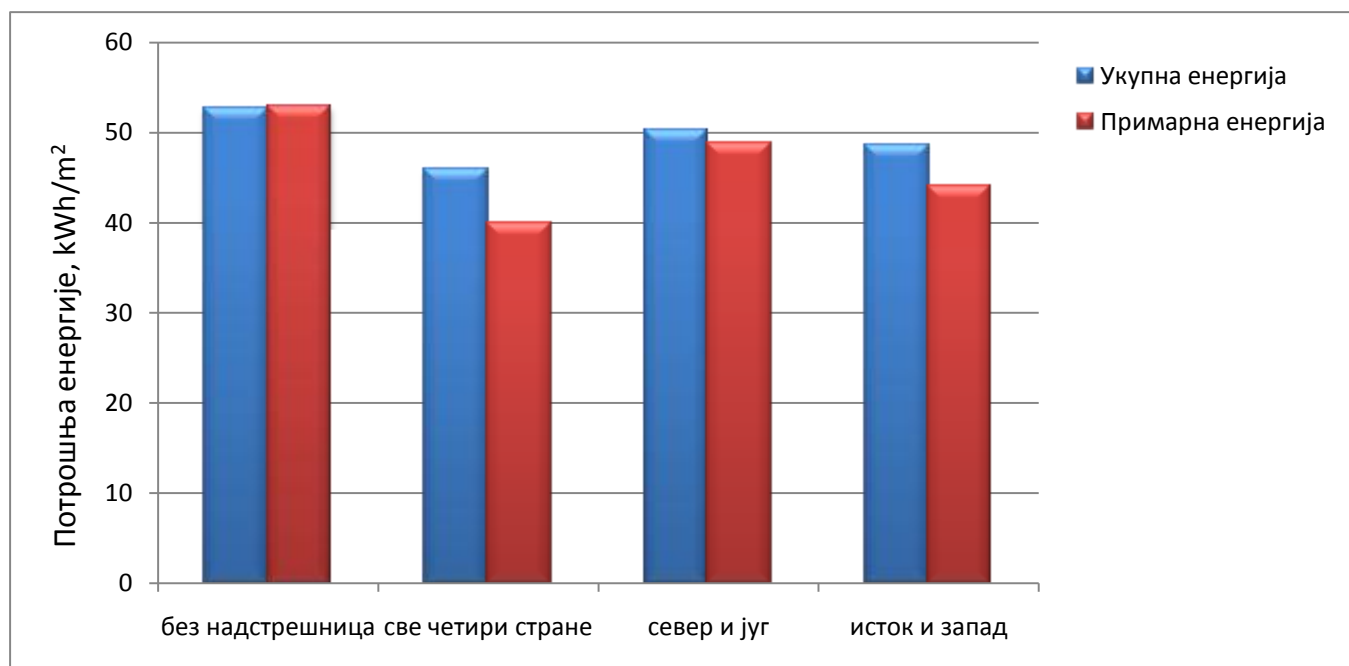


Дијаграм 2. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница

Дијаграм 2 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама постављеним на: северу, југу, истоку, западу и све четири стране.

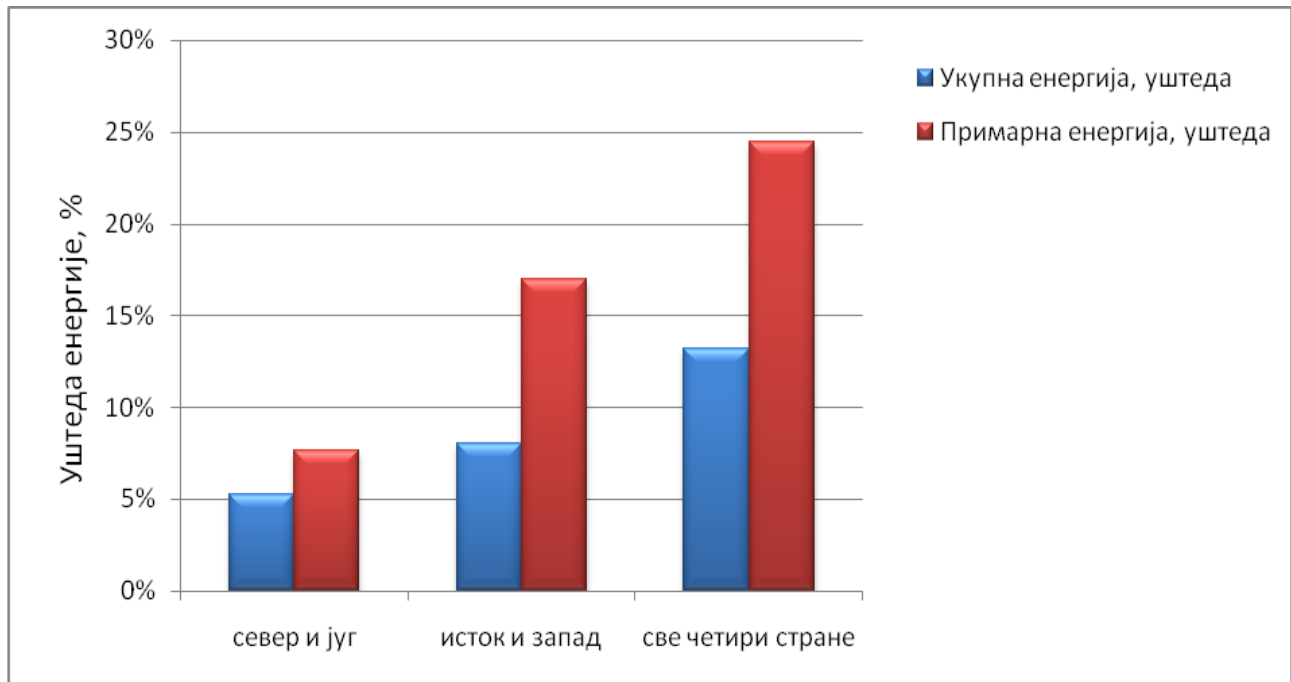
На дијаграму 2 се види да је највећа потрошња примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) за случај постављања надстрешница на северној страни куће и износи $52,95 \text{ kWh/m}^2$, док су за случајеве постављања надстрешница на југу, истоку и западу нешто мање вредности, а најмања потрошња је за случај постављања надстрешница на све четири стране куће и износи 40 kWh/m^2 .

Потрошња укупне енергије се такође креће од највеће вредности за случај постављања надстрешница на северној страни $52,95 \text{ kWh/m}^2$ до најмање вредности за случај постављања на све четири стране $45,95 \text{ kWh/m}^2$.



Дијаграм 3. Потрошња енергије за различите случајеве постављања надстрешница

Дијаграм 3 приказује потрошњу енергије за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама постављеним на: све четири стране, северу и југу, као и на истоку и западу.

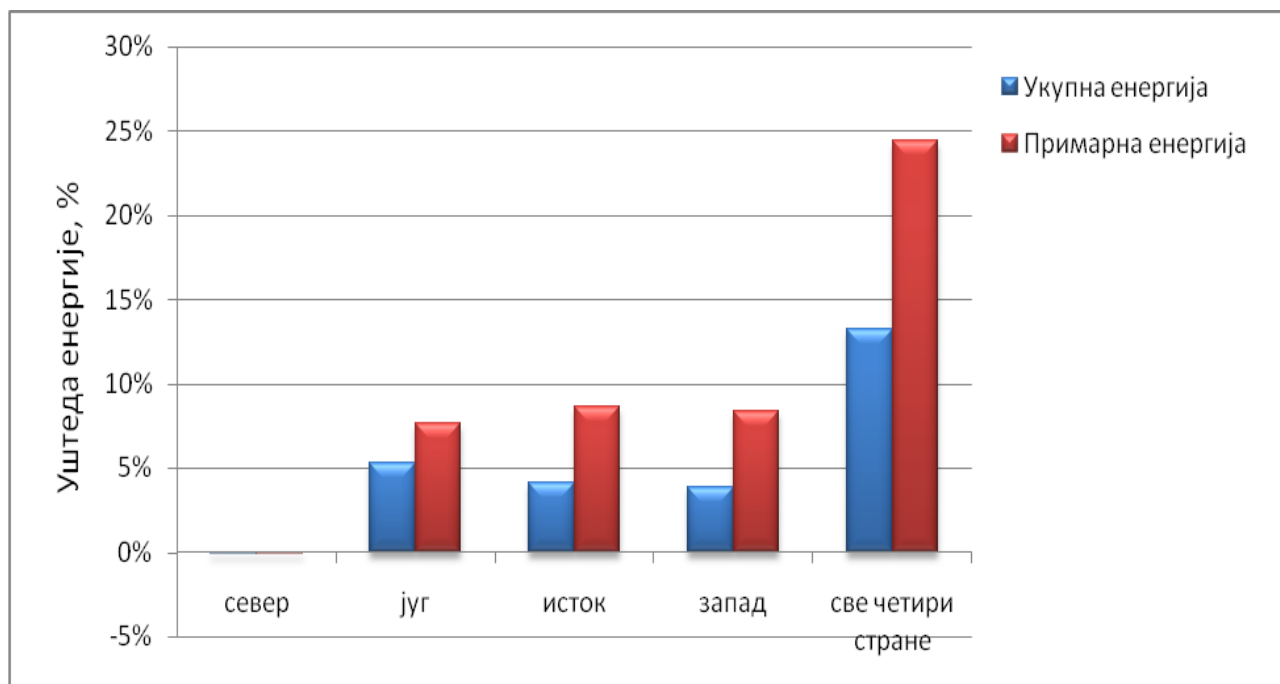


Дијаграм 4. Уштеда енергије у процентима за различите случајеве постављања надстрешница

На дијаграму 4 је приказана уштеда енергије у процентима за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама постављеним на: северу и југу, истоку и западу као и на све четири стране.

Уштеда примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) у случају постављања надстрешница на све четири стране у односу на кућу без њих износи 24,46 %, за случај постављања надстрешница на истоку и западу уштеда је 16,95 %, а на северу и југу уштеда је 7,64 %.

Уштеда укупне енергије у случају постављања надстрешница на све четири стране је 13,22 %, за случај постављања на истоку и западу је 8,03 %, а на северу и југу је 5,26 %.

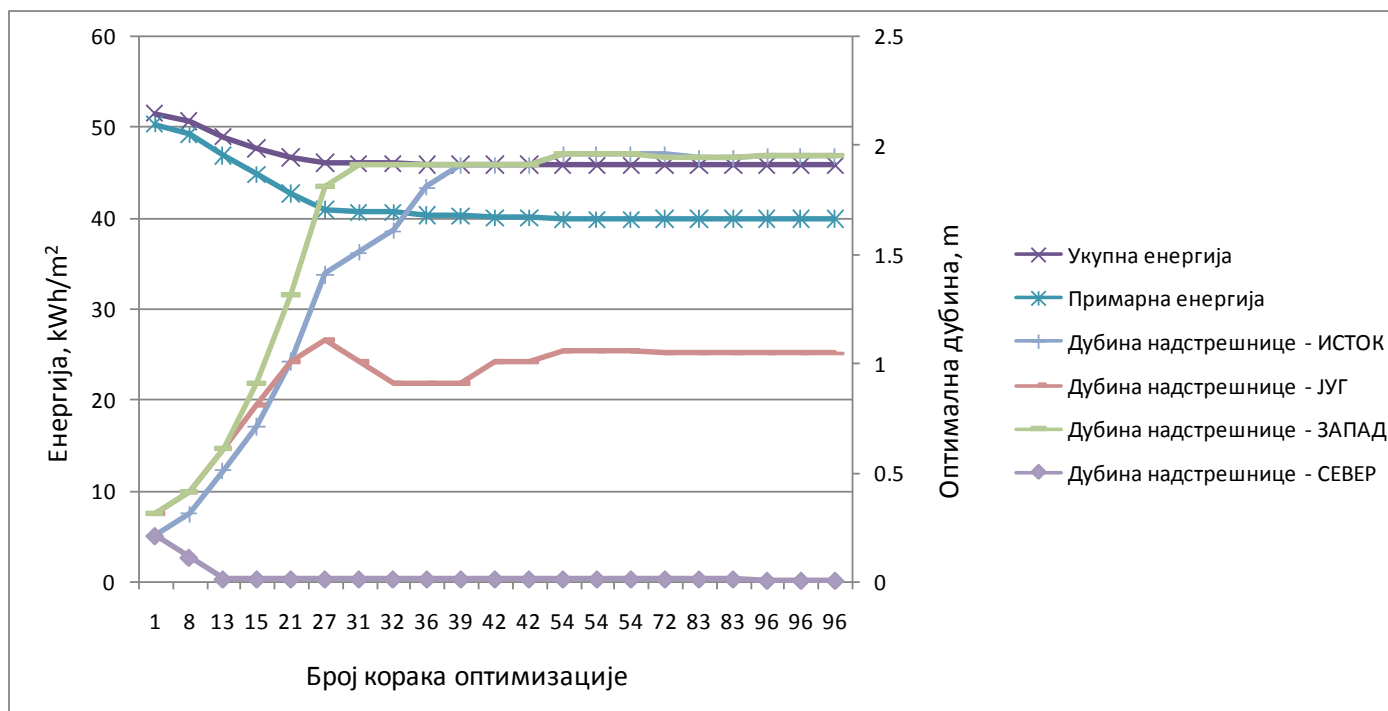


Дијаграм 5. Уштеда енергије у процентима за различите случајеве постављања надстрешница

На дијаграму 5 је приказана уштеда енергије у процентима за стамбену кућу са надстрешницама оптималних дубина у односу на кућу без њих. Ови резултати су приказани за стамбену кућу са надстрешницама постављеним на: југу, истоку, западу и на све четири стране.

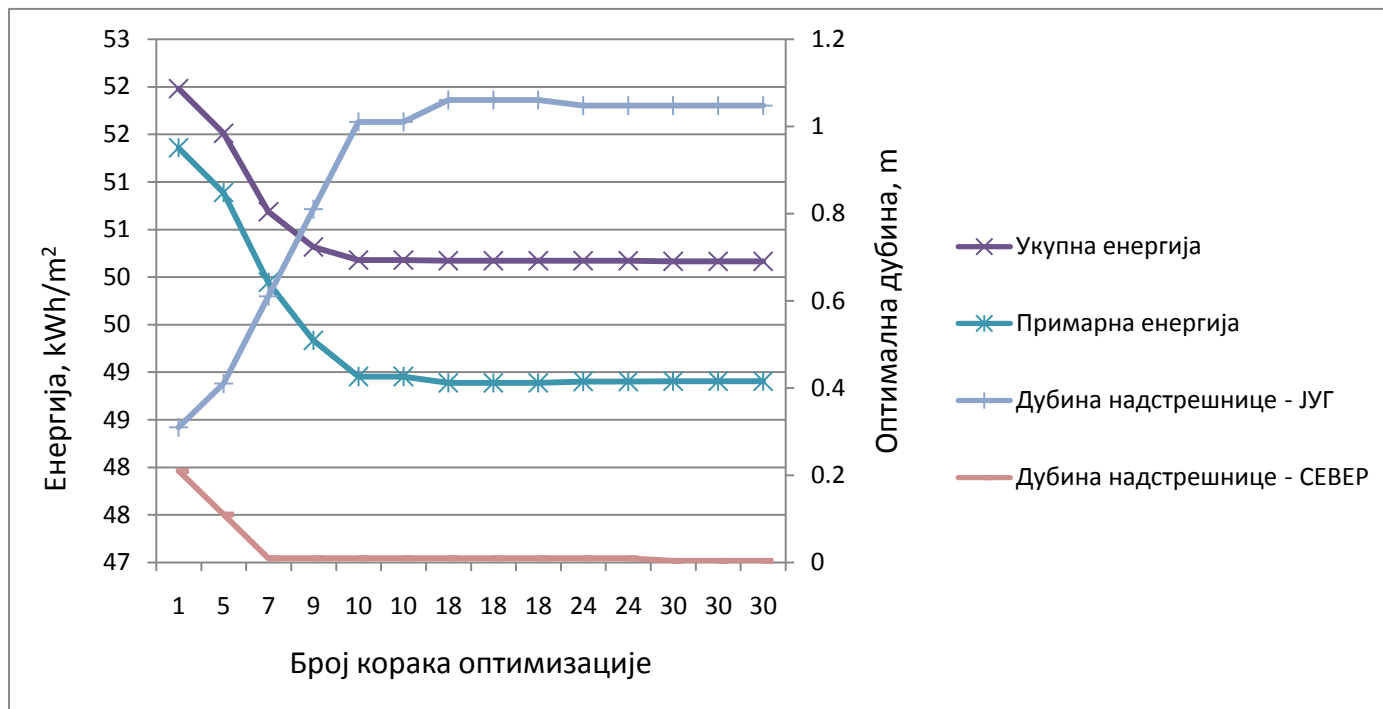
Уштеда примарне енергије (за догревање воде и хлађење просторија) у случају постављања надстрешница на све четири стране куће у односу на кућу без њих износи 24,46 %, за случај постављања надстрешница на југу уштеда је 7,64 %, на истоку уштеда је 8,60 %, а на западу је 8,32 %.

Уштеда укупне енергије у случају постављања надстрешница на све четири стране је 13,22 %, на јужној страни уштеда је 5,26 %, на источној је 4,16 %, и на западној остварена је уштеда од 3,89 %.



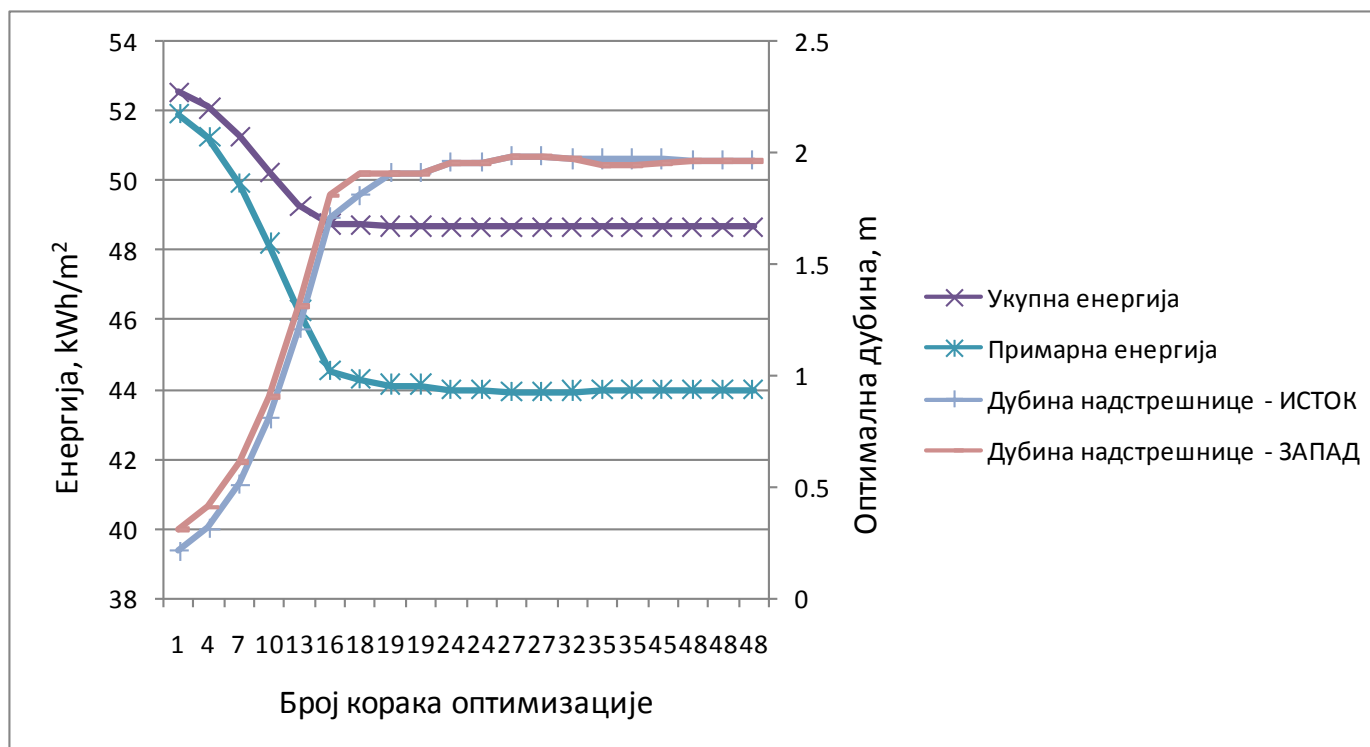
Дијаграм 6. Оптимизација дубине надстрешница за кућу са надстрешницама на све четири стране

Дијаграм 6 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на све четити стране света. Добијене оптималне дубине надстрешница су: 0,003 за северну, 1,95 за јужну, 1,04 за источну и 1,95 за западну надстрешницу. Дубина надстрешнице на северу, је незнатно мала у односу на дубине осталих надстрешница.



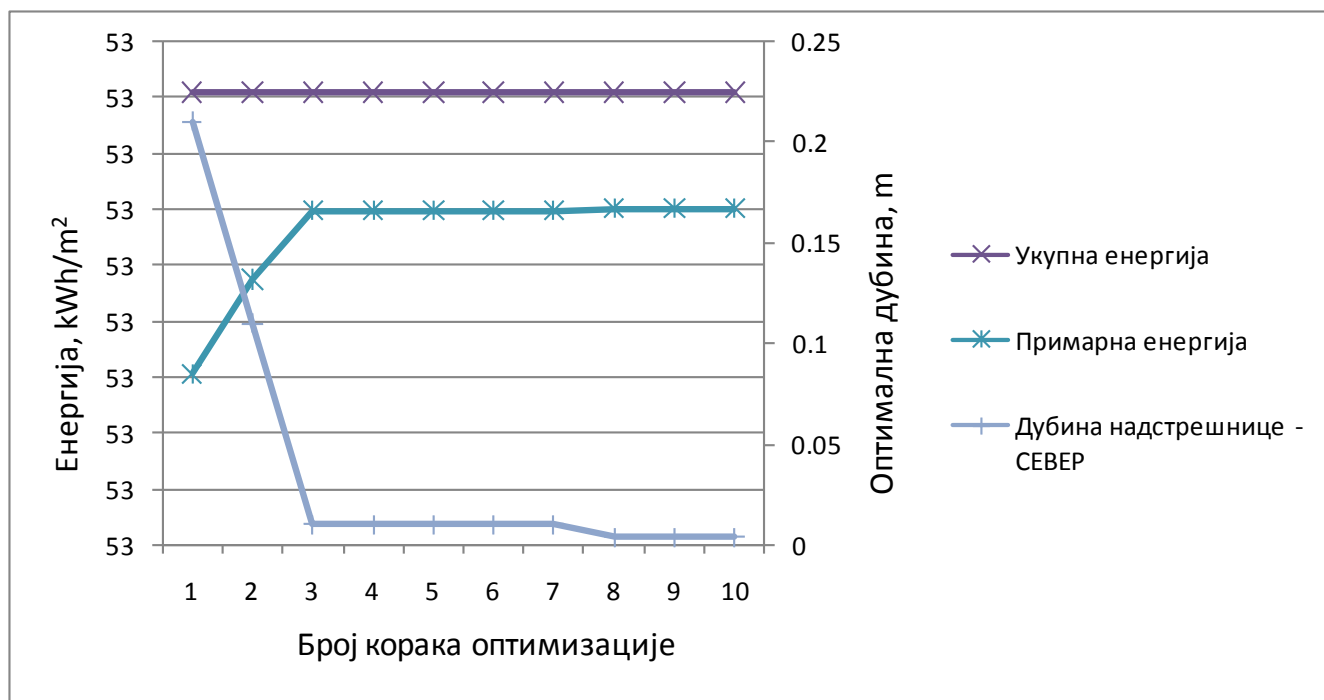
Дијаграм 7. Оптимизација дубина надстрешница за кућу са северном и јужном надстрешницом

Дијаграм 7 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на северној и јужној страни. Добијене оптималне дубине надстрешница су: 0,003 m за јужну, и 1,04 m за северну надстрешницу. Дубина надстрешнице постављене на северној страни је знатно већа од дубине надстрешнице октенуте ка југу која готово и да не постоји.



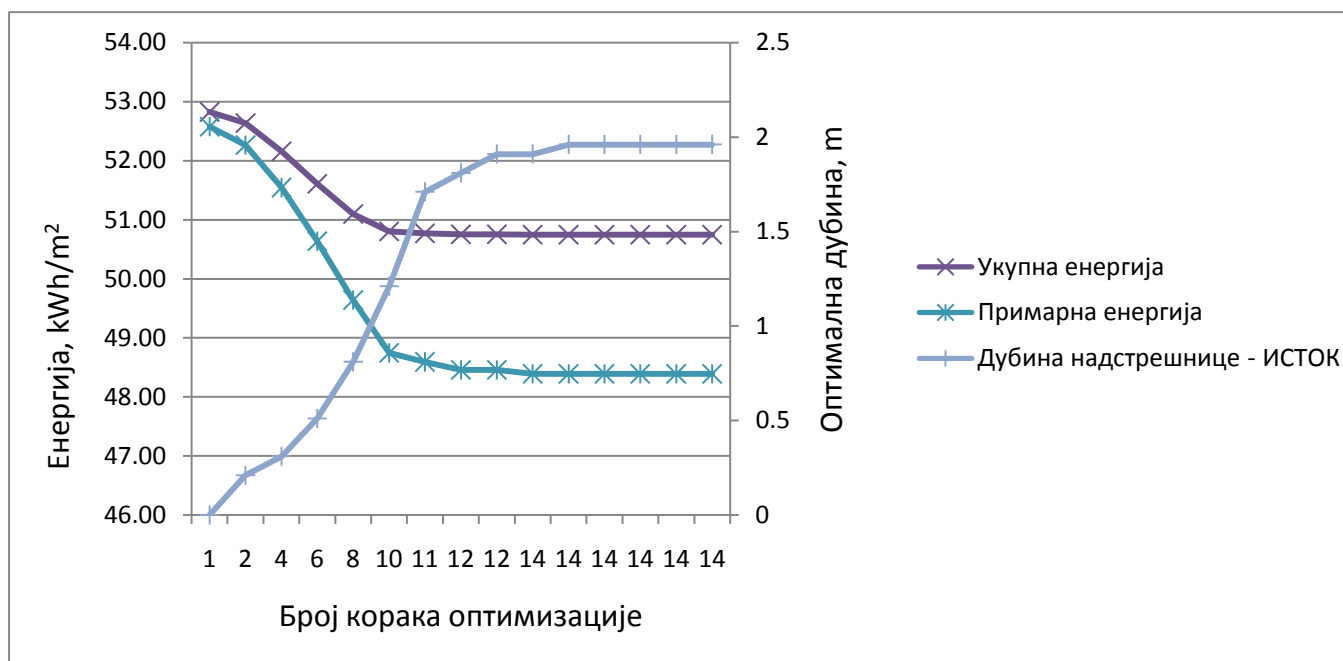
Дијаграм 8. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са источном и западном надстрешницом

Дијаграм 8 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницама постављеним на источној и западној страни. Добијене оптималне дубине надстрешница су истих дужина, 1,96 m.



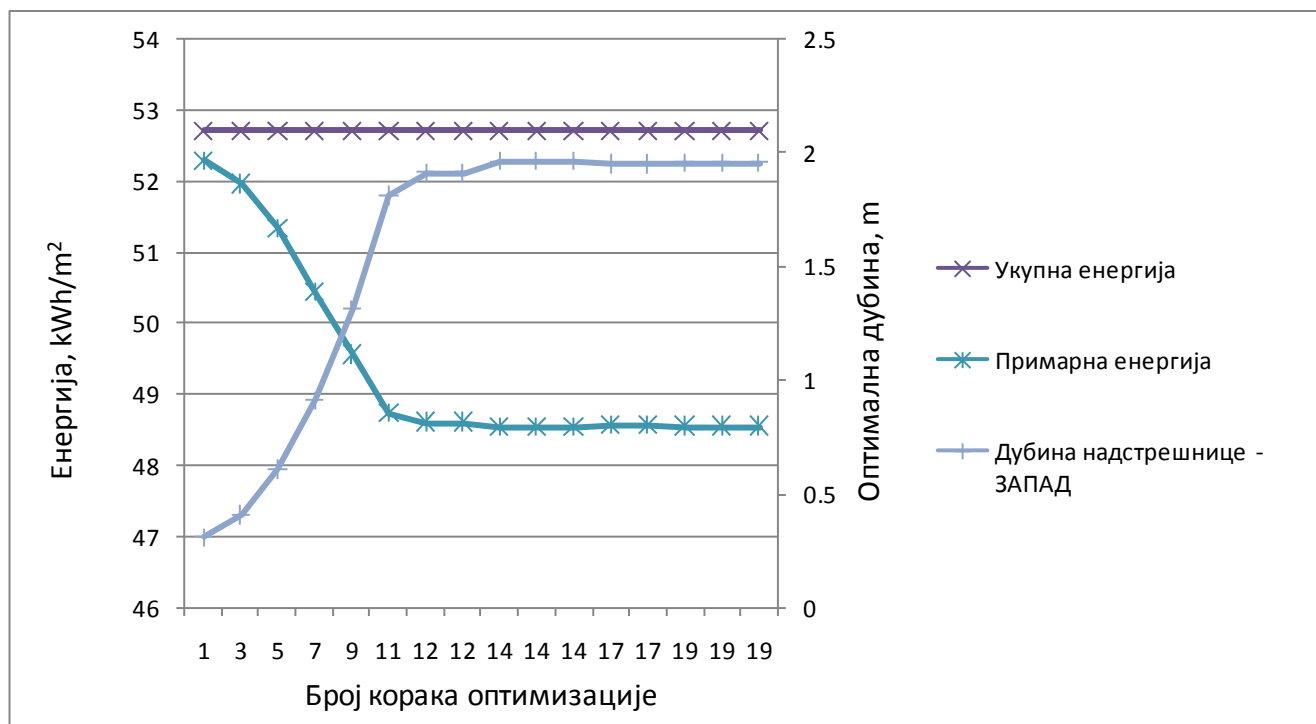
Дијаграм 9. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са северном надстрешницом

Дијаграм 9 представља оптимизацију за кућу са надстрешницом постављеном на северној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка северу износи 0,003 m.



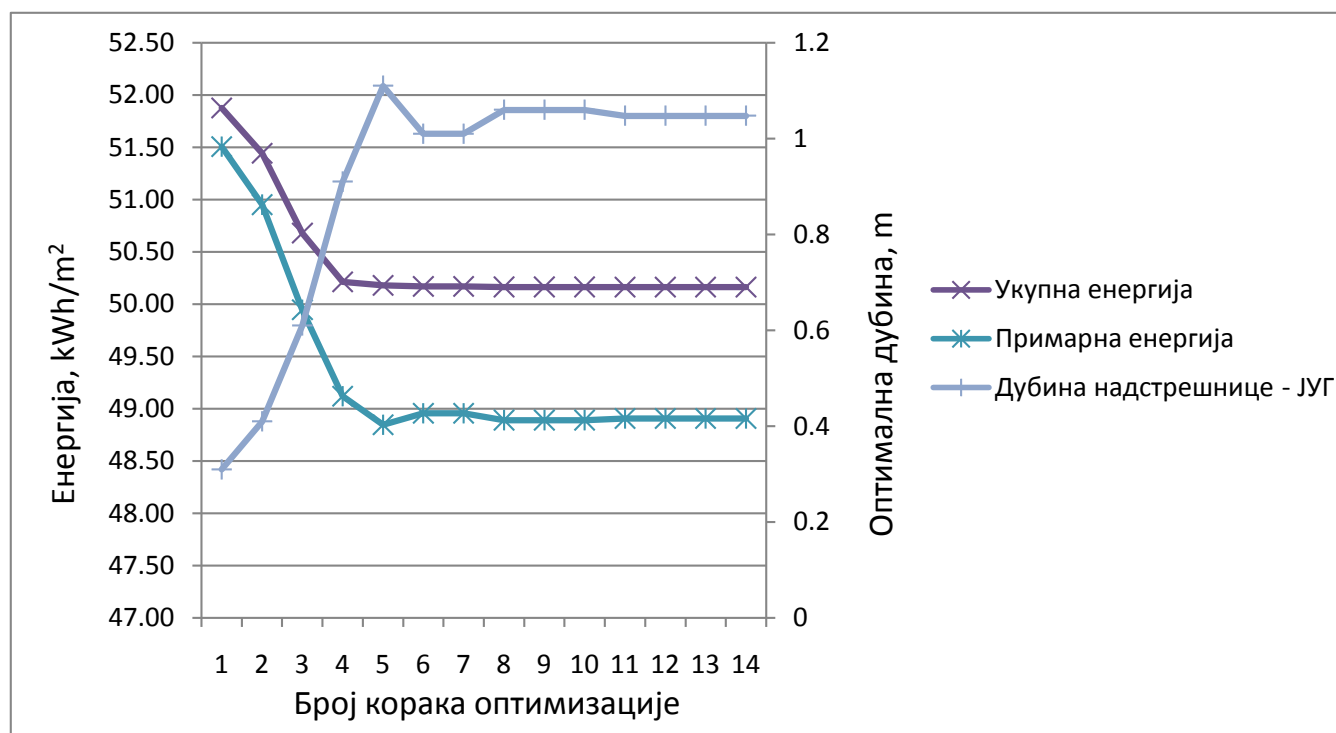
Дијаграм 10. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са источном надстрешницом

Дијаграм 10 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на источној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуте ка истоку износи 1,96 m.



Дијаграм 11. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са западном надстрешницом

Дијаграм 11 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на западној страни. Добијени оптимална дубина надстрешнице окренуте на западу износи 1,93 m.



Дијаграм 12. Оптимизација дубине надстрешнице за кућу са јужном надстрешницом

Дијаграм 12 представља ток оптимизације за кућу са надстрешницом постављеном на јужној страни. Добијена оптимална дубина надстрешнице окренуту на југу износи 1,04 m.

Случај	Дубина надстрешнице – СЕВЕР (m)	Дубина надстрешнице – ЈУГ (m)	Дубина надстрешнице – ИСТОК (m)	Дубина надстрешнице – ЗАПАД (m)	Укупна потрошена примарна енергија (kWh/m ²)
Кућа без надстрешница	/	/	/	/	52,76
Све четири стране	0,003	1,95	1,04	1,95	40
Север и југ	1,04	0,003	/	/	48,9
Исток и запад	/	/	1,96	1,96	43,98
Север	0,003	/	/	/	52,95
Југ	/	1,04	/	/	48,91
Исток	/	/	1,96	/	48,39
Запад	/	/	/	1,93	48,54

Табела 3. Приказ оптималних дубина надстрешница и укупних утрошених примарних енергија за различите комбинације кућа

7. Закључак

Уградња надстрешница оптималних дубина има позитиван утицај на уштеду енергије куће са надстрешницама у односу на кућу без њих.

Анализом резултата оптимизације се може закључити да у случају уградње надстрешница на све четири стране, дубина надстрешница на јужној страни је 1,95 m, на источној 1,04 m, на западној 1,95 m, док надстрешница на северу готово и да не постоји.

Такође, анализом резултата оптимизације се може приметити да код куће која има само северну и јужну надстрешницу, јужна надстрешница готово и да не постоји, док је дубина надстрешнице окренуте ка северу 1,04 m.

Код куће која има само источну и западну надстрешницу добијене оптималне дубине надстрешница износе 1,96 m, за обе надстрешнице.

Вредности оптималних дубина надстрешница за случај њиховог постављања само на једну страну куће (север, југ, исток и запад) се крећу у границама између 0,003 до 1,96 m.

Упоређивањем кућа са надстрешницама оптималних дубина за различите случајеве њиховог постављања и кућа без надстрешница, може се закључити да постоји уштеда примарне енергије, као и уштеда укупне енергије (енергије функције циља).

Савремени развој захтева напуштање необновљивих извора енергије и окретање енергетској ефикасности, уштеди енергије и економској исплативости тј. обновљивим изворима енергије.

8. Литература

- [1] <http://www.mojaenergija.hr/index.php/me/Knjiznica/Teme/Energetska-ucinkovitost>
- [2] Milorad Lj. Bojic, Dragan Z. Cvetkovic, Optimisation of the depth of horizontal roof overhangs during the cooling season
- [3] Raeissi S., Taheri M., Optimum Overhang Dimensions for Energy Saving, Building and Environment, Vol. 33, No. 5, 1998, pp. 293-302,
- [4] Kim G., Lim H., Lim T., Schaefer L., Kim J., Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings, Energy and Buildings 46, 2012, pp. 105–111
- [5] Huang Yu, Niu Jian-lei, Chung Tse-ming, Energy and carbon emission payback analysis for energy-efficient retrofitting in buildings—Overhang shading option, Energy and Buildings 44 (2012), pp 94–103.
- [6] Ebrahimpour Abdulsalam, Maerefat Mehdi, Application of advanced glazing and overhangs in residential buildings, Energy Conversion and Management 52 (2011), pp. 212–219.
- [7] Michael Wetter, GenOpt – A Generic Optimisation Program, Building simulation, Seventh International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, Brazil, August 13-15, 2001
- [8] Lee E.S., Tavi A., Energy and visual comfort performance of electrochromic windows with overhangs, Building and Environment 42 (2007), pp. 2439–2449
- [9] Pietila A., Beausoleil-Morrison I., Newsham G. R., Zero peak housing: Exploring the possibility of eliminating electrical draws from houses during periods of high demand on the electrical grid, Building and Environment 58 (2012), pp. 103-113
- [10] Laura Bellia, Francesco De Falco, Francesco Minichiello, Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates
- [12] Wetter M., Simulation-Based Building Energy Optimization, Phd. Degree dissertation, University of California, Berkeley, 2004. Wetter, M., 2004. GenOpt, Generic Optimization Program. User Manual, Lawrence Berkeley National Laboratory, Technical Report LBNL- 54199, pp. 109
- [13] http://www.sllink.com/mre/cms/mestoZaUploadFajlove/ENERGETSKI_BILANS_PLAN_ZA_2008.pdf, retrieved May, 2011.
- [14] Kumar D. M., Fernández-Solís L. J., Lavy S., Charles H. Culp, Identification of parameters for embodied energy measurement, Energy and Buildings 42, 2010, pp. 1238–1247