

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Јелица Р. Димитријевић

Куће нето нулте потрошње

мастер рад

Крагујевац, 2013.



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Уређаји и постројења за грејање и климатизацију

Број индекса: 389/2011

Јелица Р. Димитријевић

Куће нето нулте потрошње

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Милорад Бојић, редовни проф. - ментор

Датум одбране: _____

2. _____

Оцена: _____

3. _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да:

1. Рад треба да садржи објашњење појма нето нултих зграда, дефинисање појединих чиниоца и њихова анализа.
2. Дефинише појам енергетска ефикасност у зградарству.
3. Прикаже елаборат енергетске ефикасности у урађен у програму Грађевинска физика, и утврди енергетски разред куће на основу годишње потрошње енергије за грејање.
4. Прикаже урађену енергетску симулацију помоћу софтвера EnergyPlus којим се прави модел објекта и симулира његова употреба и примена свих предузетих инжењерских мера, када кућа користи фотонапонске панеле и колекторе за своје потребе и тиме на годишњем нивоу троши онолико енергије колико генерише. Соларни колектори у овом раду служе за загревање топле санитарне воде. Одређена количина електричне енергије се производи за покривање потрошње природног гаса за грејање.
5. Анализира добијене резултате и покаже да коначно произведена електроенергија задовољава потрошњу електричне енергије и природног гаса уз смањену емисију угљен-диоксида и нето нулту потрошњу примарне енергије.

Препоручена литература:

- [1] Слободан Зрнић; Живојин Ћулум; Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, 1986 (ИСБН 86-23-43015-8)
- [2] Anonymous, ENERGYPLUS, Input Output Reference - The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, University of Illinois & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.
- [3] Правилник о енергетској ефикасности зграда „Службени гласник РС“ бр. 61/2011

Крагујевац, датум

ментор:

Име, презиме и звање ментора

Резиме

У овом раду анализирају се могућности за смањење потрошње енергије у једној стамбеној згради. Зграда користи електричну енергију за осветљење и за електричне уређаје.

Електрична енергија се производи фотонапонским панелима, који су прикључени на електроенергетску мрежу. Користи се централно грејање које као гориво користи природни гас. Извесна количина електричне енергије се производи за покривање потрошње природног гаса за грејање. Соларни колектори у овом раду се користе за загревање потрошне топле воде.

Главни циљ оптимизације соларних система је у томе да се смањи потрошња електричне енергије из мреже, и да се повећа енергетска ефикасност куће. Врши се анализа промене дебљине топлотне изолације, различите уградње фотонапонских панела, у циљу постизања нето нулте потрошње енергије или позитиван нето-енергетски статус.

Анализа и оптимизација је вршена у софтверу EnergyPlus и у програму Грађевинска физика. Open Studio plug-in и Google Sketch је коришћен за изградњу виртуелног дизајна.

Кључне речи: нето нулте куће; фотонапонски панели.

Abstract

In this study, the possibilities to decrease energy consumption of a residential building in Serbian conditions are analyzed. The building uses electricity for lighting and for other electric equipment.

The electrical energy is generated by photovoltaics (PV) system and it may be consumed by the building or may be fed-in to the electricity grid. Central heating and use natural gas as fuel. A certain amount of electricity is produced to cover the consumption of natural gas for heating. Solar collectors in this paper are used for heating domestic hot water.

The major aim of the optimization of PV area is to determine the avoided electricity from the grid, and to minimize the consumption of primary energy. The residential buildings with variable thermal insulation thickness, and PV's embodied energy are investigated, in order to achieve zero-net energy building or positive-net energy building.

The buildings are presented by a mathematical model, in EnergyPlus environment and software Građevinska fizika. Open Studio plug-in in Google SketchUp was used for building virtual design.

Key words: zero-net energy building; photovoltaics (PV) system.

Садржај

1.	Увод.....	3
2.	Подела енергетско ефикасних зграда.....	4
2.1.	Куће нето нулте енергије.....	6
2.2.	Технологије за развој куће са нето нултом енергетском потрошњом.....	8
3.	Енергетска ефикасност, карактеристике и значај.....	10
3.1.	Дефиниција појма енергетска ефикасност.....	10
3.2.	Потреба за енергетском ефикасношћу.....	10
3.3.	Енергетска ефикасност и одрживи развој.....	11
3.4.	Енергетска ефикасност и зградарство.....	12
3.5.	Регулатива.....	13
3.6.	Национални прописи и стандарди.....	14
3.7.	ЕПБД захтеви.....	14
3.8.	Означавање и сертификација.....	16
3.9.	Стање у сектору зградарства (потрошња енергије).....	17
3.10.	Баријере за повећање енергетске ефикасности.....	19
4.	Подстицајне мере за примену обновљивих извора енергије у Европској унији.....	20
4.1.	Подстицајна мере за примену обновљивих извора енергије у Србији.....	21
5.	Израда елабората енергетске ефикасности у програму УРСА Грађевинска физика 2.....	24
5.1.	Основни подаци зграде.....	25
5.2.	Анализа грађевинских конструкција.....	26
5.2.1.	Преглед конструкција и њихових коефицијента пролаза топлоте	27
5.2.2.	Анализа транспарентних конструкција и врата.....	33
5.3.	Енергетски биланс зграде.....	34
5.4.	Трансмисиони губици топлоте термичког омотача зграде.....	35
5.5.	Израчунавање коефицијента пролаза топлоте тла.....	38
5.6.	Вентилациони губици.....	39
5.7.	Добици услед сунчевог зрачења.....	40
5.8.	Систем грејања.....	41
5.9.	Одређивање годишње потребне топлоте за грејање.....	42
5.10.	Резултати прорачуна.....	45
5.11.	Енергетски разред зграде.....	46
6.	Обновљива енергија.....	47
6.1.	Соларна енергија.....	47

6.2.	Подела соларних система.....	51
6.3.	Подела пријемника соларне енергије.....	53
6.3.1	Соларни колектори.....	53
6.3.1.1	Равни, водени, застакљени соларни колектори.....	54
6.3.2	Фотонапонске ћелије.....	55
6.3.2.1	Монокристалне силицијумске ФН ћелије.....	58
6.3.3	Фотонапонски системи.....	59
7.	EnergyPlus и Google SketchUp.....	61
7.1.	Дефинисање геометрије објекта.....	61
7.1.1.	Физички модел објекта.....	62
7.2.	Подешавање општих параметара у програму EnergyPlus.....	65
7.3.	Подешавање параметара за централни систем грејања на природни гас.....	67
7.4.	Подешавање параметара за соларне колекторе.....	68
7.5.	Подешавање параметара за фотонапонске панеле.....	69
7.6.	Симулација.....	71
8	Резултати и анализе.....	72
8.1.	Утицај ФН панела на смањење топлотних губитака објекта.....	72
8.2.	Анализа резултата добијене електричне енергије путем ФН панела.....	76
8.3.	Оријентација објекта за постизање енергетске ефикасности.....	80
8.4.	Енергетски разред.....	82
8.5.	Поређење потрошње енергије и економије примене топловодног грејања у зависности од дебљине изолације објекта.....	83
8.5.1.	Поређење потрошње енергије у зависности од дебљине изолације објекта.....	83
8.5.2.	Економија примене топловодног грејања у зависности од дебљине изолације објекта.....	87
9	Период повраћаја.....	91
10	Закључак.....	94
11	Литература.....	95

1. Увод

Енергија у свету представља један од битних глобалних проблема. Повећана потрошња енергије и коришћење енергената који загађују животну средину, доприносе глобалном загревању подстакла су свест људи широм света да покушају да спрече ширење тог проблема. Повећањем броја становништва на Земљи и растом развоја земаља у свету долази и до повећане потрошње енергије.

Неефикасан и непажљива потрошња енергије узрокује непотребно велику производњу, а тиме и непотребно велики негативни утицај на животну средину. Из тог разлога настоји се тежити енергетској ефикасности која подразумева ефикасну употребу енергије и одређена одрицања, али не нарушава досадашње услове живљења и рада, са циљем да се смањи количина потрошње енергије што аутоматски повлачи за собом и смањење загађења околине. Због свих тих проблема настоји да се фосилна горива замењују обновљивим изворима енергије као што су Сунчева енергија, енергија ветра, воде, биомаса и друго. Обновљиви извори енергије имају смањене емисије штетних гасова у атмосфери и у много мањој количини загађују животну средину, производе чисту енергију, неисцрпни су и стално се обнављају у природи. Данас постоје разне стратегије и прописи којима се подстиче енергетска свест код људи о потрошњи и чистој енергији. Тако на пример и Европска Унија, према својој новој регулативи, подстиче енергетску ефикасност и коришћење обновљивих извора енергије у производњи електричне енергије.

Подаци из различитих средина говоре да потрошња енергије у стамбеном сектору обухвата од 20 до 40 % од укупне потрошње енергије. Треба, међутим, знати да су ово показатељи који се односе углавном на потрошњу енергије у фази експлоатације стамбених грађевина, где су највећи потрошачи системи грејања (евентуално хлађења), затим расвета и други сервиси становања (топла вода, вентилација, кућни апарати и сл.). Осим тога, као последицу сагоревања фосилних горива имамо стално ослобађање и емисију угљен-диоксида и осталих штетних гасова по животну средину уз чије ће њихово даље емитовање само повећавати загађење, ефекат стаклене баште и угрожавати климу и здравље људи.

Због свега наведеног је баш уштеда енергије у стамбеним објектима и унапређење енергетске ефикасности данас једна од светских тенденција. Заправо све се више води рачуна да животни простор мање кошта, а да се притом троши исто или мање енергије. Власници кућа могу достићи велику уштеду у енергији при чему повећавају ниво удобности дома правећи енергетски ефикасније зграде. Додатне уштеде енергије су могуће било прављењем нових домова или реновирањем постојећих. Власници који желе још веће редукције у трошковима коришћења могу користити новије видове енергетских система, као што су пасивни соларни системи и други облици обновљивих извора енергије.

Основни циљ овог рада је да прикаже смањење потрошње електричне енергије и снабдевање енергијом из обновљивих извора у зградарству. У њему је описан један такав стамбени објект који спада у групу стамбених објеката са нултом нето енергетском потрошњом и смањеном емисијом угљен-диоксида и назива се зграда нето нулте енергије.

2. Подела енергетско ефикасних зграда

У Србији, у укупној потрошњи електричне енергије домаћинства учествују са 56% што доводи до значајног негативног утицаја на спољашњу средину. Међутим, намера наше земље да постане члан Европске Уније је обавезује да до 2020. године редукује енергетску потрошњу за 20% и да 20% укупне енергије добије из обновљивих енергетских извора. Један од праваца остваривања ових циљева је, свакако, и повећање енергетске ефикасности у зградарству. Енергетски ефикасне куће представљају важан сегмент глобалне енергетске ефикасности, [1].

Постоји пет главних категорија енергетски ефикасних кућа:

- ✓ Нискоенергетске куће;
- ✓ Пасивне куће;
- ✓ **Куће нулте енергије;**
- ✓ Аутономне куће;
- ✓ Куће с вишком енергије.

Нискоенергетске куће

Не постоји глобално прихваћена дефиниција нискоенергетске куће. Због великих варијација у националним стандардима, нискоенергетска кућа направљана по стандардима једне државе не мора бити нискоенергетска по стандардима друге државе. У Немачкој нискоенергетска кућа (Niedrigenergiehaus) има ограничење у потрошњи енергије за грејање просторија од 50 kWh/m² годишње. У Швајцарској је термин нискоенергетска кућа дефинисан MINERGIE стандардом – за грејање просторија не сме се користити више од 42 kWh/m² годишње. Тренутно се код просечне нискоенергетске куће у тим државама достиже отприлике половина тих износа, односно између 30 kWh/m² годишње и 20 kWh/m² годишње за грејање просторија.

Нискоенергетске куће у правилу користе високе нивое инсолације, енергетски ефикасне прозоре, ниске нивое пропуштања ваздуха и топлотну обнову у вентилацији за мање енергије потребне за грејање и хлађење. Могу се такође користити и стандарди према пасивним соларним техникама дизајна или активне соларне технологије. Такође се могу користити и технологије за рециклажу топлоте из воде која је коришћена код туширања или у машини за прање судова, [1].

Пасивне куће

Уопштена дефиниција пасивне куће: "Пасивна кућа је зграда код које топлотни комфор може бити постигнут само накнадним грејањем или хлађењем свеже масе ваздуха, а да квалитет ваздуха унутар куће буде висока - без потребе за рецикулацијом ваздуха". Неке државе имају своје стандарде који много строже дефинишу пасивне куће. У Немачкој се израз "Пасивна кућа" односи на строги и добровољни „Passivhaus“ стандард којим се дефинише енергетска ефикасност. У Швајцарској је у употреби сличан

стандард - MINERGIE-P. Процењује се да је број пасивних кућа у свету између 15 000 и 20 000.

Стандард „Passivhaus“ за централну Европу захтева испуњење следећих захтева:

- Кућа не сме користити више од 15 kWh/m^2 за грејање и хлађење просторија.
- Укупна потрошња енергије (енергија за грејање и хлађење просторија, топла вода и струја) не сме бити већа од 42 kWh/m^2 годишње.
- Укупна потрошња примарне енергија (изворна енергија за електричну енергију и слично) не сме бити већа од 120 kWh/m^2 годишње.

Да би добили увид у ригорозност ових захтева можемо направити поређење куће направљене према „Passivhaus“ стандарду са кућама које су направљене према локалним регулацијама у неким државама:

- ✓ У САД-у кућа направљена према „Passivhaus“ стандарду користи између 75% и 95% мање енергије за грејање и хлађење просторија од кућа направљених према тренутним законима за енергетску ефикасност.
- ✓ У Уједињеном Краљевству просечна кућа направљена према „Passivhaus“ стандарду би користила 77% мање енергије за грејање и хлађење просторија у поређењу са локалним грађевинским регулацијама.
- ✓ У Ирској се рачуна да би типична пасивна кућа користила 85% мање енергије за грејање просторија и било би 94% мање угљеничних емисија у односу на кућу направљену према локалним грађевинским регулацијама из 2002 године.

Трошкови градње пасивне куће су у прошлости били знатно већи од трошкова градње нормалне куће, али са развојем технологија и већом потражњом за специјално дизајнираним грађевинским компонентама цена изградње је сад знатно мања него што је била. На пример, у Немачкој је тренутно могуће конструисати пасивну кућу за отприлике исту цену као што је потребно и за нормалну кућу. То је због растуће конкурентности производа намењених специјално за изградњу пасивних кућа, [1].

Аутономне куће

Аутономна (независна) кућа је замишљена да нормално функционише независно од инфраструктурне подршке. Према томе нема прикључка на мрежу за дистрибуцију електричне енергије, водовод, канализацију, дренажу, комуникацијску мрежу, а у неким случајевима нема ни прикључка на јавне саобраћајнице. Аутономна кућа је много више од енергетски ефикасне куће - енергија је у овом случају само један од ресурса које је потребно добити из природе, [1].

Куће са вишком енергије

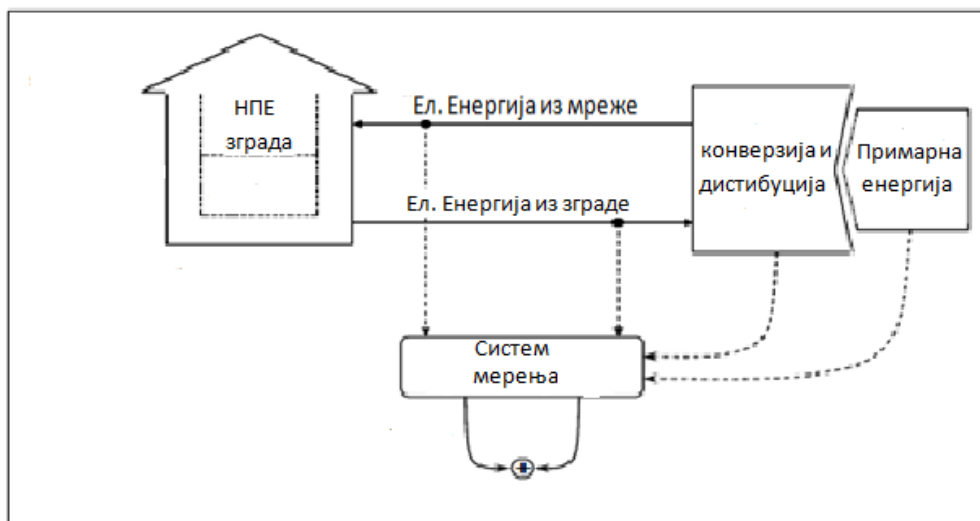
Кућа с вишком енергије је кућа која у просеку током целе године произведе више енергије користећи обновљиве изворе енергије него што је узме из спољашњих система. Ово се постиже употребом малих генератора електричне енергије, нискоенергетских техника градње попут пасивног соларног дизајна куће те пажљивог одабира локације за кућу. Многе куће с вишком енергије се не разликују у односу на традиционалне куће, јер једноставно користе најефикаснија енергетска решења (апарати, грејање,) кроз целу кућу. У неким развијеним државама компаније за дистрибуцију електричне енергије морају куповати вишак енергије из таквих кућа и тим приступом кућа уместо да је вечни трошак може зарађивати новац за власника, [1].

2.1. Куће нето нулте енергије

Кућа са нето нултом енергетском потрошњом и нето нултом емисијом угљен диоксида годишње назива се кућа нето нулте енергије. Да би се то постигло енергија се мора генерисати унутар комплекса користећи обновљиве изворе енергије који не загађују животну средину. Конкретно у овом раду користећи соларну енергију. На годишњем нивоу кућа нето нулте енергије, потроши онолико енергије колико и произведе.

Због променљивости деловања снаге Сунчевог зрачења током дана, месеца и године, не може се извести инсталација соларног система која би омогућила потпуно снабдевање куће електричном енергијом током целог зимског периода, па се због тога соларни системи прикључују на електро мрежу. Нето нулта енергетска потрошња куће значи да се у неким периодима енергија добија из енергетске мреже, а у осталим периодима се враћа у енергетску мрежу (због тога јер су обновљиви извори енергије углавном сезонски), али на годишњем нивоу узета енергија је једнака продатој енергији.

Принцип примања и испоруке електричне енергије дат је на слици 1. Куће нето нулте енергије занимљиве су и због заштите околине, јер се због обновљивих извора енергије испушта врло мало гасова стаклене баште, [2].



Слика 1. Веза између зграде и електро-мреже

Концепт куће нето нулте енергетске потрошње заснован је ургентној потреби да се смањи емисија угљен диоксида и да се умањи недостатак енергије кроз повећање енергетске ефикасности. Овај концепт утемељен је у директиви ЕУ по којој ће све куће за становање које се граде после 31. децембра 2018. године морати саме да произведе потребну енергију, што представља значајну предност са аспекта заштите животне средине.

Због постојања свести о заштити животне средине, као и због донетих законских аката којима се промовише градња кућа са нето нултом енергетском потрошњом, у свету је већ изграђен велики број кућа овог типа, [2].

Постоји неколико детаљнијих дефиниција којима се одређује шта заправо значи кућа нето нулте енергије, а највеће разлике односе се на дефиниције унутар Европе у односу на Северну Америку:

- ✓ Нето нулта потрошња енергије унутар комплекса - У овој врсти куће нето нулте енергије количина енергије произведена унутар комплекса користећи обновљиве изворе енергије једнака је количини енергије која је потрошена унутар комплекса. У САД-у кућа нето нулте потрошње дефинише се овом дефиницијом.
- ✓ Нето нулта потрошња изворне енергије - Ова врста куће производи исту количину енергије коју потроши, а уз то мора да произведе и енергију која се троши приликом транспорта енергије до куће. Овај тип значи узима у калкулацију и губитке приликом преноса електричне енергије. Ова врста куће нулте енергије мора генерисати више електричне енергије од куће са нето нултом потрошњом енергије унутар комплекса.
- ✓ Нето нулта емисија штетних гасова - Под овом дефиницијом подразумева се балансирање угљеничних емисија које су генерисане употребом фосилних горива унутар или изван комплекса са количином енергије која је унутар комплекса произведена користећи обновљиве изворе енергије. Остале дефиниције не укључују само емисије угљеника у фази коришћења куће, већ се додају и емисије настале приликом конструисања и изградње куће. Постоје још и дебате око тога требају ли се у калкулацију узети и емисије настале због преноса енергије према кући и из куће натраг у мрежу.
- ✓ Нето нулта цена енергије - У овом типу куће цена куповине енергије балансирана је са ценом енергије која се продаје мрежи, а генерисана је унутар комплекса. Овакав статус зависи о томе како дистрибутер енергије награђује генерисање енергије унутар комплекса (исплата, компензација, или нешто друго).
- ✓ Нето нулта потрошња енергије ван комплекса - Према овој дефиницији кућа би се могла сматрати кућом нето нулте енергије и у случају кад је 100% енергије коју купује генерисано помоћу обновљивих извора енергије, чак и ако су ти извори енергије ван комплекса.
- ✓ Одвојена од мреже - Куће нето нулте енергије које су одвојене од мреже, тј. нису прикључене на никакав извор енергије који није унутар комплекса. Такве куће захтевају производњу енергије из обновљивих извора и припадајуће капацитете за складиштење те енергије.

При пројектовању и изградњи нето нулте енергетске зграде води се рачуна о следећем:

- ✓ Оријентација зграде према климатској зони;
- ✓ Локација зграде;
- ✓ Висок степен изолације омотача зграде;
- ✓ Оптимизирано застакљење високих перформанси;
- ✓ Оптимизирано коришћење дневног светла;
- ✓ Амбијентално осветљење мале густине (са електронском регулацијом јачине светла);
- ✓ Регулација према заузетости просторија;
- ✓ Регулација оптерећења од укључених уређаја и процеса;
- ✓ Суперефикасни системи за КГХ;
- ✓ Већа употреба топлотних пумпи;
- ✓ Системи за грејање и хлађење зрачењем;
- ✓ Коришћење обновљиве енергије, [2].

2.2. Технологије за развој куће са нето нултом енергетском потрошњом

Истраживања и развој куће са нето нултом енергетском потрошњом своди се на истраживања и оптимизацију рада великог броја посебних технологија као и интегрисање и оптимизацију заједничког коришћења тих технологија. Посебне технологије од интереса су, [2]:

- производња електричне енергије из соларне енергије помоћу фотонапонских панела;
- повезивање инсталације фотонапонских панела на електромеру (са инвенторима за трансформацију једносмерне у наизменичну електро енергију);
- добивање топлоте (хладноће) из геотермалне енергије помоћу топлотних пумпи;
- реализација омотача куће са нето нултом енергетском потрошњом (топлотна изолација, акумулација топлоте, облик, прозори);
- вентилација и евентуална климатизација животног простора (рекуперација топлоте);
- штедљиво осветљење;
- штедљива употреба кухињских уређаја (класе А);
- употреба уређаја за управљање енергетском производњом и потрошњом.

Учинак ових технологија посматра се током њиховог животног века, при чему се сагледава утрошена енергија, произведена енергија са жељеним карактеристикама, као и емисија штетних материја. Приликом развоја куће са нето нултом потрошњом сагледава се и цена материјала и уређаја на тржишту, као и произведена и продајна цена електричне енергије коју производи кућа са нето нултом енергетском потрошњом и електричне енергије из дистрибутивне мреже.

Технологије које ће се користити у овом раду, за кућу нето нулте потрошње, базиране су на производњу електричне енергије помоћу фотонапонских панела који морају производити више енергије да би задовољиле потрошњу природног гаса за грејање, тако да на годишњем нивоу енергија коју производи буде једнака енергији коју купује. Добивање топле воде уз примену соларних колектора, наредна је технологија која се користи за развој нето нулте куће у овом раду.

Интегрисање и симулација заједничке употребе ових технологија приликом развоја куће са нето нултом енергетском потрошњом обавља се са становишта максималне ексергетске и енергетске ефикасности, минимизације емисије угљен диоксида и других штетних материја, и максимирања економских ефеката. Економски параметри одрживости оптималног решења су: рок повраћаја инвестиције, цена произведене електричне енергије, и стопа добити током коришћења куће са нето нултом енергетском потрошњом, [2].

Мастер рад

Табела 1 приказује релативне предности и недостатке различитих соларних система.

Табела 1. Предности и мане соларних система

Соларни системи	Предности		Недостаци
	<i>Заштита животне средине</i>	<i>Енергетске</i>	
Соларни колектори за грејање санитарне воде	Могу заменити фосилна горива која служе за грејање воде; Нема оперативног загађења, емисија гасова, отпада.	-Могу се применити готово свуда (зависно од количине Сунчеве светлости); -Захтевају јако мала одржавања; -Површина соларних панела се може лако подесити према потребама и доступним средствима.	Кров објекта можда није правилно оријентисан. Због тога инвеститори нових грађевина морају имати на уму да кров буде окренут ка југу; Систем мора бити усклађен са другим технологијама грејања воде, када нема довољне количине Сунчеве светлости.
Фотонапонски панели	Нема оперативног загађења, емисија гасова, отпада; Зависно о Сунчаним сатима могу осигурати знатне количине електричне енергије; Могу се уклопити у грађевинске конструкције.	-Није потребно знатније одржавање кров животног век од 20-30 година; -На тржишту се појављују све ефикаснија и јефтинија решења; -Електрична енергија производи се локално, нема губитка при дистрибуцији;	Релативно скупа технологија; Кров објекта можда није правилно оријентисан. Због тога инвеститори нових грађевина морају имати на уму да кров буде окренут ка југу; Систем би требао бити спојен на електро-мрежу за период када нема довољно Сунчевих зрака.

Параметри који су битни за изградњу куће нето нулте потрошње и који ће бити описани у наредним поглављима су:

- Енергетска ефикасност;
- Регулативе;
- Подстицајне мере;
- Омотач зграде;
- Осветљење и кућни апарати;
- Грејање;
- Енергетски разред;
- Генерисање електричне енергије;
- Соларни колектори.

3. Енергетска ефикасност, карактеристике и значај

3.1. Дефиниција појма енергетска ефикасност

Под појмом унапређења енергетске ефикасности у зградарству подразумева се континуирани и широк опсег делатности којима је крајњи циљ смањење потрошње свих врста енергије уз исте или боље услове у објекту. Као последицу смањења потрошње необновљивих извора енергије (фосилних горива) услед мера енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора енергије, имамо смањење емисије штетних гасова (CO_2 , SO_2 , NO_x) што доприноси заштити природне околине, смањењу глобалног загревања и одрживом развоју земље.

Појам енергетска ефикасност 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. На пример, „обична“ сијалица велики део електричне енергије претвара у топлотну енергију, а само мали у корисну светлосну енергију, и у том смислу она представља енергетски неефикасан уређај.

Када је реч о мерама енергетске ефикасности, под енергетском ефикасношћу се подразумевају мере које се примењују у циљу смањења потрошње енергије. Без обзира да ли је реч о техничким или нетехничким мерама, или о променама у понашању, све мере подразумевају исти или чак и виши степен оствареног комфора и стандарда.

Најчешће мере које се предузимају у циљу смањења губитака енергије и повећања енергетске ефикасности су:

- ✓ Изолација простора који се греје;
- ✓ Замена дотрајале столарије у просторијама које се греју;
- ✓ Уградња мерних и регулационих уређаја за потрошаче енергије;
- ✓ Увођење тарифних система од стране дистрибутера који ће подстицати штедњу енергије и сл.

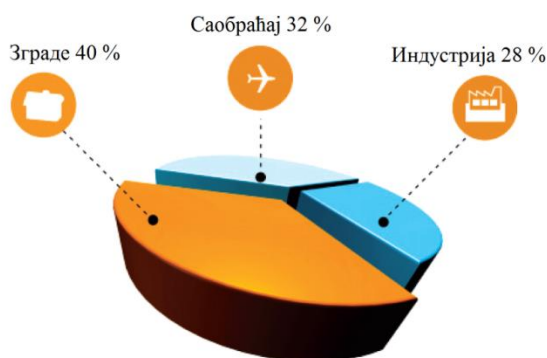
Потенцијал који има енергетска ефикасност је огроман, јер се уштеда енергије остварује како на страни произвођача (прерада угља, нафте, гаса и производња преношење и дистрибуција електричне енергије) тако и на страни корисника (употреба енергије у домаћинствима, саобраћају и производњи). Због недовољне распрострањености енергетске ефикасности, у пракси њен потенцијал остаје у великој мери неискоришћен, [3].

3.2. Потреба за енергетском ефикасношћу

Заштита животне средине се сматра обавезном за одговорност човечанства. Људи морају да имају чист ваздух, воду и земљиште како би могли да преживе. Компаније које имају удео у заштити животне средине имају користи како за себе, тако и за цело друштво.

Савремени начин живота нас чини потпуно зависним од енергије. Растућа потрошња фосилних горива, као што су нафта, угља и гас, имају драматичан утицај на укупну емисију штетних гасова у ваздух. Ипак, резерве угља, гаса и нафте су ограничене, у неким земљама и на измаку. Комбинација пораста потрошње енергената и ограничена понуда резултирају константним растом цена. Тренутно се ради на пост-Кјото уговору чији је циљ, између осталих, спречавање раста температуре на глобалном нивоу за 2 °C.

Анализом процентуалног учешћа у потрошњи енергије по секторима закључено је да највећи део припада зградарству, око 40 %, слика 2. У Србији је тај проценат и већи. Иначе, под зградом подразумевамо било коју грађевину, тако да то не мора указивати на стамбену зграду.



Слика 2. Како и ко троши енергију

Енергетској ефикасности доприноси се на неколико начина: уградњом штедљивих сијалица, заменом дотрајалих прозора и врата и сл. Међутим, најефикасније решење за штедњу енергије јесте уградња савремених и доступних термоизолационих материјала.

Уградњом стиропора као термоизолацију у згради:

- ✓ Смањује се потреба за грејањем и хлађењем;
- ✓ Штеди енергију, самим тим и новац;
- ✓ Штедњом енергије чува околина;
- ✓ Штити од буке и пожара;
- ✓ Обезбеђује брз повраћај инвестиције;

Просечна потрошња енергије за грејање у зградама у Србији је преко 150 kWh/m² годишње, док у развијеним европским земљама износи испод 50 kWh/m². Евидентно је да ова чињеница приморава Србију да интензивира активности на постизању стандарда који важе у земљама ЕУ или им се макар значајно приближи, [3].

3.3. Енергетска ефикасност и одрживи развој

Развој еколошке свести човечанства утицао је на напретке у решавању проблема животне средине зато што су људи узимали и активно и пасивно учешће у кризи о животној средини. Од шездестих година прошлог века, у многим земљама света индустрије су смањиле испуштање штетних гасова и материја у ваздух и воду. Такође, доношењем прописа ограничено је коришћење нездравих материја и отровних хемикалија. Сам концепт „одрживог развоја” је релативно нов, али идеје садржане у њему

можемо пронаћи и у прошлости. Тако, на пример, још крајем 18. века енглески економиста Малтус је тврдио да постоји несразмера између раста становништва и раста животних средстава. Након конференције о животnoj средини и развоју, одржане у у лето 1992. године у Рио де Жанеиру, појам „*Sustainable Development*” постао је водећи појам у области политике о животnoj средини. То свакако представља напредак за еколошку политику, јер се на тај начин појашњава веза између еколошких, економских и социјалних проблема унутар које се морају поставити проблеми заштите животне средине ако их желимо решити стручно и на друштвено прихватљив начин. Велике промене су неопходне у области економије, политике као и промене са социјалног аспекта.

Када одрживи развој схватимо озбиљно, као резултат долазе драстични захтеви за променом у свим подручјима живота сваког појединца. Промене се односе како на промену наше потрошачке навике (што је само по себи већ довољно тешко) тако и на промену свести у области економије, политике и друштва. Одрживи развој дефинишу три компоненте као и потребу за њиховом усклађеношћу. У питању су: усклађени привредни раст, социјална правда и здрава животна средина.

Сведоци смо све веће деградације животне средине и забрињавајућих климатских промена (глобално загревање), које су захватиле готово сваки кутак наше планете. Енергетски сектор је међу главним узрочницима ових проблема. Како би се зауставиле или бар ублажиле наведене негативне појаве и омогућио одрживи развој, општи тренд у свету је оријентација ка обновљивим изворима енергије у смислу производње „зелене енергије” уз истовремено повећање енергетске ефикасности у смислу смањења потребе за енергијом.

У овом тренутку једино комбинација смањења потрошње енергије уз обновљиве изворе енергије омогућава даљи развој енергетике уз истовремено очување здраве животне средине.

Кључне одлике енергетског сектора у Србији су ниска енергетска ефикасност (и у производњи и у потрошњи), застарелост технологије у производном сектору, низак ниво инвестиција, нереално ниска цена електричне енергије, низак удео обновљивих извора енергије и нерационална потрошња практично свих видова енергије, [3].

3.4. Енергетска ефикасност и зградарство

Зграде се могу препознати као релативно велики потрошачи енергије. Смањење потрошње енергије могуће је грађењем нових енергетски ефикасних зграда али и енергетским санацијама постојећих зграда. Енергетска ефикасност у зградарству подразумева ефикасно кориштење енергије уз примену оптималних мера чији је циљ: смањење потрошње енергије уз финансијску уштеду за крајњег корисника, угоднији и квалитетнији боравак у згради, смањење трошкова одржавања и продужење животног века зграда, допринос заштити околине и смањењу емисија штетних гасова као и глобалним климатским променама.

Мерење потрошње енергије у зградама, односно приказивање енергетских својстава зграде изразом енергетског пасоша, има за циљ трајно смањење енергетских

потреба зграда при пројектовању, изградњи и коришћењу нових зграда, односно санацији и реконструкцији постојећих.

Енергетска ефикасност зграда треба да се израчунава на бази јединствене и довољно применљиве методологије, која се може разликовати на регионалном нивоу. Методологија, поред топлотне изолације, треба да укључи и друге факторе који играју све значајнију улогу, као што су инсталације за грејање и климатизацију, примену обновљивих извора енергије. Зграде ће имати утицај на дугорочну потрошњу енергије и нове зграде стога треба да задовоље минималне захтеве у погледу енергетске ефикасности прилагођених локалном поднебљу.

На потрошњу енергије у зградама било које врсте, укључујући и стамбене, иде укупно процентуално највише енергије од укупне потрошње енергије у многим земљама, а просечно и до 60 %, а у Србији 39-42 %. Стога је унапређењу енергетске ефикасности у зградама потребно поклонити изузетну пажњу. У националним акционим плановима енергетска ефикасност у свету се данас, односно потреба за смањењем потрошње енергије у зградама, налази у жижи пажње и предмет су бројних истраживачко развојних, демонстрационих, стратешких, регулаторно финансијско подстицајних и других програма, мера, израде правилника и меродавних стандарда, [3].

3.5. Регулатива

У већем броју земаља зграде троше око 40 % од укупне потрошене енергије, а сличан удео имају и када је реч о емисији CO₂. Према томе енергетска ефикасност зграда је један од кључних фактора за смањење загревања планете.

Основна покретачка енергија за достизање амбициозних циљева који су постављени зарад смањења емисије ових гасова последњих деценија се индукује кроз регулативе, прописе, стандарде, означавања, сертификацију, правне обавезе и субвенције.

Деведесетих година, након постепеног прихватања потребе за смањење емисије штетних гасова и након ратификације Кјото протокола од стране великог броја земаља дошло је на ред да енергетска ефикасност постане део прописа и посебних стандарда.

Конференција коју су Уједињене нације одржале у Копенхагену 2009. године представља прекретницу у борби против климатских промена и то је била последња шанса за владе држава да се сложе и усвоје нови протокол пре истека Кјото плана који важи до 2012.

Конференција је одржана у време када је ИПЦЦ (*International Panel of Climate Change*) објавио у свом извештају да је потребно хитно реаговати по питању смањења емисије штетних гасова у атмосферу. ИПЦЦ извештај показује да зграде имају највећи потенцијал за смањење емисије гасова.

ЕУ системским мерама упућује чланице на стално повећање енергетске ефикасности. У том смислу донешене су бројне директиве и постављени конкретни циљеви остварења веће енергетске ефикасности и смањења нарушавања постојеће еколошке равнотеже на Земљи.

ЕУ условљава ниво енергетске ефикасности за све новоизграђене зграде (почев од 01.01.2006. године) и обавезује власнике постојећих зграда да у одређеном времену повећају енергетску ефикасност старих објекта. ЕУ и њене чланице додатно промовишу нужност и доносе конкретне планове за повећање енергетске ефикасности у свим секторима коришћења енергије. У циљу повећања енергетске ефикасности као мере смањења емисије штетних гасова који стварају ефекат стаклене баште, ЕУ промовише примену нових, савремених технологија и чини сталне напоре за очување околине.

Европска унија је усвојила свој акциони план до 2020. године назван 3 x 20 %, што значи смањење потрошње енергије за 20 посто, повећање коришћења обновљивих извора за 20 % и смањење емисије CO₂ и осталих гасова са ефектом стаклене баште за 20 %. Већ сада се раде планови за 2030. годину, који су амбициознији и разликују се од земље до земље, [3].

3.6. Национални прописи и стандарди

У прошлости, регулативе и стандарди који су се односили на зграде имплементирани на државном, регионалном или локалном нивоу, имали су за циљ да обезбеде стабилност конструкције, безбедност у случају пожара и здраву средину за кориснике зграде. Пре нафтне кризе 1973/74, регулативе за енергетску ефикасност постојале су углавном у северним земљама и најчешће су се односиле на изолацију зграда. Од тада су мере за енергетску ефикасност укључене у прописе и стандарде у већини развијених земаља, било да се ради о потрошњи енергије или о емисији CO₂ као одговор на Кјото протокол или друге циљеве најчешће постављене од стране међународних директива и стандарда.

Данас су овакве регулативе имплементиране као прописи и стандарди и у земљама у развоју, поготову у Индији и Кини. Неке земље су енергетску ефикасност имплементирале кроз прописе о зградама, неке кроз посебне стандарде о зградама а неке комбинацијом ова два. У сваком случају, ове регулативе стимулишу развој и маркетинг нових производа и технологија које савремени градитељи примењују у својим пројектима, [3].

3.7. ЕПБД захтеви

Европски парламент 2002. године је усвојио ЕПБД директиву и наложио земљама чланицама да до 2006 укључе ову директиву у своја законодавства. ЕПБД подразумева три типа захтева које чланице уније морају да имплементирају а то су:

- Минимум захтева који се односе на енергетску ефикасност за новоизграђене зграде и за постојеће веће објекте који су темељно реновирани са циљем побољшања енергетског учинка, топлотног комфора и смањења трошкова за утрошену енергију.
- Сертификација енергетског учинка која пружа информације о потребној количини енергије за зграду и шта је могуће променити са циљем побољшања учинка. Сертификат мора да се приложи потенцијалном купцу или кориснику као независна процена

енергетске ефикасности зграде тако да свесно доноси одлуке о будућој експлоатацији и намени. Сертификат енергетског учинка потребан је само за новоизграђене, продате или изнајмљене постојеће објекте и важи максимум 10 година.

- Редовна инспекција средњих и великих система грејања и климатизације тако да њихов утицај може да се прати и оптимизује. На основу инспекције, која укључује процену ефикасности система и капацитет у односу на потребе објекта, треба саветодавно утицати на корисника уколико је потребно заменити котлоу, урадити извесне модификације на систему или уградити алтернативна решења за грејање и климатизацију.

Аспекти који се разматрају приликом одређивања енергетског учинка зграде:

- ✓ Топлотне карактеристике зграде (конструкција и диспозиција просторија), укључујући заптивање;
- ✓ Инсталације за грејање и снабдевање водом, укључујући изолационе карактеристике;
- ✓ Инсталација за климатизацију;
- ✓ Вентилација;
- ✓ Уграђена расвета (углавном за нестамбене објекте);
- ✓ Позиција и оријентација зграде (углавном за нестамбене објекте);
- ✓ Пасивни соларни системи и заштита од сунца;
- ✓ Природна вентилација;
- ✓ Унутрашњи климатски услови са освртом на пројектоване климатске услове.

Аспекти које треба размотрити уколико услови то дозвољавају:

- ✓ Активни соларни системи и други системи грејања и производње електричне енергије засновани на обновљивим изворима;
- ✓ Електрична енергија произведена од неискоришћене топлоте;
- ✓ Даљински системи грејања и хлађења;
- ✓ Природно осветљење.

Да би овај задатак за државе чланице био лакши, ЦЕН (European Committee for Standardization) организација је припремила више од 40 стандарда за израчунавање енергетског учинка и карактеристика зграда. ЦЕН је овлашћена организација од стране Европске Комисије (European Commission).

Да би се појачали захтеви за енергетским карактеристикама зграда и да би се разјаснила и поједноставиле неке одредбе из Директиве, Европска комисија је добила задатак да преради директиву. Резултат је ЕПБД Recast који је усвојен у мају 2010. године.

ЕПБД Recast уводи следеће новине:

- ✓ Све нове зграде треба да до 31.12.2020. буду „ZERO ENERGY” или потпуно енергетски ефикасне (не троше енергију из мреже и не емитују CO₂);
- ✓ За све зграде, без обзира на површину, ЕПБД Recast ће бити обавезујући;

- ✓ Директива садржи хармонизовану методологију како би „погурала” минималне захтеве за енергетске карактеристике у државама чланицама у правцу оптимизације трошкова;
- ✓ Од држава чланица ће се захтевати детаљнија и ригорознија процедура за издавање енергетских сертификата;
- ✓ Увођење система контроле провере исправности перформансе сертификата;
- ✓ Државе чланице морају да уведу санкције за непоштовање ЕПБД Recast -а.

Очекивани утицај ове нове Директиве изражен у бројкама, је следећи:

- ✓ Смањење потрошње енергије на ЕУ нивоу 5-6 %, до 2020. године
- ✓ Смањење емисије CO₂ на ЕУ нивоу 5 %, до 2020. године
- ✓ 280 000 – 450 000 нових радних места до 2020. године, [3].

3.8. Означавање и сертификација

Означавање и сертификација подстиче стварање добрих навика и развој енергетски ефикасних решења која иду испод минимума захтева одређених стандардима и регулативама. Различите ознаке за енергетску ефикасност које већ постоје за зграде одговарају различитим нивоима енергетског учинка.

Стандардна зграда је конструисана тако да одговори минимуму захтева за енергетску ефикасност.

Нискоенергетске зграде - Иако дефиниција или интерпретација овог термина доста варира у европским земљама, нискоенергетска зграда (*Low Energy Buildings*) у општем случају нуди бољи енергетски учинак од стандардне или типичне нове зграде и драстично бољи учинак у поређењу са минимумом захтева дефинисани законом. У многим земљама, подршка за развој нискоенергетских зграда омогућује се кроз субвенционисане зајмове од стране државе или приватних инвестиционих организација. Друге могућности су, на пример, мањи порези за нискоенергетске зграде или порез на емисију CO₂.

Енергетски неутралне зграде -Такође не постоји општеприхваћен термин: нула плус или позитивне енергетске зграде, као и енергетски неутралне или *Zero Carbon* зграде, углавном морају годишње да произведу више енергије него што потроше. То значи да ће свака зграда производити енергију за своје потребе, било да је користи или продаје градској мрежи, и мора да има максималну енергетску ефикасност. Од децембра 2020. године све нове зграде у Европи мораће да буду енергетски неутралне. Неке земље су већ оствариле циљеве за овакве зграде. У оваквим зградама главну улогу имају управљање, мерење и мониторинг.

Примери земаља са циљем за енергетски неутралне зграде:

- Француска: енергетски позитивне зграде до 2020. године
- Немачка: зграде које не зависе од фосилних горива до 2020. године
- Холандија: енергетски неутралне зграде до 2020. године
- Норвешка: пасивне куће до 2017. године
- Британија: зграде без емисије CO₂ до 2016. године.

Зелене зграде, такође зване интелигентне или паметне, одрживе или еколошке, задовољавају низ еколошких критеријума. Ови критеријуми поред енергетске ефикасности узимају у обзир квалитет материјала који се уграђује, смањење потрошње воде и утицај на животну средину. Узимају се у обзир и искоришћени расположиви ресурси околине, квалитет ваздуха унутар зграде и коришћење материјала из окружења.

Дефиниција зелене зграде варира, али поједине земље увеле су стандарде који служе за процену еколошког учинка зграде одговарајућим ознакама, сертификатима и оценама.

С обзиром да се сертификација обавља на основу опипљивих критеријума, она представља веродостојну оцену за енергетски и еколошки учинак зграде. На овај начин енергетска ефикасност може почети да утиче на цене некретнина, а тиме и на начин размишљања архитеката, грађевинаца, инвеститора као и самих купаца.

Тако на пример нека решења за управљање расвете која узимају у обзир расположиву дневну светлост, време боравка станара и запослених, контролу на основу програмираног часовника итд. могу повећати рејтинг енергетске ефикасности зграде. Исто важи и за системе управљања система грејања, климатизације и вентилације. Праћење трендова битнијих физичких величина као што је температура, на пример, дају анализу искоришћења енергије у појединим просторијама, што такође позитивно утиче на оцену енергетске ефикасности, [3].

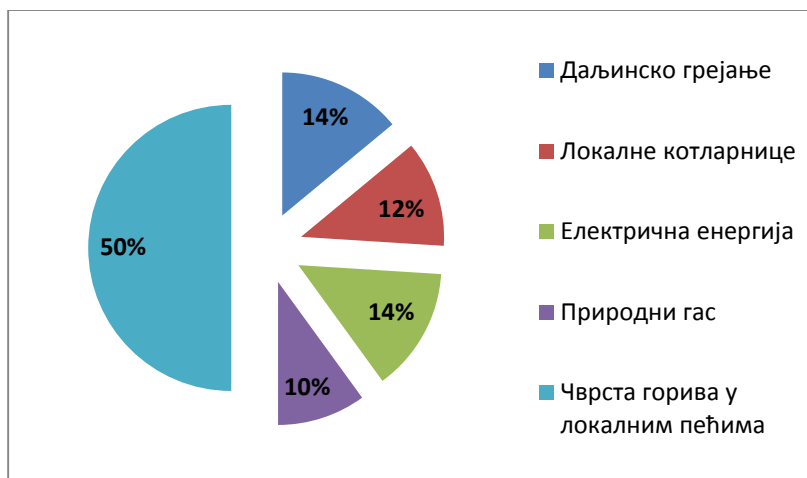
3.9. Стање у сектору зградарства (потрошња енергије)

Према последњим подацима преко 95 % енергетских постројења у Србији чека на реконструкцију. Већина њих користи застарелу технологију која углавном у великој мери нарушава животну средину, али и неефикасно послује са енергетског становишта. Неопходне су инвестиције у чисте технологије које ће бити безбедне како по радно особље тако и по животну средину. Као последица доћи ће до неминовног повећања цена произведене енергије из реконструисаних објеката, а главни циљ ће бити да се цене енергије и поред свих улагања задрже на прихватљивом нивоу. Са тим питањем ће морати да се суочи сваки потенцијални инвеститор у региону југоисточне Европе.

Заостајање у енергетској ефикасности у зградарству у односу на европске земље је евидентно још из периода раних 90-их година. Потврда о овоме су: просечна потрошња финалне енергије у стамбеним зградама ЕУ у топлотне сврхе износи 138 kWh/m², у Данској у зградама прикљученим на даљинске системе грејања специфична потрошња топлоте за грејање износи 96 kWh/m², а у објектима који користе лож-уље или гас 131 kWh/m², односно 106 kWh/m². У зградама грађеним по новим прописима у Пољској, земљи са оштријом климом него што је наша, специфична потрошња енергије износи 90–120 kWh/m². У Шведској са хладнијом и дужом грејном сезонском потрошњом то износи 120 kWh/m², а у најновијим зградама са најнижим захтевима за енергијом не прелази 60–80 kWh/m².

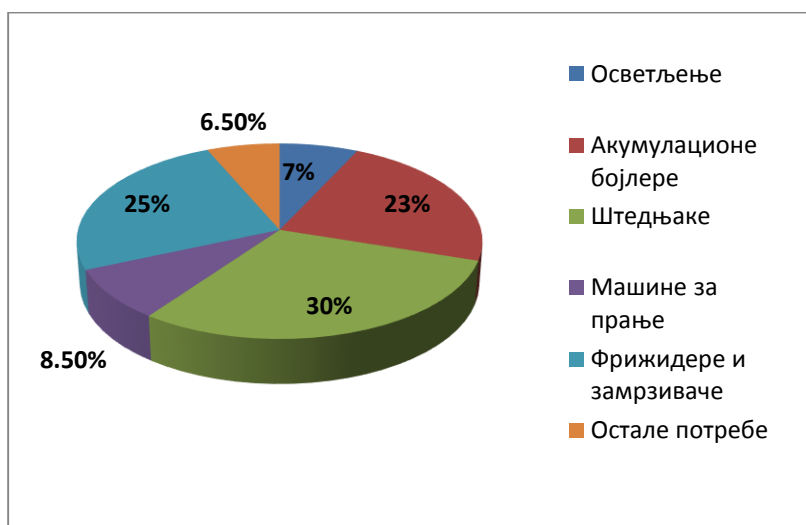
Начини загревања зграда у Републици Србији су следећи: 26 % укупне површине се загрева из система даљинских грејања и локалних котларница са централним грејањем (14 % из даљинских система и 12 % из локалних котларница), 14 % из електроенергетског

система, 10 % из система природног гаса и 50 % укупних површина користи чврста горива у локалним пећима (угаљ, огревно дрво, биомаса из пољопривреде, отпад и др.), слика 3.



Слика 3. Начини загревања зграда у Републици Србији

Број домаћинстава која се греју на електричну енергију износи 14 % од укупног броја, а само за грејање потроши се 24 % од укупне потрошње електричне енергије у свим домаћинствима. Преостала електрична енергија у домаћинствима користи се за: осветљење (7 %), акумулационе бојлере (23 %), штедњаке (30 %), машине за прање (8,5 %) и фрижидере и замрзиваче (25 %) и за остале потребе (6,5 %), слика 4.



Слика 4. Распоред коришћења електричне енергије у домаћинствима

Средње годишње специфичне потрошње енергије за објекте грејане из система даљинског грејања и локалних котларница износе: за стамбене зграде 171 kWh/m^2 , за нестамбене зграде 194 kWh/m^2 , за припрему топле воде у стамбеним зградама 55 kWh/m^2 а у нестамбеним зградама 12 kWh/m^2 . То даје средњу специфичну потрошњу топлоте за грејање и припрему топле воде у стамбеним и нестамбеним зградама сведену на 1 m^2 нето стамбене површине од 228 kWh/m^2 .

Средње годишње специфичне потрошње енергије за грејање објеката који користе остале начине загревања износе: за објекте грејане електричном енергијом 130 kWh/m², природним гасом 230 kWh/m² и из локалних пећи на чврста горива 57 kWh/m², [3].

3.10. Баријере за повећање енергетске ефикасности

Кључна баријера у реализацији програма повећања енергетске ефикасности су нереални паритети цена енергената и њихова нестабилност, а пре свих однос цене електричне енергије и горива.

Услед ниске продајне цене електричне енергије у Републици Србији за сектор индустрије и зградарства, у односу на набавну цену електричне енергије за дугорочне аранжмане на европском тржишту, корисници немају економски интерес да улажу у пројекте повећања енергетске ефикасности.

Поред финансијске, баријере имају изражену и социјалну димензију. Енергија у Републици Србији није роба. Знатан део бриге о социјалном статусу становништва одвија се преко цена енергије и уопште положаја енергије и енергената, што је дестимулативно за програме повећања енергетске ефикасности.

Техничке баријере се односе на техничко-технолошко заостајање за развијеним светом, па и најближим окружењем. Постоји доза несигурности и отпора у прихватању нових техничко-техношких решења. Уколико у овој сфери не дође до помака, врло брзо ће ово бити један од кључних развојних проблема у Републици Србији, [3].

4. Подстицајне мере за примену обновљивих извора енергије у Европској унији

Почетком 2007. године, Савет Европе је обелоданио свој циљ достизања 20% учешћа обновљивих извора енергије у структури укупне производње енергије 2020. године. Последњих година у Европској унији се користе различити облици подстицања: државне субвенције, смањења пореза на додату вредност, порески кредити, нето-размена, зелено означавање, накнада трошкова. Овде ће бити размотрено значење оних које су се у пракси показале најделотворнијим: нето-размена, зелене ознаке и накнаде произвођачима, [4].

Нето-размена

Ова мера је настала као одговор на потребу упрошћавања поступака размене електричне енергије између домаћинства која су инсталирала на својим зградама системе за примену обновљивих енергетских извора. Нето-размена подразумева да произведена енергија, која није потрошена, већ испоручена у преносну електро-мрежу, има једнаку економску вредност енергији купљеној од електродистрибуције. То значи да домаћинства плаћају само ону разлику између произведене и потрошене енергије, што је нарочито битно за временске периоде дужих облачности. У том случају преносна електро-мрежа служи као виртуелно складиште електричне енергије добијене из система за примену обновљивих енергетских извора. Осим тога, електродистрибуција на тај начин повећава стабилност своје понуде током вршних летњих оптерећења. Нето-размена, настала у Калифорнији, од посматраних земаља Европске уније примењује се у Италији, за подстицање примене ФН система, [4].

Зелене ознаке

Зелене ознаке представљају својинска права произвођача електричне енергије из обновљивих извора над одређеним еколошким користима. Зелени знаци могу бити предмет трговине између различитих произвођача електричне енергије. У том случају носиоци зелених знакова могу да наплате право, стечено производњом енергије из обновљивих извора. На пример у Италији, већ десет година сви велики произвођачи електричне енергије имају законску обавезу да произведу одређену количину струје из обновљивих извора (сунца, ветра, биомасе, земљине топлоте). На тај начин добијају одређен број зелених ознака и стичу права по том основу. Једна зелена ознака се заслужује производњом 50 MWh електричне енергије из обновљивих извора. Овлашћена агенција стриктно надгледа овај процес и одређује колико ће поједини произвођачи струје добити зелених ознака. Основне предности зеленог означавања јесу снижење трошкова производње струје из обновљивих извора енергије, као и повећање броја „зелених“ корисника и учесника на енергетском тржишту. Главни недостатак зеленог означавања оличен је постојањем извесних разлика у висини трошкова производње струје између појединих произвођача, зависно од локације, осунчаности и ветровитости, [4].

Економске накнаде

Механизам економских накнада (Фид-ин тарифе) најшире је коришћена мера за подстицање примене обновљивих извора енергије. На снази је у 20 земаља Европске уније. Суштина економских накнада састоји се у обавези електродистрибуције да на својој територији откупљује сву струју добијену из обновљивих извора енергије, уз исплату тачно одређених износа током прецизираног временског периода. Накнада се исплаћује сваком произвођачу електричне струје који користи системе за производњу из обновљивих извора у фиксном износу за сваки испоручени киловат сат. Висина накнаде је унапред одређена обликом коришћеног обновљивог извора енергије и разликује се од земље до земље, услед различитих корисничких технологија, различите осунчаности, ветровитости, различитих тржишних прилика или социјално-политичке ситуације.

Важно је нагласити да примена економских накнада не оптерећује пореске обавезнике нити државни буџет, већ само потрошаче електричне енергије, путем различитих тарифних ставова и посредством надлежних електродистрибуција, [4].

4.1. Подстицајне мере за примену обновљивих извора енергије у Србији

Мере подстицаја су, [5]:

- ✓ Подстицајни период од 12 година за све електране повлашћених произвођача које су пуштене у погон мање од 12 месеци пре потписивања уговора о откуп укупног износа произведене електричне енергије са јавним снабдевачем, односно подстицајни период од 12 година умањен за разлику између године закључења уговора и године пуштања у погон за све друге електране повлашћених произвођача;
- ✓ Подстицајна откупна цена по којој повлашћени произвођач има право да продаје јавном снабдевачу укупни износ произведене електричне енергије током подстицајног периода;
- ✓ Право повлашћеног произвођача који је претходно стекао привремени статус повлашћеног произвођача да продаје јавном снабдевачу укупни износ произведене електричне енергије током подстицајног периода по подстицајној цени која је важила у тренутку стицања привременог статуса повлашћеног произвођача;
- ✓ Износ произведене електричне енергије током подстицајног периода по подстицајној цени која је важила у тренутку стицања привременог статуса повлашћеног произвођача;
- ✓ Преузимање балансне одговорности и трошкова балансирања повлашћеног произвођача током подстицајног периода од стране јавног снабдевача;
- ✓ Бесплатно месечно обавештавање повлашћеног произвођача и јавног снабдевача о очитаној производњи електричне енергије у објекту повлашћеног произвођача од стране надлежног оператора система током подстицајног периода;
- ✓ Право повлашћеног произвођача да након истека подстицајног периода са јавним снабдевачем закључи уговор о откуп укупног износа произведене електричне енергије по тржишним условима на организованом тржишту електричне енергије у Републици Србији.

Мастер рад

Подстицајна откупна цена одређује се у зависности од категорије повлашћеног произвођача, односно у зависности од врсте и инсталисане снаге електране за коју је произвођач стекао статус повлашћеног произвођача. Врста електране и инсталисана снага одређују се актом о стицању статуса повлашћеног произвођача електричне енергије, табела 2, [5].

Табела 2. Гарантоване откупне цене електричне енергије из обновљивих извора енергије и комбиноване производње

Врста електране повлашћеног произвођача	Инсталисана снага P (MW)	Подстицајна откупна цена (c€/kWh)
Хидроелектрана		
	до 0,2	12,40
	0,2 - 0,5	13,727-6,633* P
	0,5 - 1	10,41
	1 - 10	10,747-0,337* P
	10 - 30	7,38
На постојећој инфраструктури	до 30	5,9
Електране на биомасу		
	до 1	13,26
	1 - 10	13,82 - 0,56*P
	преко 10	8,22
Електране на биогаз		
	до 0,2	15,66
	0,2 – 1	16,498 – 4,188*P
	преко 1	12,31
на биогаз животињског порекла		12,31
Електране на депонијски гас и гас из постројења за третман комуналних отпадних вода		6,91
Електране на ветар		9,20
Соларне електране		
	На објекту до 0,03	20,66
	На објекту 0,03 – 0,5	20,941 – 9,383*P
	На земљи	16,25
Геотермалне електране		
	до 1	9,67
	1 – 5	10,358-0,688*P
	преко 5	6,92
Електране на отпад		8,57
Електране са комбинованом производњом на угаљ	до 10	8,04

Поређења ради, највиша законски гарантована откупна цена убризгавања у Европи износи 54 [c€/kWh] у Немачкој, а околне земље или немају одговарајућу законску регулативу (као Румунија и Бугарска), или имају знатно нижу откупну цену (као

Мађарска, 10 [c€/kWh]). Од земаља бивше Југославије, цена у Словенији износи 37 [c€/kWh], а у Хрватској 46[c€/kWh].

Уредбом о мерама подстицаја за примену обновљивих извора енергије се рационално и до економски оправданог нивоа подстичу повлашћени произвођачи, јер електричну енергију производе у електранама чија се изградња без подстицајних мера не би исплатила, са циљем да се тиме постигне следеће, [5]:

- ✓ Повећање производње електричне енергије из обновљивих извора енергије и достизање циљева постављених Националним акционим планом;
- ✓ Смањење увозне зависности, већа разноликост коришћених извора примарне енергије и повећање сигурности снабдевања електричном енергијом;
- ✓ Веће степен дистрибуиране производње, побољшање квалитета електричне енергије, пре свега стабилизација напона код крајњих потрошача и смањење губитака у мрежи;
- ✓ Веће коришћење извора примарне енергије мањих капацитета;
- ✓ Већа укупна енергетска ефикасност због већег коришћења постројења за комбиновану производњу;
- ✓ Повећано ангажовање домаће машиноградње и развој малих и средњих предузећа;
- ✓ Повећање локалне запослености;
- ✓ Привлачење страних инвеститора;
- ✓ Смањење производње гасова који стварају ефекат стаклене баште и опште унапређење животне средине.

Један од битних дугорочних разлога за доношење ове уредбе је и свест о врло ограниченим ресурсима фосилних горива који у Србији постоје, пре свега угља. Имајући у виду да се 65% електричне енергије у Србији производи из домаћег лигнита и да су његове резерве довољне да се садашњи ниво производње одржи у наредних 30-40 година, потребно је благовремено градити нове капацитете који ће бар делимично моћи да замене постројења на угљ, а да не повећавају увозну енергетску зависност Србије. Обновљиви извори енергије су управо такви ресурси, па Србија има и веома битан енергетски разлог да дугорочно подстиче њихово коришћење.

Обновљиви извори енергије играју све значајнију улогу на енергетском тржишту и, без сумње, њихова улога биће све значајнија у дужем наредном периоду. Они представљају једно од значајнијих решења за смањење увозне зависности и диверсификацију енергетских извора, чиме се доприноси одрживом развоју енергетике Србије. У Србији је у току успостављање тржишта електричне енергије и низом законских промена се монополски положај произвођача електричне енергије укида и они се препуштају тржишту. У складу са европском праксом, за део произвођача електричне енергије који су од посебног значаја за коришћење обновљивих извора енергије, заштиту животне средине и повећање укупне енергетске ефикасности, Влада може утицати да се њихов положај на тржишту побољша, у складу са специфичним циљевима националног развоја и финансијским могућностима.

Подстицајне цене за откуп струје произведене из обновљивих извора енергије су један од начина да Србија достигне циљ о повећању удела енергије из обновљивих извора у потрошњи са 21,2 на 27 одсто до 2020. године, [5].

5. Израда елабората енергетске ефикасности у програму УРСА Грађевинска физика 2

Прорачун динамике оптерећења и потребне енергије за грејање и хлађење спроведен је применом програма УРСА Грађевинска физика 2. Програм УРСА ГФ 2 је намењен изради елабората енергетске ефикасности објеката у зградарству према Правилнику о енергетској ефикасности зграда, као и пратећим стандардима: СРПС ЕН ИСО 13790, СРПС ЕН 15315, СРПС ЕН 15217, СРПСС.У.Ј5.520, СРПС.У.Ј5.530, и осталих, [6]. Такође је намењен и изради енергетског пасоша према Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда, [7]. Стандарди прописују основне техничке захтеве који морају бити задовољени у погледу рационалне потрошње енергије зграде, топлотне заштите и хигијене у објектима, намењеним за живот и рад људи, без угрожавања комфора корисника.

Објављивањем Правилника о енергетској ефикасности зграда у „Службеном гласнику РС“ бр. 61/2011, прописују се дозвољена потрошња енергије у зградама, перформансе техничких система и испуњеност услова енергетске ефикасности, [6].

Ток израде елабората енергетске ефикасности:

- ✓ Уношење основних података: Место, грејана запремина, корисна површина зграде, врста зграде (постојећа или нова), тип градње. Уношење нетранспарентних конструкција које чине термички омотач зграде (граница између грејаних и негрејаних простора), и њихова провера на пародифузију, кондензацију на унутрашњој површини, топлотну стабилност, као и провера коефицијента пролаза топлоте U (W/m^2K) са прописаним вредностима. Уношење транспарентних конструкција и израчунавање њиховог коефицијента пролаза топлоте.
- ✓ Уношење у таблицу конструкција које чине термички омотач зграде, њихових коефицијената пролаза топлоте и површина, оријентације и нагиба. Рачунање коефицијента површинског трансмисионог губитка зграде H_{ts} и површине термичког омотача зграде.
- ✓ Затим на основу површине термичког омотача зграде, рачунање линијских трансмисионих губитака зграде.
- ✓ Даље се ради прорачун вентилационих губитака зграде на основу положаја зграде у односу на терен, у односу на остале објекте у близини као и на основу квалитета столарије која се уграђује на објекту.
- ✓ Одређивање добитака услед сунчевог зрачења кроз транспарентне и нетранспарентне површине.
- ✓ Одређивање укупне годишње потрошње енергије за грејање, емисије CO_2 од ове енергије и класификација објекта у одређену класу потрошње енергије. Програм опционо даје могућност да се на основу унешених параметара за систем грејања одреде губици у њему на основу чега се рачуна и примарна годишња потребна енергија за грејање као и емисија CO_2 од ове енергије.
- ✓ Програм на крају свих унетих и израчунатих параметара даје штанпане елаборате енергетске ефикасности и енергетског пасоша.

5.1. Основни подаци зграде

Предмет елабората енергетске ефикасности чини једнопородични стамбени објекат нове градње. Једнопородични стамбени објекат је лоциран у Крагујевцу. Основни подаци о згради, као и подаци о броју степен дана, дати су у табели 3.

Табела 3. Опис локације и зграде

Локација зграде	Крагујевац	
Климатски подаци	Спољна пројектна температура	-15[°C]
	Број степен дана	2610 К-дана
	Број дана за грејање	180 дана
	Средња температура грејног периода	5,5 [°C]
Пројектни услови за зимски период	Спољна пројектна температура за прорачун кондензације	-5 [°C]
	Унутрашња пројектна температура	20 [°C]
	Спољна релативна влажност	90 [%]
	Унутрашња релативна влажност	55 [%]
	Трајање периода кондензације	60 дана
Пројектни услови за летњи период	Унутрашња пројектна температура	26 [°C]
	Спољна релативна влажност	90 [%]
	Унутрашња релативна влажност	65 [%]
	Трајање периода исушења	90 дана
Димензије зграде	Врста зграде	Зграда са једним станом
	Тип градње	Тешки тип градње
	Бруто грејана запремина зраде	271 [m^3]
	Нето грејана запремина зраде	200 [m^3]
	Корисна површина зграде	80 [m^2]

Подаци о средњим месечним сумама Сунчевог зрачења и средњим месечним температурама спољног ваздуха, дати су у табели 4.

Табела 4. Средње месечне суме Сунчевог зрачења и средње месечне температуре спољног ваздуха

Средње суме Сунчевог зрачења [kWh/m^2]						Средња месечна температура [$^{\circ}C$]
	<i>HOR</i>	<i>S</i>	<i>I</i>	<i>J</i>	<i>Z</i>	
<i>Јануар</i>	42,75	17,42	32,57	64,25	32,57	0,9
<i>Фебруар</i>	60,35	22,38	55,35	76,98	55,35	3,0
<i>Март</i>	103,86	36,04	79,80	96,43	79,80	7,3
<i>Април</i>	133,65	44,64	96,05	86,73	96,05	12,5
<i>Мај</i>	170,43	55,69	112,90	86,28	112,90	17,6
<i>Јун</i>	181,23	56,88	116,78	81,43	116,78	20,6
<i>Јул</i>	192,83	58,27	125,22	90,31	125,22	22,3
<i>Август</i>	170,43	52,83	114,37	99,41	114,37	22,0
<i>Септембар</i>	127,58	38,78	91,32	107,38	91,32	17,7
<i>Октобар</i>	88,94	29,16	67,21	109,22	67,21	12,7
<i>Новембар</i>	45,50	17,93	34,67	66,52	34,67	7,2
<i>Децембар</i>	33,87	14,31	25,53	52,80	25,53	2,6

5.2. Анализа грађевинских конструкција

У програму Грађевинска физика уносе се конструкције које чине термички омотач зграде и програм врши проверу њиховог коефицијента пролаза топлоте U [W/m^2K], пародифузије, као и кондензације на унутрашњој површини конструкција. Под омотачем зграде подразумевају се сви гранични елементи који одвајају грађевински објект од спољне околине и земљишта на коме је подигнут: фасадни зидови са вратима и прозорима, кровна конструкција као и основа зграде на којој она лежи на тлу.

Осим својих механичких функција, омотач има задатак да штити унутрашњи простор од утицаја спољних високих или ниских температура, од падавина, ветра и других спољних неповољности. Али, истовремено да омогућава приступ природне светлости у унутрашњост зграде као и визуелни контакт људима у њој са околном природом. Приликом прорачунавања потребне количине топлоте за грејање усваја се да је спољна температура константна. Транспорт топлоте кроз зид је комбинација провођења топлоте кроз масу зида, прелаза топлоте са унутрашњег ваздуха на зид као и са друге стране зида на спољни ваздух, при чему се врши и пренос топлоте зрачењем. За елементе грађевинских конструкција чије су дебљине далеко мањих димензија од њихових површина, пролаз топлоте се практично одвија у једном правцу, нормалном на површину зида. У том случају, при стационарним условима, пролаз топлоте се рачуна по обрасцу, [8]:

$$q = U \cdot (t_u - t_i) \quad (1)$$

Коефицијент пролаза топлоте U [W/m^2K], треба да је познат за сваки грађевински елемент кроз који постоји размена топлоте. Рачуна се преко општег израза, [8]:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad (2)$$

где је:

α_u - коефицијент прелаза топлоте са унутрашње стране посматране површине [W/m^2K] (табела 5),

Мастер рад

δ_i - дебљина једног слоја зида "i" [m],

λ_i - коефицијент провођења топлоте за посматрани слој зида "i" [$W/m^2K/m$],

$\frac{1}{\lambda}$ - ако се један од слојева у зиду састоји од ваздуха, онда нема само провођења топлоте као код чврстог слоја, пошто се у ваздушном слоју топлота преноси како провођењем, тако и конвекцијом и зрачењем. У обрасцу $\frac{1}{\lambda}$ представља отпор пролазу топлоте кроз ваздушни слој [m^2K/W],

α_s - коефицијент прелаза топлоте са спољне стране посматране површине [W/m^2K] (табела 5).

Табела 5. Коефицијент прелаза топлоте [W/m^2K]

Унутрашњи коефицијент прелаза топлоте α_u	За зидове и унутрашње прозоре, као и за подове и таванице при прелазу топлоте одоздо нагоре	8
	За подове и таванице при прелазу топлоте одоздо надоле	6
	За спољне прозоре	12
Спољашњи коефицијент прелаза топлоте α_s	Коефицијент прелаза топлоте при средњој брзини ветра	25
	За случај додатних висећих фасада, као и за раван кров	11

5.2.1. Преглед конструкција и њихових коефицијента пролаза топлоте

Спољашњи зид

Слојеви спољашњег зида, као и коефицијент пролаза топлоте израчунати у програму УРСА Грађевинска физика 2, дати су на слици 5.

The screenshot shows the 'Spoљasni zid' (External wall) section of the URSА software. It includes a table of materials and their thicknesses, a summary of thermal resistance and coefficient values, and a cross-section diagram of the wall.

Materijal	Debljina (cm)
KREĆNI MALTER	1,5000
ŠUPLJI BLOKOVI I ŠUPLJA OPEKA 1400	25,0000
CEMENTNI MALTER	1,5000
POLISTIRENSKE PLOČE (U BLOKOVIMA) 20	15,0000
CEMENTNI MALTER	1,5000

Ukupna debljina: 44,5000

Temperatura i vlažnost za proračun difuzije:

Unutrašnja temperatura (°C)	Spoljašnja temperatura (°C)
20,0	-5,00
Temperatura za proračun parodifuzije (°C)	-15,00
Unutrašnja vlažnost (%)	55
Spoljašnja vlažnost (%)	90

Koeficijent prolaza topline: 0,130

Difuzija vodene pare: 1,0

Provera otpornosti na orošavanje: 4,278

Toplotna otpornost konstrukcije R (m^2K/W): 4,278

Koeficijent prolaza topline U (W/m^2K): 0,234

Ispravka za vazdušni prostor ΔU_g (W/m^2K): 0,000

Ispravka za mehaničke spojnice ΔU_f (W/m^2K): 0,000

Ukupni koeficijent prolaza topline U_C (W/m^2K): 0,234

Najveća dozvoljena vrednost U_{max} (W/m^2K): 0,300

Koeficijent prolaza topline odgovara.

Слика 5. Елементи спољашњег зида

Мастер рад

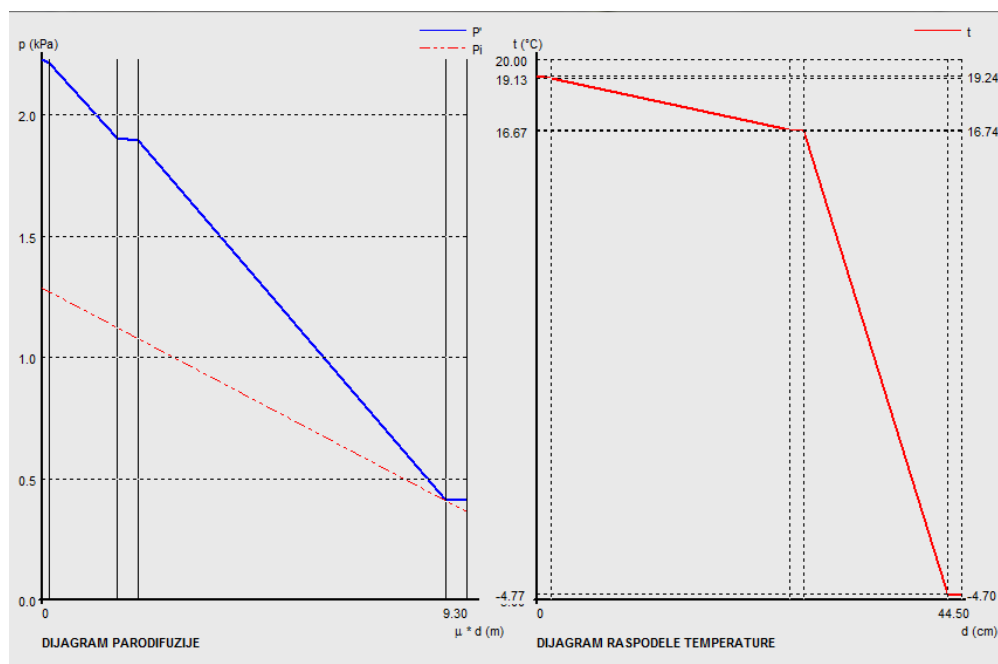
Са слике 5, можемо закључити да коефицијент пролаза за дати зид одговара, и да износи $U=0.234 \text{ [W/m}^2\text{K]}$, што је мање од дозвољене вредности која је $U=0.300 \text{ [W/m}^2\text{K]}$.

Карактеристике елемената зида дате су у табели 6.

Табела 6. Опис конструкције

Спољашњи зид								
Елементи	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$c \text{ [J/kg K]}$	μ	$d[\text{m}]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$t \text{ [}^\circ\text{C]}$	$p'[\text{Pa}]$	$p_i[\text{Pa}]$
Унутра						20,00	2335	
Уз зид						19,24	2227	1284
Кречни малтер	1600	1050	10	0,015	0,810	19,13	2213	1269
Шупља опека	1400	920	6	0,25	0,610	16,74	1903	1120
Цементни малтер	2100	1050	30	0,015	1,4	16,67	1896	1076
Стиропор	20	1260	45	0,15	0,041	-4,70	412	406
Цементни малтер	2100	1050	30	0,015	1,4	-4,77	409	361
Уз зид						-4,77	409	361
Споља						-5,00	401	

Програм даје дијаграмски приказ температурског поља и парцијалних притисака који су у функцији од температуре као и парцијалне притиске водене паре који су везани за реалну пародифузију, слика 6.



Слика 6 . Дијаграм пародифузије и дијаграм расподеле температура

Програм такође избацује и извештај о евентуалној кондензацији и зони где она настаје. Са слике 6 је видљиво да при задатим условима не долази до кондензације водене паре унутар зида, јер линија парцијалног притиска p_i (црвена) ни на једном месту не пресеца линију притиска засићења p' (плава).

Мастер рад

Таваница

Слојеви таванице, коефицијент пролаза топлоте израчунат у програму УРСА Грађевинска физика 2, као и основни детаљ конструкције тавана, дати су на слици 7.

Naziv građevinske konstrukcije
4.4.4.00 OBEŠENA PERFORIRANA GIPS-KARTONSKA PLOČA

Materijal	Debljina (cm)
GIPS-KARTONSKE PLOČE D=12,5 MM	1,2500
SLOJ ZRAKA	4,0000
DRVENA OBLOGA	1,2500
POLIETILENSKA FOLIJA 1000	0,0200
URSA DF 40	18,0000
DASKE ZA POD	2,0000

Ukupna debljina 26,5200

Temperatura i vlažnost za proračun difuzije

Unutrašnja temperatura (°C)	20,0
Temperatura za proračun parodifuzije (°C)	0,00
Temperatura za proračun orošavanja (°C)	-8,00
Unutrašnja vlažnost (%)	55
Spoljašnja vlažnost (%)	90

Koeficijent prolaza toplote R_{si} (m²K/W) 0,100 R_{se} (m²K/W) 0,100 F_{xi} 0,8

Toplotna otpornost konstrukcije R (m²K/W) 5,155

Koeficijent prolaza toplote U (W/m²K) 0,194

Ukupni koeficijent prolaza toplote U_c (W/m²K) 0,194

Najveća dozvoljena vrednost U_{max} (W/m²K) 0,300

Koeficijent prolaza toplote odgovara.

Слика 7. Основни детаљ конструкције тавана. 1-облога од гипс картонских плоча; 2-слепи под; 3-двострука заштитна фолија; 4-УРСА ДФ 40-између дрвене подконструкције; 5-дрвени под; 6-носећа дрвена конструкција; 7-звучна изолација УРСА ТСП

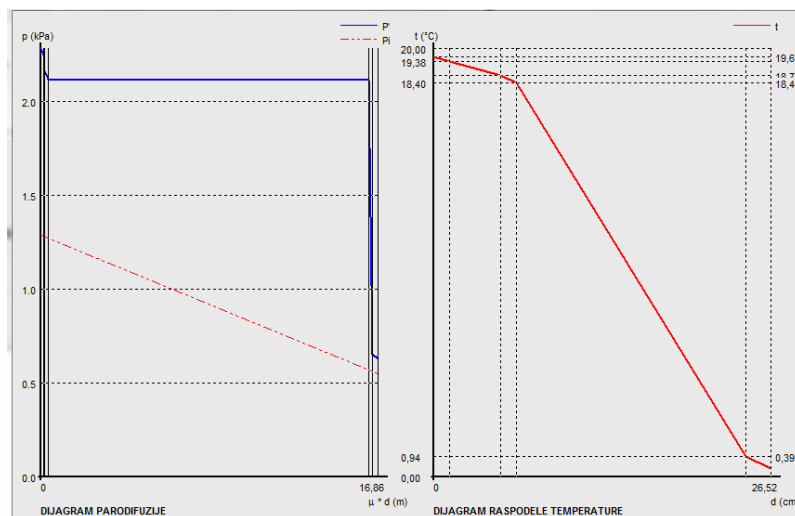
Са слике 7, можемо закључити да коефицијент пролаза за дату конструкцију одговара, и да износи $U=0.194$ [W/m²K], што је мањи од дозвољене вредности која је $U=0.300$ [W/m²K]. Карактеристике елемената таванице дате су у табели 7.

Табела 7. Опис конструкције

Таваница								
Елементи	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ	d [m]	λ [W/mK]	t [°C]	p' [Pa]	p_i [Pa]
Унутра						20,00	2335	1284
Уз зид						19,61	2280	1284
Гипс картонске плоче	900	840	12	0,0125	0,210	19,38	2247	1278
Слој ваздуха	1	1005	1	0,04	0,193	18,75	2160	1276
Дрвена облога	520	1670	15	0,0125	0,14	18,40	2114	1268
Полиетиленска фолија	1000	1340	45	0.0002	0.15	18,40	2114	570
УРСА ДФ40	14	840	1	0.18	0,040	0,94	654	563
Даске за под	520	1670	15	0,02	0,140	0,39	628	550
Споља						0,00	611	550

Мастер рад

На слици 8, дат је дијаграмски приказ температурског поља и парцијалних притисака који су у функцији од температуре као и парцијалне притиске водене паре који су везани за реалну пародифузију. Закључак је да при задатим условима не долази до кондезације водене паре унутар зида.



Слика 8. Дијаграм пародифузије и дијаграм расподеле температуре

Под

Слојеви пода, коефицијент пролаза топлоте израчунат у програму УРСА Грађевинска физика 2, као и основни детаљ конструкције пода, дати су слици 9.

Naziv građevinske konstrukcije
4.1.5.00 DRVENI POD

Materijal	Debljina (cm)
PARKET	2,0000
DASKE ZA POD	1,5000
URSA DF 40	15,0000
POLIETILENSKA FOLIJA	1,0000
BETON SA KAMENIM AGREGATIMA 2400	4,0000

Ukupna debljina: 23,5000

Unutra (Up) / Spolja (Down)

✓ Koefficient prolaza toplote

R_{si} (m²K/W): 0,170 F_{xi} : 0,5
 R_{se} (m²K/W): 0,000

Toplotna otpornost konstrukcije R (m²K/W): 4,195

Koefficient prolaza toplote U (W/m²K): 0,238

Ukupni koefficient prolaza toplote U_C (W/m²K): 0,238

Diagram showing layers: i (interior) and e (exterior). The main part of the diagram is yellow, with a blue section at the bottom labeled 'e'.

Buttons: Sačuvaj, Sačuvaj u Moje konstr., Štampaj, Dodaj, Umetni, Promeni, Izbrisi, Dupliraj, Dodaj iz projekta, Dodaj iz kataloga.

Слика 9. Елементи конструкције пода

Мастер рад

Са слике 9, можемо закључити да коефицијент пролаза топлоте износи $U=0.238$ $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$. Карактеристике елемената пода дате су у табели 8.

Табела 8. Опис конструкције

Под					
Елементи	ρ $[\text{kg}/\text{m}^3]$	c $[\text{J}/\text{kg K}]$	μ	d $[\text{m}]$	λ $[\text{W}/\text{mK}]$
Паркет	700	1670	15	0.02	0.210
Даске за под	520	1670	15	0.015	0.140
УРСА ДФ 40	14	840	15	0,15	0,040
Полиетиленска фолија	100	1250	80000	0.01	0.190
Армирани бетон	2400	960	60	0,04	2,04

Кров

Слојеви крова, коефицијент пролаза топлоте израчунат у програму УРСА Грађевинска физика 2, дати су слици 10.

The screenshot shows the 'Naziv građevinske konstrukcije' (Name of the building construction) field set to '1.1.1.00 PUNO IZOLOVANI ROG'. Below this is a table of materials and their thicknesses:

Materijal	Debljina (cm)
DRVENA OBLOGA	1,5000
PARNA BRANA	0,0170
URSA SF 35	25,0000
PAROPROPUSNA VODONEPROPUSNA FOLIJA	0,0370
CREP	1,5000

The total thickness (Ukupna debljina) is 28,0540 cm. On the right, temperature and humidity settings for diffusion calculation are shown: Unutrašnja temperatura (°C) = 20,0; Temperatura za proračun parodifuzije (°C) = -5,00; Temperatura za proračun orošavanja (°C) = -15,00; Unutrašnja vlažnost (%) = 55; Spoljašnja vlažnost (%) = 90.

At the bottom, the results for the roof construction are displayed:

- R_{si} (m²K/W) = 0,100
- R_{se} (m²K/W) = 0,040
- F_{xi} = 1,0
- Toplotna otpornost konstrukcije R (m²K/W) = 7,408
- Koeficijent prolaza toplote U (W/m²K) = 0,135
- Ispravka za vazdušni prostor ΔU_g (W/m²K) = 0,000
- Ispravka za mehaničke spojnice ΔU_f (W/m²K) = 0,000
- Ispravka za obrnuti krov ΔU_r (W/m²K) = 0,000
- Ukupni koeficijent prolaza toplote U_C (W/m²K) = 0,135
- Najveća dozvoljena vrednost U_{max} (W/m²K) = 0,300

The calculated value of 0,135 is highlighted with a red box, indicating it is within the allowed limit of 0,300.

Слика 10. Коефицијент пролаза топлоте и елементи крова

Са слике 10, можемо закључити да коефицијент пролаза одговара, и да износи $U=0.135$ $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$, што је мањи од дозвољене вредности која је $U=0.300$ $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$.

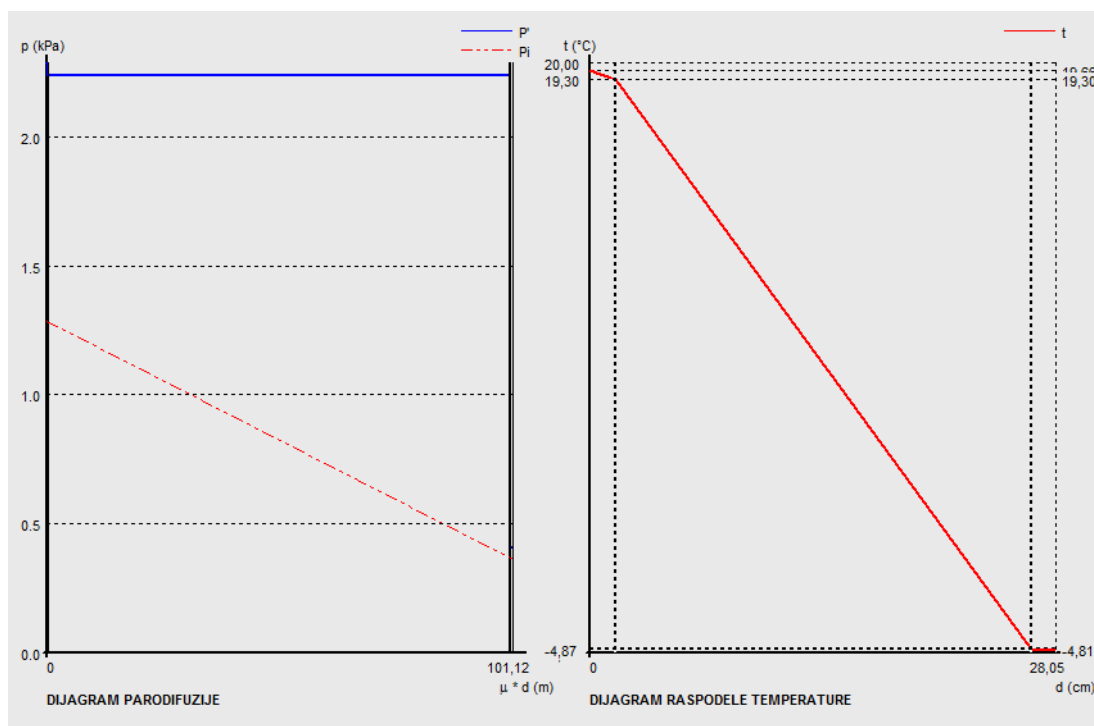
Мастер рад

Карактеристике елемената крова дате су у табели 9.

Табела 9. Опис конструкције

Кров								
Елементи	ρ [kg/m ³]	c [J/kgK]	μ	d [m]	λ [W/mK]	t [°C]	p' [Pa]	p _i [Pa]
Унутра						20,00	2335	1284
Уз зид						19,66	2287	1284
Дрвена облога	520	1670	15	0,015	0,140	19,30	2236	1282
Парна брана	1000	1340		0,00017	0,150	19,30	2235	369
УРСА СФ 35	24	840	1,1	0,25	0,035	-4,81	408	367
Паропропусна водонепропусна фолија	220	960		0,00037	0,190	-4,81	408	367
Цреп	1900	880	40	0,015	0,990	-4,87	406	361
Споља						-5	401	361

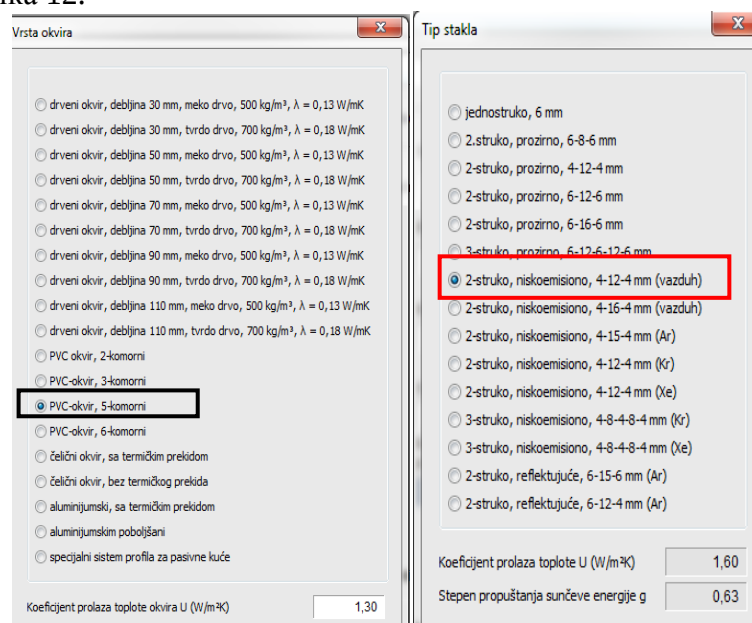
На основу слике 11, закључујемо да при задатим условима не долази до кондензације водене паре унутар зида.



Слика 11 . Дијаграм пародифузије и дијаграм расподеле температуре

5.2.2. Анализа транспарентних конструкција и врата

У транспарентне конструкције за ову кућу, спадају прозори и спољна врата од стакла. Пошто се прорачун укупног коефицијента пролаза топлоте транспарентне површине ради рачунски (узима у обзир и пролаз топлоте кроз рам и кроз стакло), програм захтева унос параметара који то омогућују (врсту стакла и рама, њихове коефицијент пролаза топлоте и површине); дужину споја стакло рам и коефицијент линијског губитка Ψ_g (који се дефинише у зависности од типа стакла и рама-дефинисано правилником таб 3.4.1.8. , [6]) да би могли да се одреде и линијски губици на споју прозор стакло. Тип стакла је двоструко, нискоемисионо, 4-12-4(ваздух). Врста оквира је ПВЦ, петокорни, слика 12.



Слика 12. Тип стакла и врста оквира

За тако унете податке програм израчунава укупни коефицијент пролаза топлоте и пореди га са задатим у правилник, [6]. Са слике 13, можемо закључити да коефицијент пролаза топлоте одговара.

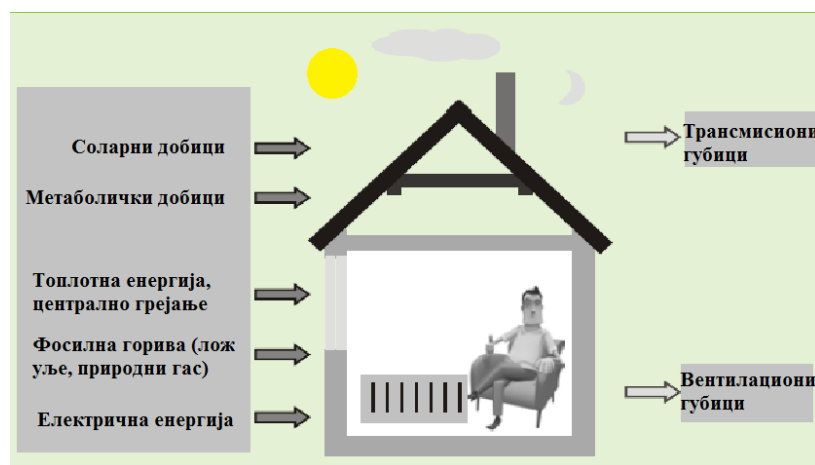
Koefficient prolaza toplote stakla (W/m^2K) 1.60	Površina stakla (m^2) 1.20	Sprečavanje orošavanja unutrašnje površine Unutrašnja temperatura ($^{\circ}C$) 20.0 Temperatura za proračun orošavanja ($^{\circ}C$) -15.0 Unutrašnja vlažnost (%) 55.0 Minimalna toplotna otpornost R_{min} (m^2K/W) 0.51 Toplotna otpornost konstrukcije R (m^2K/W) 0.67 U pogledu orošavanja konstrukcija odgovara.
Koefficient prolaza toplote okvira (W/m^2K) 1.30	Površina rama (m^2) 0.72	
Dužina spoja staklo / okvir (m) 0.00	Koefficient korekcije Ψ_g (W/mK) 0.06	
Ukupna površina (m^2) 1.92	Faktor okvira 0.38	
Koefficient prolaza toplote konstrukcije U_w (W/m^2K) 1.49	Najveći dozvoljeni koefficient prolaza toplote U_{max} (W/m^2K) 1.50	
Stepen propuštanja sunčeve energije g 0.630		
Koefficient prolaza toplote odgovara.		

Слика 13. Опис транспарентне конструкције- прозор

5.3. Енергетски биланс зграде

Ако се занемари понашање корисника потрошња енергије у згради зависи о техничким карактеристикама саме зграде (њеног облика и конструкцијских материјала), техничким карактеристикама коришћених енергетских система (системи грејања, припреме потрошне топле воде, климатизације, електричне расвете, итд), о климатским условима поднебља на којем се налази. Основни појмови за анализу потрошње енергије у зградама су топлотни губици и добици, коефицијент проласка топлоте, степен-дан грејања / хлађења.

На слици 14, приказана је зграда са свим токовима енергије, тј. приказан је енергетски биланс зграде.



Слика 14. Енергетски биланс зграде

Енергетски биланс зграде подразумева све енергетске губитке и добитке. При томе се уобичајено говори о топлотном билансу, односно разматра се колико је енергије потребно да би се задовољиле топлотне потребе зграде. Потреба за топлотном енергијом је увек уско везана за топлотне губитке зграде. Наиме, док год су топлотни добици енергије довољни за покривање топлотних губитака, у згради ће се одржавати жељени услови топлотне угодности. Према томе, мора важити једнакост:

$$E_{fin} + Q_{int} + Q_{sun} = H_T + H_V + Q_{H,IS} \quad (3)$$

где је:

E_{fin} [kW/h]-финална енергија горива која се користи за грејање простора;

Q_{int} [kW/h]-унутрашњи топлотни добици;

Q_{sun} [kW/h]-топлотни добици од сунца;

H_T [kW/h]-трансмисиони губици;

H_V [kW/h]-вентилациони губици;

$Q_{H,IS}$ [kW/h]-губици у систему грејања.

Трансмисиони губици настају пролазом (трансмисијом) топлотне енергије кроз елементе омотача зграде. Они зависе од конструкције елемената зграде (материјалима израде омотача), дебљини топлотне изолације, типу прозора, врата, итд. Трансмисиони губици нису једини који одређују потребе грејања зграде. Наиме, морају се убројати и топлотни губици због проветравања, тзв. вентилациони губици.

Осим губитака, у зградама постоје и добици топлотне енергије који не долазе из система грејања, тзв. слободни топлотни добици. У ове се добитке укључује топлотна енергија добијена од особа које бораве у простору, као и од различитих уређаја (на пример, канцеларијска опрема, расвета, пројектори итд) који се користе у простору. Ови се добици називају унутрашњи или интерни добици Q_{int} . Осим тога, одређена количина топлотне енергије у простор долази и од Сунчевог зрачења Q_{sun} . Да би систем грејања / хлађења задовољио топлотне потребе зграде, потребна је одређена количина примарне енергије (енергента) E_{prim} . Ова је енергија већа од корисне енергије Q_k , јер технички системи нису савршени, тј. они такође имају своје губитке $Q_{H,IS}$. Наиме, енергија горива не може се искористити у потпуности, јер се део енергије изгуби преко ослобођених димних гасова, а део се преноси са самог котла на животну средину зрачењем и конвекцијом.

Дакле, потребна топлота за грејање зависи од:

- ✓ топлотних губитака кроз омотач (нетранспарентне и транспарентне делове),
- ✓ губитака услед утицаја топлотних мостова,
- ✓ топлотних губитака према тлу,
- ✓ топлотних губитака према негрејаним просторијама,
- ✓ топлотних губитака кроз застакљене просторије,
- ✓ топлотних губитака од сунца и унутрашњих извора и
- ✓ губитака услед проветравања и / или вентилације.

Кроз елементе енергетске билансе зграде назире се основна идеја енергетске ефикасности у зградарству. Наиме, циљ је смањити трансмисионе и вентилационе губитке, губитке у систему грејања на најмању могућу меру, повећати топлотне добитке од Сунца и при томе не нарушити топлотну угодност боравка у простору.

Енергетске потребе зграде укључују:

- ✓ топлотну енергију за грејање простора и припрему потрошне топле воде,
- ✓ електричну енергију за погон расхладних уређаја, пумпи у системима грејања, вентилације и климатизације,
- ✓ електричну енергију за расвету,
- ✓ електричну енергију за остале уређаје (канцеларијска опрема, телевизор, фрижидер, машина за прање судова, машина за прање веша, итд).

5.4. Трансмисиони губици топлоте термичког омотача зграде

Трансмисиони губици топлоте Q_o настају у одређеној просторији пролазом (трансмисијом) топлоте кроз површине које омеђују и раздвајају просторију од простора који имају другу вредност температуре. При прорачуну полази се од претпоставке да се просторија за коју се врши прорачун, налази у стационарном стању, односно да су све меродавне величине устаљене. Зато се за прорачун губитака топлоте користе закони за пренос топлоте у стационарним условима. Они се одређују преко обрасца за једнодимензионалан пролаз топлоте, за сваку површину посебно, [8]:

$$Q_o = \sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i \cdot (t_u - t_i) \quad [W] \quad (4)$$

где је:

Q_o - количина топлоте коју просторија трансмисијом губи кроз одређену површину (зидови, прозори, врата, под, таваница) [W]

U_i - коефицијент пролаза топлоте кроз површину "i" [W/m^2K]

A_i - површина (зида, прозора, врата, пода, таванице) кроз коју пролази топлота [m^2]

t_u - унутрашња пројектна температура [$^{\circ}C$]

t_i - спољна пројектна температура ако посматрана површина раздваја просторију од спољне средине или температура суседне просторије, ако површина A раздваја две просторије [$^{\circ}C$].

Трансмисиони губици топлоте се обавезно коригују тзв. додацима, како би се узели у обзир повећани захтеви за топлотом и извршиле друге допуне које зависе од специфичност и грејаног простора. Зато се потребна количина топлоте за надокнађивање трансмисионих губитака Q_h разликује од губитака израчунатих по обрасцу 5, [8]:

$$Q_h = Q_o \cdot (1 + Z_D + Z_S + Z_V) \quad [W] \quad (5)$$

где је:

Z_D - додатак због прекида у загревању;

Z_S - додатак на утицај оријентације просторије према странама света;

Z_V - додатак на утицај ветра.

Додатак због прекида у загревању Z_D добија се из табеле 10 у зависности од величине k_D која се добија из једначине, [8]:

$$k_D = \frac{Q_o}{A_i \cdot (t_u - t_i)} \quad [W/m^2K] \quad (6)$$

Табела 10. Зависност додатака на прекид грејања Z_D од средње вредности коефицијента пролаза топлоте k_D , [8]

За k_D [W/m^2K]	< 0,35	0,35-0,8	0,8-1,75	> 1,75
Непрекидан рад са ограничењем загревања ноћу	0,07	0,07	0,07	0,07
Прекид рада 9-12 часова дневно	0,20	0,15	0,15	0,15
Прекид рада 12-16 часова дневно	0,30	0,25	0,20	0,15

Додатак на стране света Z_S - вредности додатка који зависи од оријентације објекта према странама света, могу се извести из одговарајуће табеле:

Табела 11. Вредности додатка на стране света, [8]

Страна света	J	J3	3	C3	C	СИ	И	JI
Додатак	-0,05	-0,05	0	+0,05	+0,05	+0,05	0	-0,05

Додатак на утицај ветра Z_V - за одређивање овог додатка треба знати у каквом је пределу зграда и при томе разликовати нормални и ветровити предео. Осим тога утврђује се да ли је зграда заклоњена или изложена ветру. Вредности за овај додатак су дате у табели 12.

Мастер рад

Табела 12. Вредности додатак на утицај ветра у односу на положај зграде

Врста просторије		I	II	III	IV
Нормални предели	Заклоњен положај	0,13	0,09	0,12	0,07
	Отворен положај	0,27	0,19	0,24	0,14
Ветровити предели	Заклоњен положај	0,22	0,15	0,20	0,12
	Отворен положај	0,40	0,28	0,35	0,20

Коефицијент трансмисионих губитака топлоте су трансмисиони губици топлоте кроз омотач зграде подељени разликом температура унутрашње и спољне средине, [8]:

$$H_T = \frac{Q_T}{t_u - t_i} \quad [W/K] \quad (7)$$

На основу образаца 4-7 и табела 10-12, програм Грађевинска физика рачуна вредности укупних трансмисионих губитака топлоте кроз сваку површину, и на крају се површине саберу и добију се укупни трансмисиони губици топлоте куће, слика 15.

Šifra	Konstrukcija	Transpar. konstr.	Površina (m²)	Nagib	Orijent.	Faktor korekcije temper. Fxi	Koeficijent prolaza toplote (W/Km²)	Toplotni mostovi uzeti u obzir	Transmisioni toplotni gubici (W/K)	Faktor zasenčenja
► Spoljasnji zid	Spoljasnji zid	☐	57,25	0 Z		1	0,126	☐	7,21	1,00
Spoljasnji zid	Spoljasnji zid	☐	59,04	0 I		1	0,126	☐	7,44	1,00
Spoljasnji zid	Spoljasnji zid	☐	16,00	0 J		1	0,126	☐	2,02	1,00
Spoljasnji zid	Spoljasnji zid	☐	20,00	0 S		1	0,126	☐	2,52	1,00
Prozor	Prozor	☒	3,84	0 J		1	1,490	☒	5,72	1,00
Prozor	Prozor	☒	1,92	0 I		1	1,490	☒	2,86	1,00
Prozor	Prozor	☒	1,92	0 Z		1	1,490	☒	2,86	1,00
Mali prozor	Mali prozor	☒	0,36	0 Z		1	1,430	☒	0,51	1,00
PVC VRATA U=1,6	PVC VRATA U=1,6	☐	2,40	0 I		1	1,600	☒	3,84	1,00
1.1.1.00 PUNO	1.1.1.00 PUNO IZOLOVANI ROG	☐	50,42	0 J		1	0,135	☒	6,81	1,00
1.1.1.00 PUNO	1.1.1.00 PUNO IZOLOVANI ROG	☐	50,42	0 S		1	0,135	☐	6,81	1,00
Ukupno			263,57						48,60	
<input checked="" type="button" value="Dodaj"/> Promeni Briši <input checked="" type="button" value="Dupliraj odabrano konstrukcij"/> ↑ ↓ ↺ ↻ ↻ ↻										

Слика 15. Топлотни губици зграде

5.5. Израчунавање коефицијента пролаза топлоте тла

Површина подне конструкције $80m^2$, обим подне конструкције $36m$. Програм је израчунао да је коефицијент пролаза топлоте тла $U = 0.107 [W/m^2K]$, што је мањи од дозвољеног који износи $U = 0.300[W/m^2K]$, слика 16.

Naziv konstrukcije
 POD

Površina podne konstrukcije A (m²) 80,000 **U redu**

Obim podne konstrukcije P (m) 36,000 **Opoziv**

Karakteristična dimenzija B' (m) 4,444

Debljina spoljnog zida w (m) 0,445

Vrsta tla pesak, šljunak

Toplotna otpornost podne konstrukcije R_f (m²K/W) 7,937

Ekvivalentna debljina d_t (m) 16,739

Koeficijent prolaza toplote U (W/m²K) 0,107

Najveći dozvoljeni koeficijent prolaza toplote U_{max} (W/m²K) 0,300

☒ uticaj toplotnih mostova već je uzet u obzir kod proračuna koeficijenta prolaza toplote

Diagram labels: podna ploča, zemlja, W

Слика 16. Коефицијента пролаза топлоте тла

Са слике 17, закључујемо да су топлотни губици пода $4,280 [W/K]$ који одговарају за дату конструкцију јер су мањи него дозвољени .

Tla i zidovi u zemlji							
Konstrukcija	Površina (m²)	Obim (m)	U _{bf} (W/m²K)	U _{bw} (W/m²K)	Toplotni mostovi uzeti u obzir	Toplotni gubici (W/K)	Odgovara
POD	80,000	36,000	0,107	0	☒	4,280	☒
	80,000					4,280	
Dodaj Promeni Briši							

Слика 17. Топлотни губици пода

5.6. Вентилациони губици

Потребна количина топлоте за загревање ваздуха који продире инфилтрацијом, одређује се помоћу количине ваздуха која доспева у просторију због разлике притисака између спољне околине и просторије. Она зависи како од величине процепа прозора и врата, тако и од разлике притисака са обе стране просторије.

Према томе на количину ваздуха који доспева у просторију има утицај величине процепа на страни која је под ударом ветра, величина процепа на заклоњеној страни, као и заптивност ових процепа. А то су особености просторије које се узимају у обзир преко карактеристике просторије R , чије се вредности налазе у опсегу 0,7-0,9.

Други утицај на количину ваздуха који продире у просторију је јачина ветра, која зависи од положаја зграде (заклоњен или отворен положај) и врсте градње (појединачна градња или у блоку). Овај утицај се узима у обзир преко карактеристике зграде H .

Израчунавање потребне додатне количине топлоте за загревање ваздуха који продире под дејством ветра, врши се према обрасцу, [8]:

$$Q_V = \sum (a \cdot l)_s \cdot R \cdot H \cdot (t_u - t_s) \cdot Z_E \quad (8)$$

где је:

a - пропустљивост процепа у $[m^3/m \cdot h \cdot Pa^{2/3}]$ означава количину ваздуха на час који продире кроз процеп дужине 1m, при разлици притисака од 1 Pa;

l - дужина процепа [m];

R - карактеристике просторије;

H - карактеристике зграде $[W \cdot h \cdot Pa^{2/3}/m^3 \cdot K]$;

Z_E - додатак за прозоре који се налазе на углу два спољна зида $Z_E = 1/2$. У свим другим случајевима $Z_E = 1$;

$\sum(a \cdot l)_s$ - представља збир производа дужине свих процепа, који се узимају у обзир и њихова пропустљивост. У случају да се прозори налазе у наспрамним зидовима, узимају се у обзир прозори са већом пропустљивошћу. Уколико су прозори у два суседна зида онда се оба прозора обухватају прорачуном; спољна врата се рачунају као и прозори.

Коефицијент вентилационих губитака рачуна се по следећем обрасцу, [8]:

$$H_V = \frac{Q_V}{t_u - t_i} \quad (9)$$

Програм је на основу обрасца 8, израчунао коефицијент вентилационог губитака топлоте, и он износи $H_V = 33[W/K]$, слика 18.

Prostor	Zapremina grejanog postora (m³/h)	Broj izmena vazduha na čas (1/h)	Koeficijent ventilacionog gubitaka toplote Hv (W/K)
Cela zgrada	200.00	0.50	33.00
	200.00		33.00

Слика 18. Коэффициент вентиляционных губитака

5.7. Добици услед Сунчевог зрачења

На слици 19, приказане су транспарентне и нетранспарентне конструкције које су изложене Сунчевом зрачењу. Можемо приметити у десном доњем углу да су годишњи добити Сунчеве енергије 1327 [kWh]. Закључујемо да највеће добитке Сунчеве енергије примају конструкције које се налазе на јужној страни.

Šifra konstrukcije	Površina A (m²)	Efektivna površina Asol (m²)	Faktor zasen-čenja	Orijentacija	Nagib (°)	Sunčevo zračenje u zimskom periodu (kWh/m²)	Godišnji dobici sunčeve energije (kWh)
Spoljasnji zid	57,25	0,17	1,00	Z	0	310,00	53,67
Spoljasnji zid	59,04	0,18	1,00	I	0	310,00	55,35
Spoljasnji zid	16,00	0,05	1,00	J	0	455,00	22,01
Spoljasnji zid	20,00	0,06	1,00	S	0	145,00	8,77
Prozor	3,84	1,35	1,00	J	0	455,00	614,21
Prozor	1,92	0,67	1,00	I	0	310,00	209,24
Prozor	1,92	0,67	1,00	Z	0	310,00	209,24
Mali prozor	0,36	0,09	1,00	Z	0	310,00	27,84
PVC VRATA U=1,6	2,40	0,09	1,00	I	0	310,00	28,57
1.1.1.00 PUNO IZOLOVANI ROG	50,42	0,16	1,00	J	0	455,00	74,33
1.1.1.00 PUNO IZOLOVANI ROG	50,42	0,16	1,00	S	0	145,00	23,69
Ukupno							1.326,91

Слика 19. Добици услед сунчевог зрачења

5.8. Систем грејања

Одабир система грејања и других параметара везаних за њега отвара нам се могућност за одабир параметара који директно утичу на величину примарне енергије и емисије CO₂ од примарне енергије, слика 20.

Слика 20. Систем грејања

У складу са Правилником програм омогућава бирање система и уређаја који представља извор топлотне енергије, затим, начин простирања и изоловања цевне мреже, као и начин и врсту регулације. Све ове величине утичу на степен ефикасности система грејања и на испоручену енергију уређаја који снабдева потрошача. Касније у зависности од врсте горива се израчунава и примарна енергија коју је потребно утрошити за добијање испоручене енергије потрошачу, [6].

Пошто се по Правилнику зграде сврставају у енергетски разред према потребној годишњој енергији за грејање онда је и програм тако конципиран да израчунава испоручену енергију за грејање и узима у обзир губитке само у систему грејања, [6].

Прво се бира уређај који се користи као извор топлотне енергије. За котао су у правилнику дефинисане врсте котла у зависности од енергента који се користи, као и њихови степени корисности. На основу избора извора топлотне енергије ако је котао у питању, програм даље бира и његов степен корисности η_k , затим се бира начин простирања цевне мреже и степен њене изолованости за који програм избацује степен

корисности цевне мреже η_c , и на крају се бира врста и начин регулације за који програм бира степен корисности аутоматске регулације η_r .

Овако изабрани коефицијенти дају укупан коефицијенат корисности система грејања, [6]:

$$\eta = \eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r \quad (10)$$

Испоручена топлотна енергија се одређује према формули:

$$Q_H = \frac{Q_{H,nd}}{\eta_k \cdot \eta_c \cdot \eta_r} \quad (11)$$

Постоји још и додатак за убацивање просечне снаге пумпе одакле програм израчунава енергију за рад циркулационе пумпе:

$$Q_{auh} = n \cdot P \quad (12)$$

где је:

n - број часова рада пумпе у току грејне сезоне.

$$n = HD \cdot h \quad (13)$$

где је:

HD -број дана грејне сезоне за одређено место,

h -број часова рада у току дана.

На основу свих ових података програм рачуна примарну енергију за рад система по формули:

$$E_{prim} = Q_H \cdot f_{prim,1} + Q_{auh} \cdot f_{prim,2} \quad (14)$$

где је:

$f_{prim,1}$ - фактор претварања испоручене енергије у примарну енергента који је коришћен за грејање,

$f_{prim,2}$ - фактор претварања електричне енергије за рад циркулационе пумпе у примарну.

Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије у зависности од енергента се узимају из табеле 13, [6].

Табела 13. Фактори претварања за прорачунавање годишње примарне енергије у зависности од енергента

Енергент	Фактор претварања
Уље за ложење	1,2
Гас	1,1
Угаљ	1,3
Дрвена биомаса	0,1
Електрична енергија	2,5

Годишња примарна енергија за функционисање зграде одређује се тако што се годишња доведена енергија за рад система у згради помножи са фактором претварања.

5.9. Одређивање годишње потребне топлоте за грејање

Годишња потребна енергија за грејање чији систем ради без прекида у загревању, рачуна се по следећем обрасцу, [6]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn} \quad (15)$$

где је:

$Q_{H,ht}$ [kWh/a]- годишња потребна енергија за надокнаду губитака топлоте.

$\eta_{H,gn}$ - фактор искоришћења добитака топлоте за период грејања.

Годишња потребна енергија за надокнаду губитака топлоте:

$$Q_{H,ht} = (H_T + H_V) \cdot 24 \cdot HDD \cdot 10^{-3} \quad (16)$$

где је:

H_T [W/K]- коефицијент трансмисионог губитка топлоте који се рачуна по обрасцу 7.

H_V [W/K]- коефицијент вентилационог губитка топлоте, рачуна се на основу обрасца 9.

Фактор искоришћења добитака топлоте за период грејања, табела 10:

$$\eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{(a_H+1)}} \quad (17)$$

где је:

γ_H - однос топлотног биланса који се рачуна помоћу обрасца:

$$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}} \quad (18)$$

a_H - бездимензиони нумерички параметар који зависи од вредности временске константе:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} \quad (19)$$

где је:

τ -[h]временска константа

$$\tau = \frac{C_m}{3600 \cdot (H_T + H_V)} \quad (20)$$

где је:

C_m [J/K]- динамички топлотни капацитет

Табела 10. Просечне вредности за $\eta_{H,gn}$,

$\eta_{H,gn}$	
1	Тешки тип градње
0,98	Средње-тешки тип градње
0,9	Лаки тип градње

Годишња потребна енергија за грејање израчунава се и по следећем обрасцу, [6]:

$$Q_{H,nd} = (Q_T + Q_V) - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad (21)$$

где је:

Q_{int} [kWh/a] – годишња количина енергије која потиче од унутрашњих добитака топлоте,

Q_{sol} [kWh/a] – годишња количина енергије која потиче од добитака услед Сунчевог зрачења.

Годишња потребна енергија за грејање [kWh] за системе који раде са прекидом:

$$Q_{H,nd,interm} = \alpha_{H,red} \cdot Q_{H,nd} \quad (22)$$

где је:

$\alpha_{H,red}$ – бездимензијски фактор редукције у загревању:

$$\alpha_{H,red} = 1 - 3 \left(\frac{\tau_{H,0}}{\tau} \right) \cdot \gamma_H \cdot (1 - f_{H,hr}) \quad (23)$$

где је:

$\frac{\tau_{H,0}}{\tau}$ – однос временских константи који је (0,2 за лаки тип градње; 0,3 за средње тешки тип и 0,4 за тешки тип градње);

$\gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}}$ – однос годишње добијене енергије од унутрашњих добитака и сунчевог зрачења $Q_{H,gn}$ и енергије која се губи трансмисијом $Q_{H,ht}$;

$f_{H,hr}$ – однос броја сати рада система за грејање у току недеље према укупном броју сати у недељи.

Годишњи топлотни губици система за грејање, [kWh]:

$$Q_{H,I_s} = Q_{H,em,I_s} + Q_{H,dis,I_s} + Q_{H,st,I_s} + Q_{H,gen,I_s} \quad (24)$$

где је:

Q_{H,em,I_s} [kWh/a] – губици топлоте при размени у простору;

Q_{H,dis,I_s} [kWh/a] – губици топлоте у цевној мрежи;

Q_{H,st,I_s} [kWh/a] – губици топлоте при складиштењу у резервоару;

Q_{H,gen,I_s} [kWh/a] – губици топлоте при производњи.

5.10. Резултати прорачуна

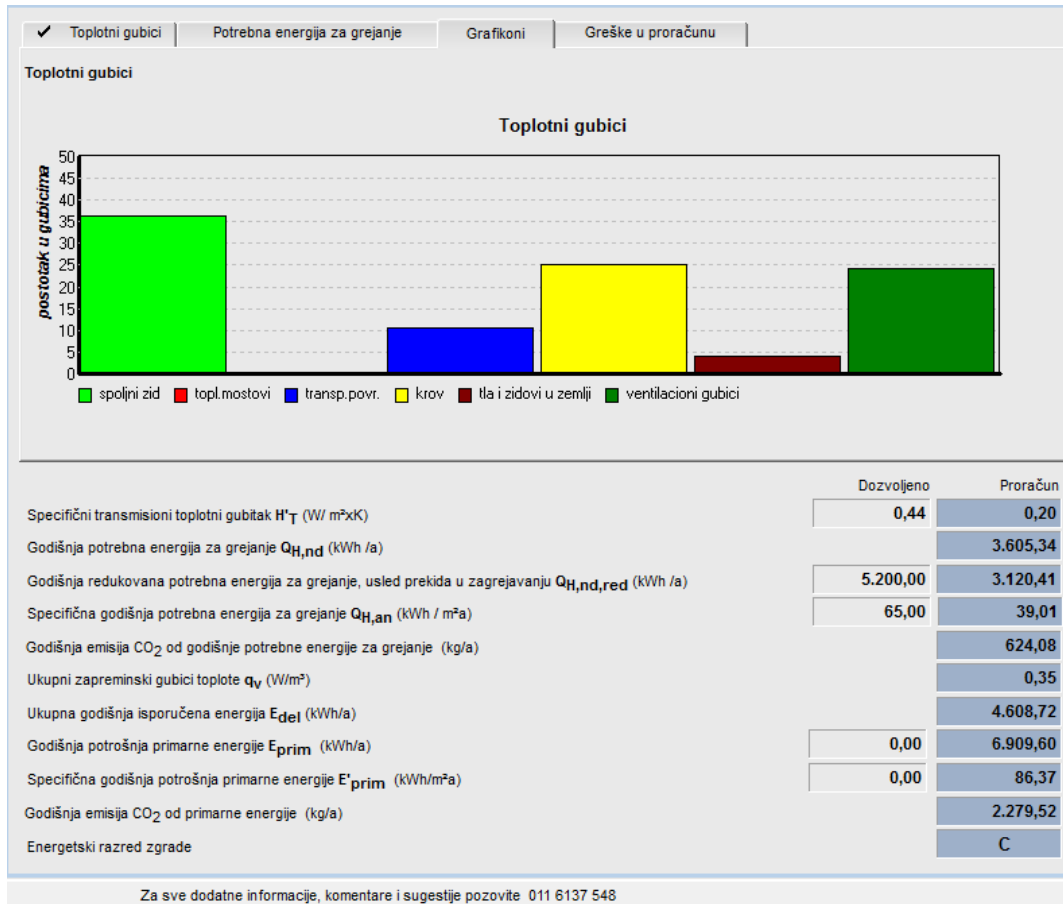
Резултати прорачуна приказани су на слици 21. У доњем делу слике стоје информације чија се вредност проверава према Правилнику и од којих је већина битна за класификацију објекта у неки енергетски разред: специфични трансмисиони губитак H'_t , годишња потребна енергија за грејање $Q_{H,nd}$, специфична годишња потребна енергија за грејање $Q_{H,an}$, укупни запремински губици топлоте q_v , укупна годишња испоручена енергија E_{del} , годишња потрошња примарне енергије E_{prim} , годишња емисија CO_2 од примарне енергије итд. Са слике 21, можемо прочитати да је годишња редукована потребна енергија за грејање 3120 [kWh], коју је програм израчунао на основу обрасца 22, [7].

Rezultati proračuna			
✓ Toplotni gubici	Potrebna energija za grejanje	Grafikoni	Greške u proračunu
Površina omotača zgrade A (m ²)			343,57
Grejana zapremina zgrade V_e (m ³)			271,00
Korisna površina zgrade A_f (m ²)			80,00
Faktor oblika zgrade f_o (m ⁻¹)			1,27
Udeo transparentnih površina u površini omotača zgrade (%)			2,34
Koeficijent toplotnog gubitka kroz omotač zgrade L_D (W/K)			64,59
Koeficijent toplotnog gubitka kroz tlo L_S (W/K)			4,28
Koeficijent transmisionog gubitka toplote $H_T = L_D + L_S$ (W/K)			68,87
Koeficijent ventilacionog gubitka toplote H_V (W/K)			26,40
Ukupni koeficijent toplotnog gubitka $H = H_T + H_V$ (W/K)			95,27
Faktor redukcije u zagrevanju $\alpha_{H,red}$			0,865
Specifični transmisioni toplotni gubitak H'_T (W/ m ² ·K)	Dozvoljeno 0,44	Proračun 0,20	
Godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,nd}$ (kWh /a)			3.605,34
Godišnja redukovana potrebna energija za grejanje, usled prekida u zagrevanju $Q_{H,nd,red}$ (kWh /a)	5.200,00	3.120,41	
Specifična godišnja potrebna energija za grejanje $Q_{H,an}$ (kWh / m ² ·a)	65,00	39,01	
Godišnja emisija CO ₂ od godišnje potrebne energije za grejanje (kg/a)			624,08
Ukupni zapreminski gubici toplote q_v (W/m ³)			0,35
Ukupna godišnja isporučena energija E_{del} (kWh/a)			4.608,72
Godišnja potrošnja primarne energije E_{prim} (kWh/a)	0,00		6.909,60
Specifična godišnja potrošnja primarne energije E'_{prim} (kWh/m ² ·a)	0,00		86,37
Godišnja emisija CO ₂ od primarne energije (kg/a)			2.279,52
Energetski razred zgrade			C

Слика 21. Резултати прорачуна-топлотни губици

У горњем делу прозора ТОПЛОТНИ ГУБИЦИ налази се преглед геометријских карактеристика објекта: површина термичког омотача, грејана запремина зграде, корисна површина и фактор облика. Такође стоји и податак о уделу транспарентних површина у укупном термичком омотачу на основу кога се одређује максимални специфични трансмисиони губитак H'_t . Ту се такође приказују и коефицијенти трансмисионог и вентилационог губитка топлоте, као и информација о фактору редукције у загревању $\alpha(H,red)$, за случај прекида приликом загревања.

У горњем делу прозора ГРАФИКОНИ, је графички приказан удео у годишњој потрошњи енергије појединих компонената: спољни зидови, кров, тла и зидови у земљи, транспарентне површине, топлотни мостови (линијски губици) и вентилациони губици, слика 22.



Слика 22. Графички приказ

Према слици 22, закључујемо да највеће губитке топлоте имају спољашњи зидови.

5.11. Енергетски разред зграде

Енергетски разред за стамбене зграде одређује се на основу максималне дозвољене годишње потребне финалне енергије за грејање [kWh/m^2a], која је дефинисана прописом којим се уређују енергетска својства зграда, и то посебно за нове и постојеће зграде, [7].

Енергетски разред зграде је показатељ енергетских својстава зграде. Изражен је преко релативне вредности годишње потрошње финалне енергије за грејање [%], и представља процентуални однос специфичне годишње потребне топлоте за грејање $Q_{H,nd}$, [kWh/m^2a] и максимално дозвољене $Q_{H,nd,max}$ [kWh/m^2a] за одређену категорију зграда:

$$Q_{H,nd,rel} = \left(\frac{Q_{H,nd}}{Q_{H,nd,max}} \right) \cdot 100\% \quad (25)$$

Годишња потребна енергија за грејање на основу слике 22, износи $39 [kWh/m^2a]$. Енергетски разред зграде за коју се вршио прорачун је Ц. То значи да је $Q_{H,nd,rel} \leq 100 \%$, док је $Q_{H,nd} \leq 65 [kWh/m^2a]$, табела 14. Скала ознака има распон од А+, која показује нулту нето енергетску карактеристику, све до Ф, која показује незадовољавајуће карактеристике.

Табела 14. Енергетски разреди за стамбене зграде

Зграде са једним станом		Нове	Постојеће
Енергетски разред	$Q_{H,nd,rel}$ [%]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]	$Q_{H,nd}$ [kWh/m ² a]
А+	≤15	≤10	≤12
А	≤25	≤17	≤20
Б	≤50	≤33	≤38
Ц	≤100	≤65	≤75
Д	≤150	≤98	≤113
Е	≤200	≤130	≤150
Ф	≤250	≤163	≤188
Г	>250	>163	>188

6. Обновљива енергија

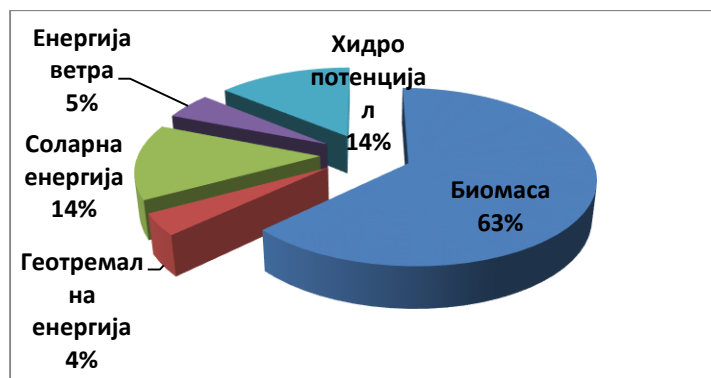
Коришћењем обновљиве енергије тј. соларне енергије смањиће се потрошња електричне енергије из мреже уз употребу фотонапонских панела. У неким тренуцима електрична енергија узимаће се из мреже, а у неким слаће се у мрежу. На годишњем нивоу, електрична енергија која се шаље у мрежу мора бити већа од електричне енергије која се у неким периодима узима из електро-мреже, да би задовољила потрошњу енергије за грејање коју објекат тј. кућа не производи, већ се користи природни гас. Тим билансом остварујемо нето нулти енергетски статус зграде. Такође, постављањем соларних колектора у циљу загревање санитарне топле воде, задовољила би се готово целокупна потреба једног домаћинства за енергијом, без скоро икаквог утицаја на животну средину.

Уз помоћ програма Грађевинска физика одређена је потребна количина енергије за грејање, без узимања у обзир унутрашње добитке. Сваки електрични уређај емитује одређену количину топлоте, такође расвета и сами људи који се налазе у просторији, тако да је потребно узети у обзир ту енергију при коначном прорачуну. Програм EnergyPlus, нам омогућава дефинисање ових параметара, где се уз помоћ тих добитака енергије смањује потрошња енергије за грејање односно природног гаса.

6.1. Соларна енергија

Енергија сунца представља један од најзначајнијих обновљивих извора енергије, оних чија се продукција енергије може одвијати истом брзином којом се троши. У групу обновљивих извора енергије сврставају се: енергија Сунца, ветра, биомасе, малих хидроелектрана, геотермална енергија. Постоје још неки видови обновљивих извора енергије, али су они за сада далеко од економске исплативости (енергија плиме и осеке, енергија таласа).

Технички искористив енергетски потенцијал наведених ОИЕ у Републици Србији, веома је значајан и процењен је на преко 4,3 милиона тона еквивалентне нафте (тое) годишње - од чега се око 2,7 милиона тое годишње налази у искоришћењу биомасе, 0,6 милиона тое годишње у неискоришћеном хидропотенцијалу, 0,2 милиона тое годишње у постојећим геотермалним изворима, 0,2 милиона тое годишње у енергији ветра и 0,6 милиона тое годишње у искоришћењу сунчевог зрачења, слика 23, [9].



Слика 23. Технички искористив енергетски потенцијал ОИЕ у Републици Србији

Велики број истраживачких сателита (НОАА-9, НОАА-10, НИМБУС-7, ЕРБС, УАРС, СММ) прикупља податке о Сунчевом зрачењу на површини Земљине атмосфере. Средњи топлотни флуks Сунчевог зрачења на површине Земљине атмосфере (екстратерестријално зрачење) назива се соларном константом и износи $I_s = 1367 \text{ [W/m}^2\text{]}$. Када Сунчево зрачење доспе на Земљину површину (терестријално зрачење) због присуства троатомних гасова у атмосфери, аеросола, као и ефеката расипања светлости (Rayleigh-ово расипање подразумева ефекат расипања електромагнетних таласа при наиласку на честице које су мање од таласних дужина истих; ефекат је нарочито присутан у гасним срединама; плава боја ведрога неба се објашњава овим ефектом) долази до смањења енергије зрачења, као и до недостатака појединих таласних дужина (карактеристика апсорпције зрачења у гасним срединама).

На слици 25, приказан је Сунчев спектар на нивоу мора (терестријално зрачење). Основни троатомни гасови који апсорбују поједине таласне дужине Сунчевог спектра су O_3 , H_2O и CO_2 . Посебно је значајна активност озона у области апсорпције ултравиолетног спектра (кисеоника такође). Максимум терестријалног зрачења припада таласним дужинама око 0,5 микрометара. Преко 90% укупно дозрачене енергије са Сунца на површини Земље припада таласним дужинама од 0,3 до 1,5 микрометара. Од соларне константе колико износи екстратерестријално зрачење $1367 \text{ [W/m}^2\text{]}$ до Земље у идеалном случају стиже $1120 \text{ [W/m}^2\text{]}$ (директно + дифузно Сунчево зрачење), реално и знатно мање, [9].



Слика 25. Терестријални Сунчев спектар

Количина Сунчевог зрачења на Земљиној површини зависи од много фактора: географске ширине места, годишњег доба, доба дана, чистоће атмосфере, облачности, оријентације и нагиба површине. Овај податак је веома битан јер се преко њега врши прорачун исплативости уређаја који користе Сунчево зрачење. Просечно Сунчево зрачење, на годишњем нивоу на јединичну хоризонталну површину, назива се годишња

инсолација (или само инсолација) и веома је важан метеоролошки податак за посматрану локацију на Земљи.

Просечна годишња инсолација у Европи износи $1096 [kWh/m^2]$. Земље смештене на југу Европе имају највише инсолације. У Србији (у оквиру бивше СФРЈ) је у оквиру СХМЗ до 1987. године радио Републички центар за Сунчеву радијацију (почев од 1957.). Како после његовог укидања, у Србији не постоје поуздани, систематски сређени подаци о инсолацији, меродавни подаци су они мерени до 1987. После анализе тих података, може се закључити да се просечна годишња инсолација у Србији креће око $1400 [kWh/m^2]$, а просечна дневна око $3,8 [kWh/m^2]$, [9].

У табели 15, представљене су средње дневне суме енергије глобалног Сунчевог зрачења на хоризонталну површину за нека места у Србији. Можемо приметити да је за Крагујевац $3,97 [kWh/m^2]$.

Табела 15. Средња дневна (по месецима) и годишња инсолација у $[kWh/m^2]$, за поједине градове и места у Србији.

Место у Србији	Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Септ.	Окт.	Нов.	Дец.	Годишње	Средња дневна
Београд	1.4	2.2	3.35	4.85	6	6.45	6.75	6	4.65	3.05	1.6	1.15	1446.8	3.96
Вршац	1	2	3.35	4.4	6	6.4	6.55	6.35	4.6	3	1.55	1	1424.75	3.9
Палић	1.3	2.1	3.45	5	6.15	6.25	6.35	5.85	4.3	2.85	1.4	1.15	1407.4	3.85
Нови Сад	1.45	2.35	3.2	4.65	5.8	6.2	6.35	5.75	4.4	2.9	1.45	1.2	1392.64	3.82
Ниш	1.75	2.6	3.45	5	6.1	6.35	6.7	6.15	5.35	3.45	1.85	1.5	1531.4	4.2
Куршумлија	2.15	3	3.6	5.05	5.85	6.05	6.55	6.1	5.3	3.5	2	1.75	1550.5	4.25
Пећ	1.85	2.95	3.7	4.85	5.95	6.15	6.75	6.15	4.9	3.65	2.25	1.6	1546.25	4.24
Приштина	1.85	2.9	3.7	5.25	6.3	6.6	6.95	6.3	5.1	3.35	1.9	1.6	1578.25	4.32
Врање	1.7	2.7	3.65	5.15	6.15	6.4	6.5	6.35	5.25	3.45	1.85	1.5	1543.4	4.23
Лозница	1.5	2.3	3.05	4.35	5.3	5.75	6.15	5.6	4.3	2.8	1.45	1.2	1333.5	3.65
Крагујевац	1.5	2.4	3.35	4.8	5.85	6.1	6.45	5.9	4.85	3.3	1.7	1.3	1447.85	3.97
Неготин	1.35	2.05	3.25	4.85	6.05	6.6	6.95	6.25	4.75	2.9	1.45	1.2	1453.35	3.98
Златибор	1.5	2.3	3.1	4.35	5.1	5.65	5.9	5.35	4.3	2.75	1.6	1.3	1316.4	3.61

6.2. Подела соларних система

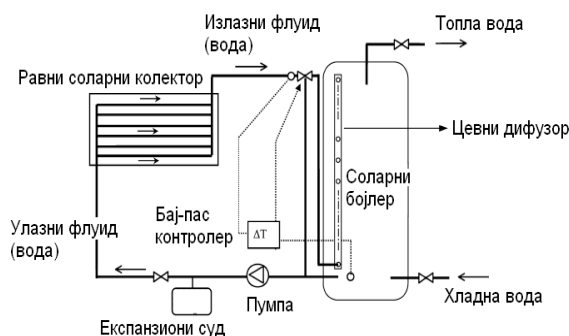
Мноштво је могућности за поделу система за коришћење Сунчеве енергије. Потребно је прво разликовати соларне системе од пријемника Сунчеве енергије. Соларни системи представљају заокружене инсталације за дефинисани вид коришћења соларне енергије, [9]. Разликују се:

- Пасивни и
- Активни соларни системи

Пасивни соларни системи практично представљају саставни део неког склопа, који није приоритетно намењен искоришћењу соларне енергије. Дobar пример пасивног

соларног система представља Тромбеов зид. Он није ништа друго него део грађевинске структуре објекта, специјално прилагођен да користи и акумулира Сунчеву енергију. Најчешће сам пријемник зрачења (зид) представља и акумулатор топлотне енергије. Различите су конструкције и варијације Тромбеовог зида али је принцип исти. Овај рад није замишљен тако да се детаљно бави проблемима пасивних соларних система.

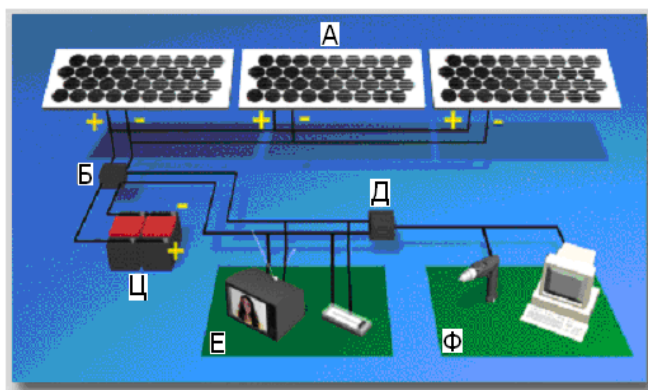
Активни соларни системи имају превасходну улогу коришћења соларне енергије. Обавезан део ових система је пријемник и уједно трансформатор енергије Сунчевог зрачења, а остали делови система зависе од његове намене. Честа примена соларног система је за загревање воде у домаћинствима. На слици 26, је приказан једноставни соларни систем за припрему топле воде у домаћинству.



Слика 26. Соларни систем за припрему топле воде у домаћинству

Поред соларног пријемника (и трансформатора енергије зрачења), који је у овом случају класични равни соларни колектор, саставни делови овог система су соларни бојлер, циркулациона пумпа, експанзиони суд, цевни систем, вентили и јединица за праћење и контролу функционисања система.

Уколико је пријемник соларног система фотонапонска ћелија, ради се о соларним фотонапонским системима за производњу (директним претварањем) и акумулацију електричне енергије, што је приказано на слици 27.



Слика 27. Соларни, фотонапонски систем за производњу и акумулацију електричне енергије

Саставне делове овог система чине:

А – соларни пријемник, фотонапонске ћелије, Б – регулатор пуњења, Ц – акумулатор 12 V, Д – инвертер 12 V DC – 220 V AC 50 Hz, Е – потрошачи једносмерне струје од 12 V, Ф – потрошачи наизменичне струје 220 V.

По начину уградње соларни фотонапонски системи могу бити:

- самостални, издвојени од објекта,
- као део соларне архитектуре, интегрисани у објекат,
- као системи за уградњу на објекат.

6.3. Подела пријемника соларне енергије

Подела пријемника соларне енергије може се, пре свега, извршити према начину трансформације исте, на:

- соларне колекторе,
- хибридне соларне колекторе и
- фотонапонске ћелије.

6.3.1. Соларни колектори

Соларни колектори трансформишу Сунчеву енергију у топлотну, фотонапонске ћелије у електричну, а хибридни соларни колектори трансформацијом производе и топлотну и електричну енергију, [9].

По врсти радног флуида којег користе соларни колектори се деле на:

- водене;
- ваздушне;
- који користе друге течне флуиде (термичка уља).

Према основној конструкцији соларни колектори се могу поделити на :

- равне соларне колекторе и
- концентришуће соларне колекторе.

Према покретљивости панела соларни колектори се деле на колекторе :

- са непокретним панелом и
- покретним панелом, претећи привидно кретање Сунца.

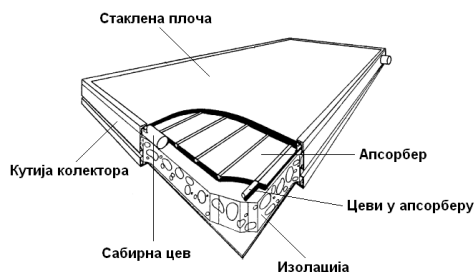
Основне врсте равних, водених соларних колектора чине :

- незастакљени соларни колектори;
- застакљени соларни колектори;
- бојлерски соларни колектори;
- вакумски соларни колектори.

У даљем раду користиће се застакљени соларни колектор равне конструкције са непокретним панелом, који користи воду као радни флуид.

6.3.1.1. Равни, водени, застакљени соларни колектори

Овај тип колектора би се могао назвати класичним. Састоји се од стаклене плоче, апсорбера, изолације и кутије колектора. Цевни систем је интегрисан (спојен) са телом апсорбера на различите конструктивне начине, слика 28, [9].



Слика 28. Равни водени соларни колектор

Принцип функционисања је једноставан. Сунчево зрачење које пада на колектор, пролази својим највећим делом кроз стаклену плочу и апсорбује се, највећим делом, на површини апсорбера. Провођењем кроз апсорбер и конвекцијом у интегрисаним цевима (или каналима) вода преузима топлотну енергију, на одговарајућем температурском нивоу. Што је радна температура виша, виши су и топлотни губици у околину, што се делимично умањује добром изолацијом која се налази у кутији колектора иза апсорберске плоче. Изолација не належе са доње стране на плочу апсорбера, већ постоји додатни изолациони ваздушни слој између њих. Природном, или принудном, циркулацијом вода односи апсорбовану количину топлоте и одржава радну температуру колектора, наравно у условима стационарног зрачења. Равни соларни колектори (FPC) су најкоришћенија врста колектора, која је, такође, најприсутнија на тржишту. Уобичајене радне температуре код ових колектора иду до 100 °C. Код напредних и специјалних конструкција радне температуре могу ићи и до 200 °C, табела 16.

Табела 16. Карактеристике типичних равних водених соларних колектора

Карактеристика	Једноставни FPC	Напредни FPC
Спајање цеви и плоче апсорбера	Коришћењем додатног материјала (лемљење)	Ултрасоничним заваривањем
Превлака апсорбера	Црна мат боја	Хромна селективна превлака
Застакљење	Стакло са ниским садржајем Fe	Стакло са ниским садржајем Fe
Специфични масени проток флуида у тест условима (kg/s·m ²)	0,015	0,015
Оптичка ефикасност (-)	0,79	0,80
Коефицијент K _{gl} (W/m ² K)	6,67	4,78

Месечна потребна енергија за загревање санитарне воде за четворочлано домаћинство за 0,46 m³ дневно од 14°C до 40°C, [10]:

$$Q_{tv} = V \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{tv} - t_{hv}) = m \cdot c \cdot (t_{tv} - t_{hv}) = 466,67 \cdot 4,186 \cdot (40 - 14) = 50790,50 \text{ [kJ]} \quad (26)$$

где је :

c - специфична топлота воде 4186 [J/kgK]

Номинална потребна површина поља пријемника сунчеве енергије:

$$A_{PSE1} = \frac{Q_{tv}}{q_{PSE}} = \frac{50790,50}{3,97 \cdot 3600} = 3,55 \text{ [m}^2\text{]} \quad (27)$$

где је:

q_{PSE} -просечна дневна инсолација, која за град Крагујевац износи 3,97 [kWh/m²]

Како је укупна термичка ефикасност целог система за грејање санитарне воде Сунчевом енергијом мања од тренутне термичке ефикасности пријемника Сунчеве енергије, због топлотних губитака енергије различитих компонената и подсистема (подсистем за дистрибуцију топлоте, подсистем размене топлоте и подсистем употребе санитарне воде), укупна површина поља пријемника мора бити већа. Дакле, површина соларног колектора за грејање санитарне воде је:

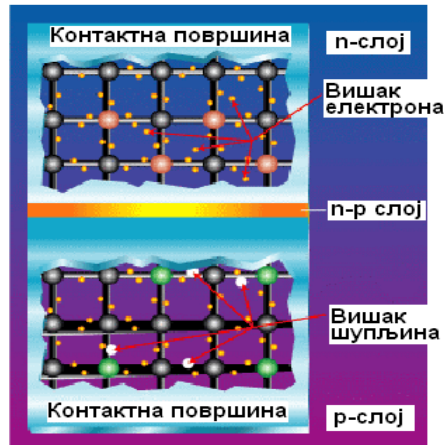
$$A_{PSE1} = 4 \text{ [m}^2\text{]} \quad (27)$$

6.3.2. Фотонапонске ћелије

Фотонапонски ефекат (ефекат појаве напона у материјалу под дејством светлости, или неког другог дела спектра електромагнетног зрачења), открио је Бекерел 1836. године, а суштински развој фотонапонске технологије почиње од 1954. године када Белова лабораторија прави експерименте са модификованим силицијумским материјалом, веома осетљивим на светлост, [9].

Силицијум је најпознатији полупроводнички елемент и други хемијски елемент по распрострањености у природи. Атом Si садржи 14 електрона смештених у три орбите. Прве две су попуњене, док се у трећој налази 4 електрона уместо осам, који би је потпуно попунили. На тај начин силицијум формира кристалну структуру у којој су суседни атоми спојени заједничким електронима у трећој орбити. Уколико се у ову структуру убаци елемент, као што је фосфор (P), који у последњој орбити има, на пример пет електрона (силицијум се "допингује"), један електрон ће остати ван чврсте међуатомске везе, везан слабом везама за сопствено језгро. Овај електрон се лако ослобађа те везе деловањем додатне енергије, каква је енергија фотона електромагнетног зрачења (светлости пре свега) и на тај начин постаје слободан. Овде се ради о n-типу полупроводника.

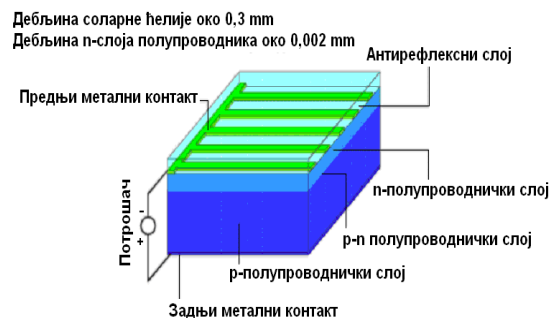
С друге стране, уколико се силицијум допингује елементима који имају три електрона у последњој орбити, као што је бор на пример (B), везе између атома ће имати "шупљине", места непопуњена електронима. На овај начин добија се p-тип полупроводника. Комбинацијом ова два типа полупроводничког материјала, добија се практично и даље електрично неутралан материјал, јер слободни електрони налазе своје место у слободним шупљинама. Међутим, уколико се између n и p слоја постави неутралан раздвајајући слој (p-n слој), што је шематски приказано на слици 29, појавиће се разлика напона на спољним површинама овог полупроводничког "сендвича.



Слика 29. Полупроводнички n и p слојеви, раздвојени p-n слојем

Слој полупроводника n типа је изложен дејству светлости која производи слободне електроне у слоју и тиме ствара разлику потенцијала, горњег и доњег слоја полупроводничког материјала.

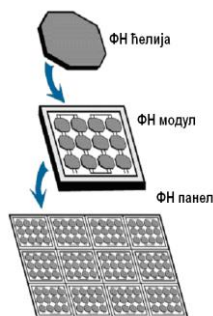
Ово је основни принцип функционисања фотонапонских ћелија (ФН). На слици 30, је приказана принципска шема једне ФН ћелије.



Слика 30. Принцип функционисања фотонапонске ћелије

Поред дефинисаних n, p и p-n полупроводничких слојева, класична фотонапонска ћелија на врху поседује антирефлексни транспарентни слој, затим метални контакт (контактну мрежу) на n слоју, следе три описана полупроводничка слоја и рефлексивна метална плоча-контакт са задње стране ћелије. ФН ћелија се прикључује на одговарајући потрошач и електрично коло је затворено.

Занимљиво је истаћи да просечна дебљина класичне силицијумске ФН ћелије износи само 300 μm , а негативни n слој само 2 μm . Једна класична силицијумска ФН ћелија има димензије 10x10 cm (веома је ретко већа). Како се њен уобичајени радни напон креће око 0,5 V, прибегава се повезивању ових ћелија у соларне ФН модуле и веће панеле, где су ФН ћелије спојене редно, како би се добио уобичајени напон од 12 V (даље је могуће паралелно повезивање у панелу), што је приказано на слици 31. У суштини могуће су све комбинације серијског и паралелног повезивања ћелија. ФН ћелија прикључена на потрошача даје једносмерну струју (DC). Као што је речено у одељку о соларним системима, она се даље инвертером може превести у наизменичну струју одговарајућих карактеристика (AC), [10].



Слика 31. Повезивање ФН ћелија у модуле и панеле

Соларни панел је електрични генератор, састављен од соларних модула и тек он може да обезбеди довољну енергију за напајање уређаја снаге изнад 10 W. Његова конструкција је доста једноставна, а зависи од броја соларних модула и њихове величине, слика 32.



Слика 32. Изглед ФН панела

Носећи рам треба да омогући механичку отпорност на непогоде. Он такође треба да обезбеди лако монтирање и демонтирање соларних модула. Ако је то добра израђено најважнији задатак преостаје да се панел добро оријентише према Сунцу. Да би се соларни панели одржали стално под идеалним углом према Сунчевим зрацима у току дана у циљу постизања оптималног степена деловања Сунчеве енергије, мора се подесити обртање панела у хоризонталној (X) и вертикалној (Y) оси Сунца. То се може постићи помоћу два пара фотоелемената чија су управљачка појачала накнадно прикључена. Фотоелементи са управљачким појачалима укључују серво-монтере, који према интензитету инсолације управљају обртањем соларних панела у X и Y оси. Шема управљања соларним панелом при његовом обртању око хоризонталне и вертикалне осе, [9].

Тренутно 95% фотонапонских ћелија у експлоатацији представљају силицијумске ФН ћелије. Постоје три основна типа силицијумских ФН ћелија:

- монокристалне силицијумске ФН ћелије;
- поликристалне силицијумске ФН ћелије;
- ФН ћелије од аморфног силицијума.

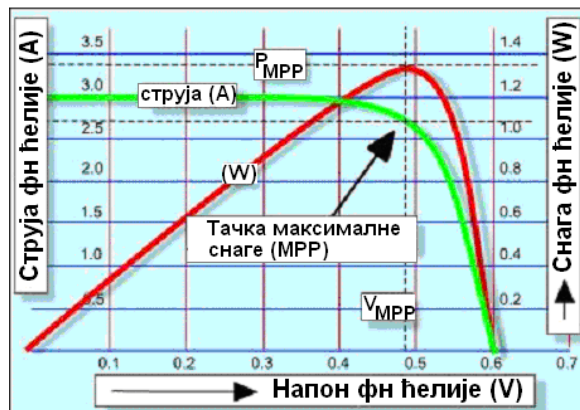
У овом раду користиће се монокристалне силицијумске ФН ћелије.

6.3.2.1. Монокристалне силицијумске ФН ћелије

Код монокристалних ФН ћелија из истопљене масе силицијума се издваја потпуно чист силицијум који кристализује као монокристал, а потом се реже специјалним поступком у веома танке плоче. Оваква ФН ћелија је најквалитетнија и има највећу ефикасност. Ефикасност фотонапонске ћелије, η_{pvc} представља однос снаге трансформисане у електричну енергију (снага ФН ћелије), P_{pvc} и снаге Сунчевог зрачења, I_p које пада на површину исте ћелије, A_{pvc} :

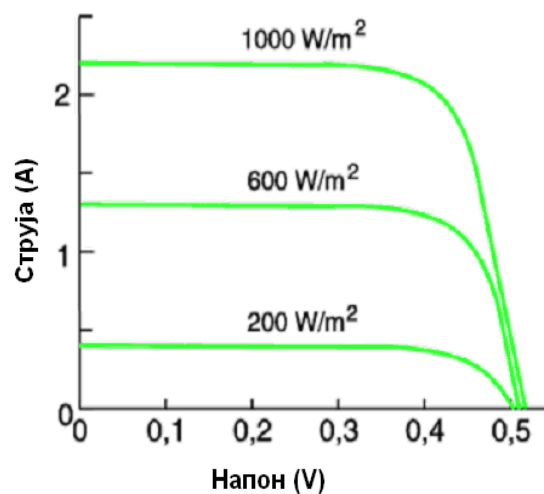
$$\eta_{pvc} = \frac{P_{pvc}}{I_p \cdot A_{pvc}} \quad (28)$$

Када ФН ћелија није везана за потрошача добиће се на њеним крајевима напон отвореног кола, а када је ФН ћелија у електричном колу без отпора добиће се струја кратког споја. На слици 32, приказан је дијаграм снаге класичне силицијумске ФН ћелије (10x10 cm) при стандардним условима ($I_p = 1000 \text{ W/m}^2$, температура ћелије $t_{pvc} = 25^\circ\text{C}$, стандардни спектар), [9].



Слика 32. Дијаграм снаге класичне силицијумске ФН ћелије

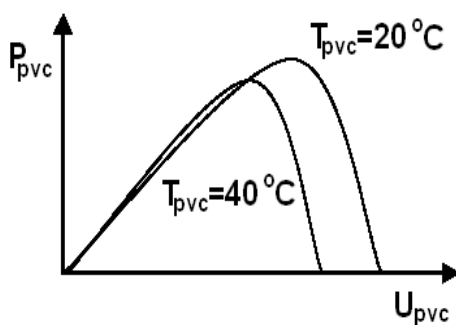
На слици 33, је приказана промена струје и снаге класичне силицијумске ФН ћелије, при различитим интензитетима Сунчевог зрачења, [9].



Слика 33. Зависност снаге класичне силицијумске ФН ћелије од интензитета Сунчевог зрачења (W/m^2)

Може се приметити да напон ФН ћелије веома мало зависи од интензитета Сунчевог зрачења, али зато струја снажно зависи од истог фактора, а тиме и снага ФН ћелије.

Снага ФН ћелије опада са порастом њене температуре. Силицијумска ФН ћелија просечно губи 0,3 до 0,4% своје снаге са порастом температуре њене површине за 1 °C. На слици 34, приказана је принципска промена струје и снаге ФН ћелије у зависности од њене температуре.



Слика 34. Зависност снаге ФН ћелије од њене температуре

6.3.3. Фотонапонски системи

У зимском периоду нема довољно електричне енергије добијене из Сунцеве, док је лети има и сувише. Уједначавање ових разлика врши се укупчавањем соларног генератора електричне енергије у вањску централну мрежу електричне струје и комбиновањем њиховог испоручивања електричне струје за потребе потрошача, [9].

У зимском периоду, када соларни генератор даје око 1/3 потребне електричне енергије, додатни 2/3 добија се из електричне мреже. Као што се види и у том најнеповољнијем периоду за коришћење соларне енергије, уштеди се 1/3 електричне енергије потребне за домаћинства. У летњем периоду соларни генератор потпуно задовољава енергетске потребе и остаје вишак електричне енергије, који се враћа у електричну мрежу. Разумљиво је да се претходно мора обезбедити и соларна енергија за акумулаторе у циљу њеног коришћења у дане кад нема Сунца, [9].

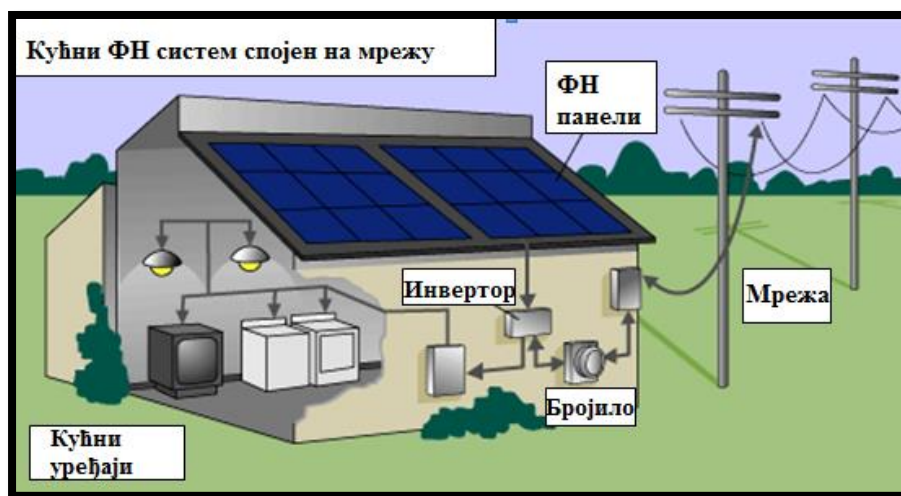
По начину складиштења енергије, соларни фотонапонски системи (ФН системи) се деле на:

- директне самосталне системе, без акумулирања електричне енергије,
- батеријске самосталне системе,
- умрежене системе, повезане и синхронизоване са јавним системом за производњу и дистрибуцију електричне енергије.

Стандардне компоненте фотонапонских система су ФН модули, контролери и регулатори пуњења батерија, акумулатори или батерије, каблови и монтажни системи, као и претварачи једносмерне у наизменичну струју – инвертори (аутономни и мрежни). Једносмерна струја произведена у соларној ћелији или модулу се путем кабла одводи до контролера. Основна функција контролера је да спречи прекомерно пуњење акумулатора, али има и неке друге улоге у зависности од специфичних примена. Уколико акумулатор није потпуно напуњен, струја може слободно да иде ка акумулатору, где се енергија

складишти за каснију употребу. Уколико систем треба да покреће уређаје који раде на наизменичну струју, део ФН система ће бити и инвертори који претварају једносмерну у наизменичну струју.

Уколико је ФН систем везан на електродистрибутивну мрежу, користе се такозвани специјални мрежни инвертори који омогућавају синхронизацију ФН система са мрежом и враћање електричне енергије назад у мрежу. Том приликом мрежа представља медијум за складиштење електричне енергије уместо акумулатора. То представља најраспрострањенију примену ФН система у развијеним земљама данас. ФН системи претварају једносмерну у наизменичну струју и вишак електричне струје убризгавају у дистрибутивну електричну мрежу, док из мреже узимају енергију у току ноћи, када нема сунчеве светлости. Ово је пример рада ФН система повезаних са дистрибутивном мрежом, слика 35.



Слика 35. Кућни мрежни фотонапонски систем

Вишак енергије који се генерише у аутономним ФН системима у току Сунчаних периода сакупља се у акумулаторима, а неке независне операције, као што је на пример директно пумпање воде или покретање других мотора, не захтевају коришћење акумулатора. Вода се пумпа када сија Сунце и директно се складишти у резервоар који се налази на вишем нивоу за касније испумпавање путем дејства гравитације. Овакви системи се употребљавају самостално, дакле нису повезани за електро-дистрибутивну мрежу и често се користе у физички удаљеним областима.

ФН системи повезани са електро-дистрибутивном мрежом представљају један од начина да се изврши децентрализација електричне мреже. Електрична енергија се овим системима генерише ближе локацијама на којима постоји потражња, дакле не само путем термоелектрана, нуклеарних електрана или великих хидроелектрана. Током времена ови системи ће смањити потребу за повећањем капацитета преносних и дистрибутивних водова.

Са оваквим системом корисник има два избора: може продати целокупну произведену електричну енергију локалном дистрибутеру, испоруком преко бројила електричне енергије у мрежу (поготово уколико постоји подстицајна цена електричне енергије произведене из обновљивих извора у статусу повлашћеног произвођача тзв. фид-ин тарифе) или може користити електричну енергију произведену из Сунчевих фотонапонских модула за задовољавање актуелних потреба домаћинства и продају евентуалних вишкова у електричну мрежу.

7. EnergyPlus и Google SketchUp

Софтвер EnergyPlus моделира грејање, хлађење, осветљење, вентилацију, и друге енергетске токове као и водену мрежу у домаћинству. Укључује многе иновативне способности симулације као што су временски размаци мањи од једног сата, аутоматски системи, топлотно балансиране зоне симулације, проток ваздуха кроз све термичке зоне, термичку удобност, коришћење воде, као и природну вентилацију, [11].

EnergyPlus и Google SketchUp имају међусобну комуникацију тако што Google SketchUp геометрију објекта који се симулира у EnergyPlus-у. Уз помоћ програма EnergyPlus са Google SketchUp, извршићемо анализу куће на којој ће бити постављени соларни колектори за грејање санитарне топле воде и фотонапонски панели који служе за добијање електричне енергије. У даљем раду извршиће се и симулација када се фотонапонски панели постављају тако да су интегрисани у објекат, и као системи за уградњу на објекат. Такође, извршиће се анализа централног грејања на природни гас. У раду биће извршена симулација различитих дебљина топлотне изолације.

EnergyPlus узима у обзир све факторе који утичу на топлотна оптерећења у згради, као што су електрични уређаји, осветљење, цеви у згради, сунчево зрачење, ветар, инфилтрација и осенчење. Овај софтвер нам омогућава да симулирамо енергетско понашање стамбене зграде у дефинисаном периоду.

Најпогоднији за анализу система је HTML фајл који табеларно приказује резултате. За графички приказ ових резултата се касније могу користити програмски пакети попут Microsoft Excel-а, OpenOffice Spreadsheet-а.

7.1. Дефинисање геометрије објекта

Пре него што се започне са радом у програму EnergyPlus потребно је дефинисати геометрију објекта помоћу програма Google SketchUp.

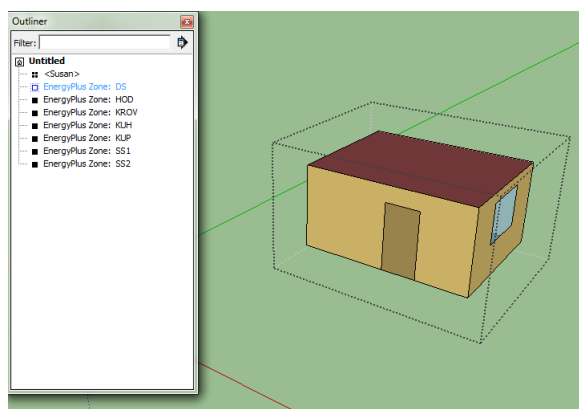
За добијање геометрије потребно је моделирати објекат који се симулира и експортирати га у idf file који EnergyPlus препознаје. Само моделирање објекта се обавља у Google SketchUp-у коришћењем једноставних алата, са тим да се пре одабира алата мора креирати и позиционирати енергетска зона помоћу иконица на слици 36, [12].



Слика 36. Алати за моделирање; Опције за прављење енергетских блокова

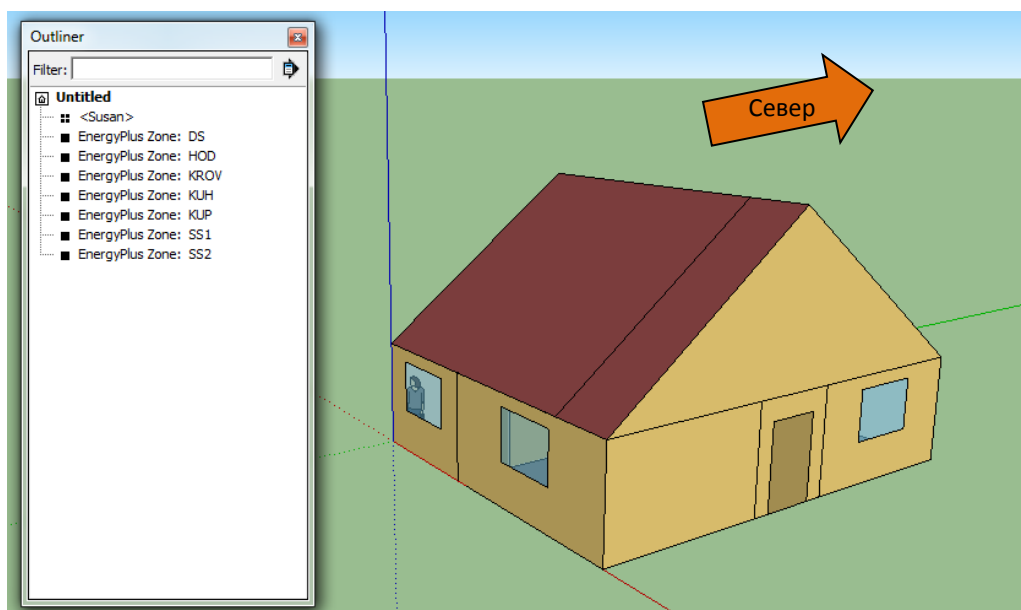
Веза између ова два програма (EnergyPlus, Google SketchUp) је Open (Plug in) који је неопходно инсталирати, без којег не би ни постојало прављење зона у SketchUp-у, па самим тим би било онемогућно комуницирати и рад пребацити у idf file ради даљег коришћења објекта у Energy Plus -у.

Свака просторија објекта се моделира засебно са тим што се води рачуна да се геометрије заједничких површина поклапају међусобно, а свака зона мора поседовати сопствену енергетску зону, слика 37. Такође треба водити рачуна и о распореду унутрашњих отвора и њиховом међусобном поклапању.



Слика 37. Модел DS зоне (DS-дневна соба)

Након израде свих просторија и крова као завршног дела, потребно је изменити имена свих површина које ограничавају просторију, ради лакшег даљег руковања истим. На слици 38, приказан је 3D модел стамбене куће у окружењу Google SketchUp са дефинисаним зонама чија имена представљају: DS-Дневна соба, HOD-Ходник, KROV-Кров, KUH-Кухиња, KUP-Купатило, SS1-Спаваћа соба 1 и SS2-Спаваћа соба 2.

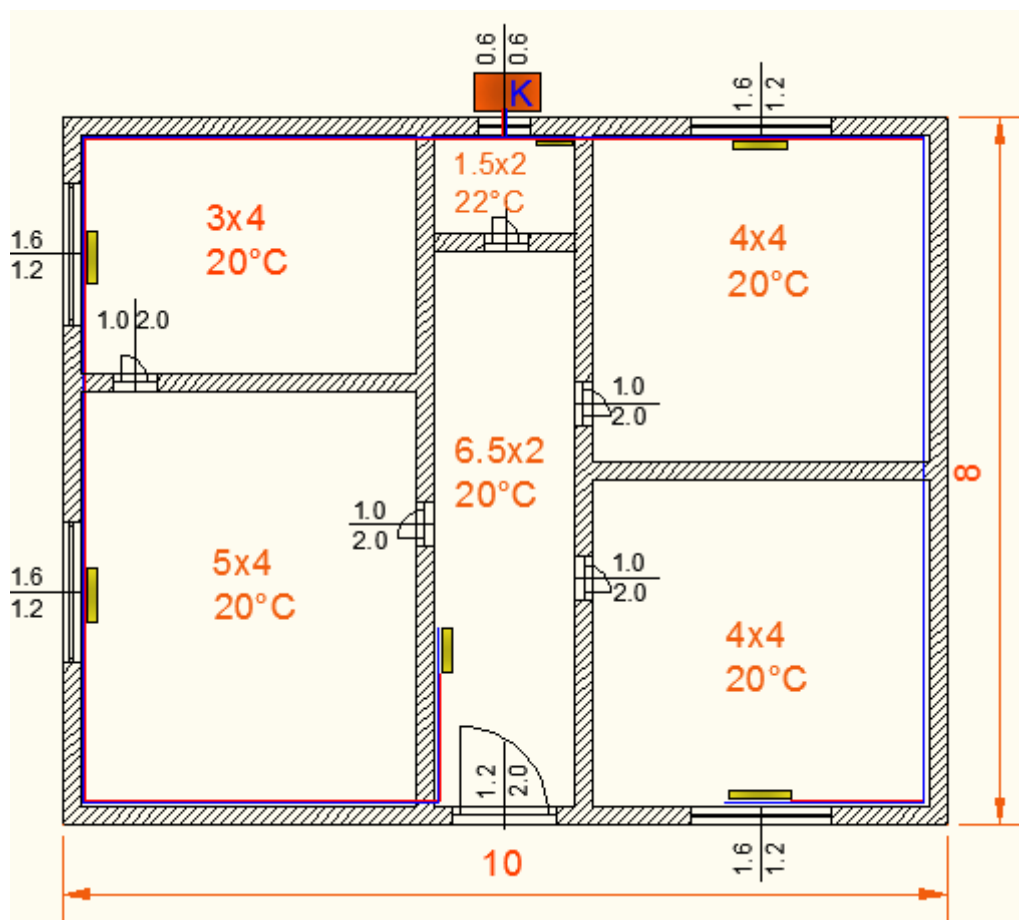


Слика 38. 3D модел стамбеног објекта

На крају се фајл снима односно експортује у IDF формат. Тако добијен IDF фајл олакшава рад у EnergyPlus-у, јер би геометрија објекта морала да се уноси укупцавањем координата свих зона објекта директно у програм, док се у овом случају добија аутоматски.

7.1.1. Физички модел објекта

Објекат је породична стамбена кућа површине $80[m^2]$ намењена за становање једне породице од четири члана. Објекат се састоји из шест просторија а то су: дневна соба, кухиња, две спаваће собе, купатило и ходник. Димензије просторија су дате у табели 17, а максимална висина објекта је $2.5 [m]$. На слици 39, је приказана основа стамбеног објекта са системом за грејање.

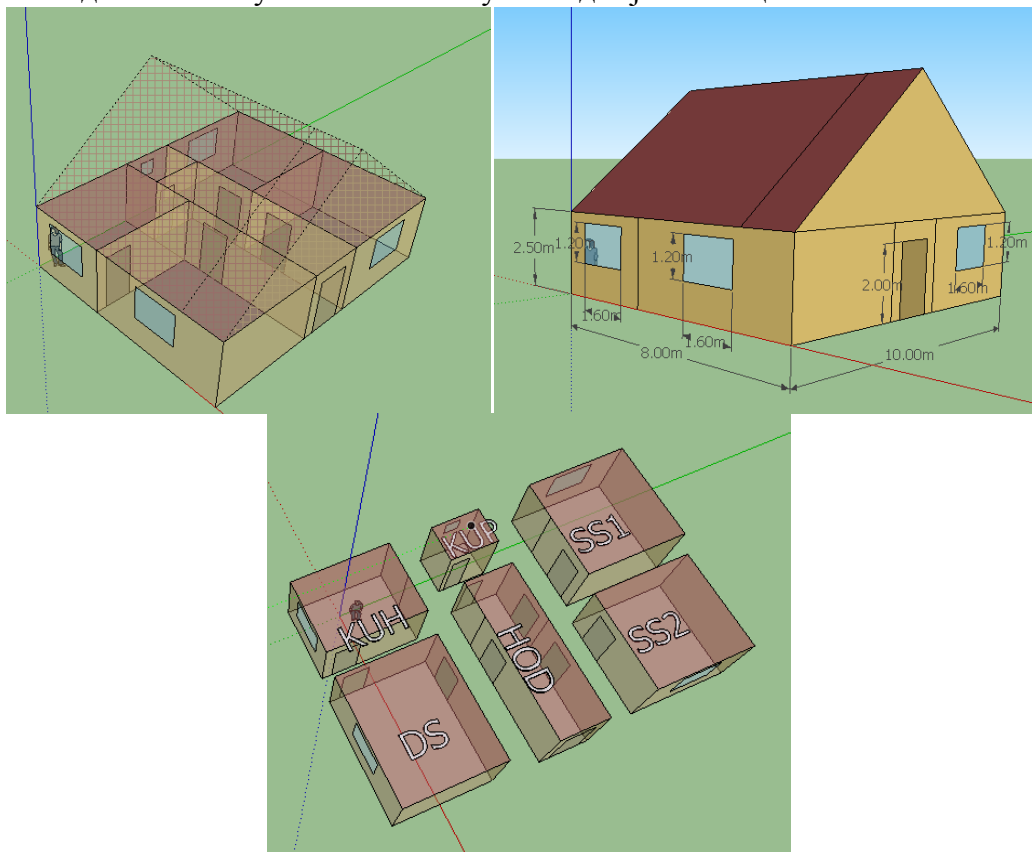


Слика 39. Основа стамбеног објекта са системом за радијаторско грејање

Табела 17. Површине и запремине зона

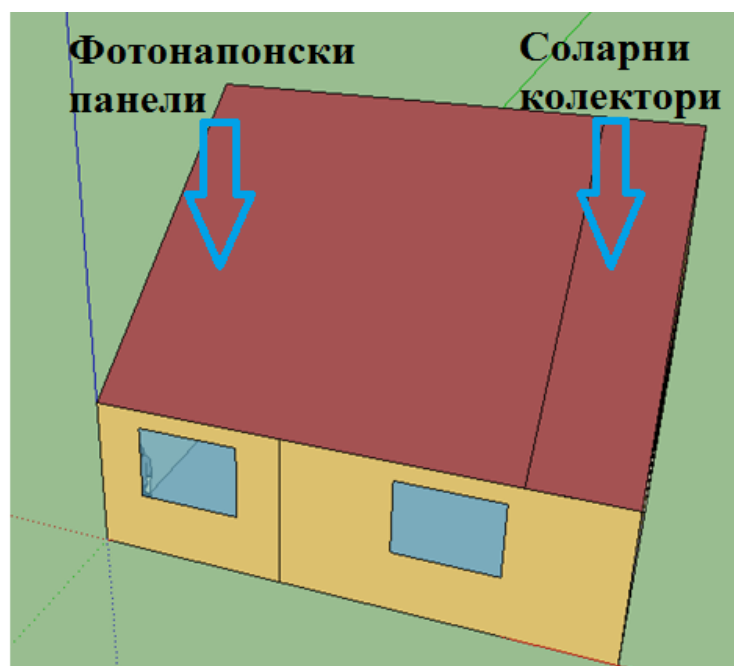
Просторије	Зона	Површина $[m^2]$	Запремина $[m^3]$
Дневна соба	DS	20	50
Кухиња	KUH	12	30
Купатило	KUP	3	7.5
Ходник	HOD	13	32.5
Спаваћа соба 1	SS1	16	40
Спаваћа соба 2	SS2	16	40
Укупно		80	200

Изглед стамбене куће из неколико углова дат је на слици 40.



Слика 40. Изглед објекта

На слици 41, приказан је кров који је окренут ка југу. Програм EnergyPlus захтевао је да се кров подели на два дела, да се на једном делу поставе фотонапонски панели, у овом случају је леви део крова, а да се на другом делу поставе соларни колектори, [12].

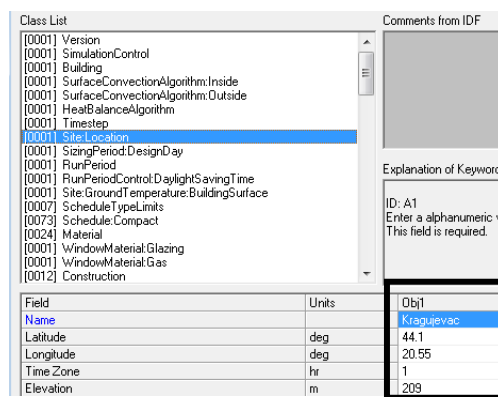


Слика 41. Подела крова који је кренут ка југу

7.2. Подешавање општих параметара у програму EnergyPlus

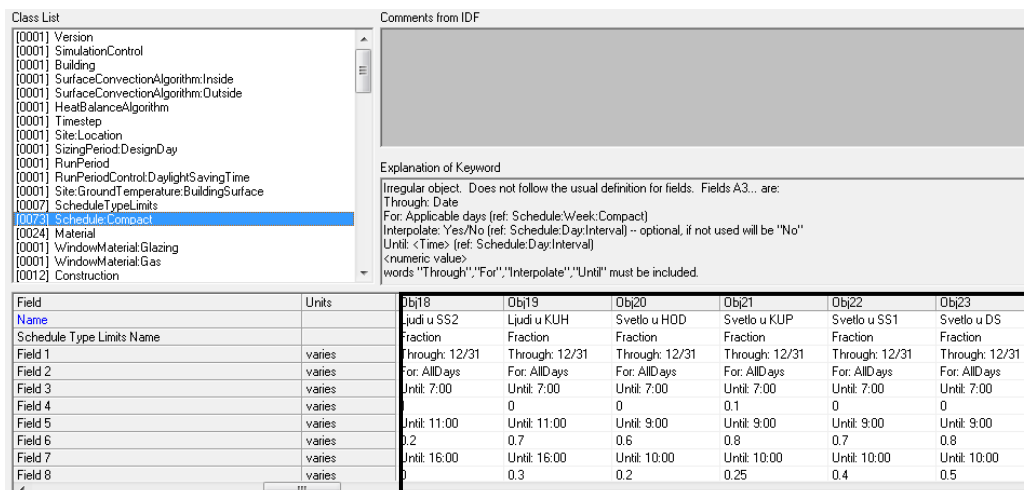
Да би уопште могла да се изврши симулација потребно је пре тога подесити параметре, тј. програму задати одређене релације, команде, ограничења. Отварањем опције ИДФ Едитор у главном менију, добија се списак свих група параметара. У зависности од тога шта се симулира бирају се групе параметара које се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

Site:Location- односи се на локацију објекта, поред имена локације треба унети географску ширину и дужину, временску зону и надморску висину. Самим уносом Weather file-а аутоматски добијамо ове параметре, [12].



Слика 42. Подаци везани за локацију објекта

Schedule:Compact- Одређивање распореда је један од најбитнијих фактора који се никако не сме заобићи. Наиме ради се о распореду покретања појединих функција у односу на временски период који корисник задаје на основу претпоставки или искуства. При вршењу прорачуна програм мора да зна шта се дешава у објекту за сваки тренутак у току 24 часа. Задати су распореди за присуство људи, контролу осветљења, контролу електричне опреме, грејања, термостата, вентилације и активирања саме симулације. Типове који су споменути се сада бирају у зависности од потребе.



Слика 43. Распореди

Мастер рад

Транспарентне и нетранспарентне површине и њихове карактеристике које су убачене у овом програму индентичне су површинама које су дефинисане у програму Грађевинска физика, тако да је о томе више речи у делу рада где је описан програм Грађевинска физика.

People- Овај део представља унутрашње добитке. У свакој од просторија треба одредити колико људи борави у току дана. Уписује се максималан број људи за ту просторију а потом се задаје распоред који је претходно направљен. На тај начин је познато колико је људи у просторији у сваком тренутку, [12].

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		DS	SS1	HOD	KUP	SS2	KUH
Zone or ZoneList Name		DS	SS1	HOD	KUP	SS2	KUH
Number of People Schedule Name		Ljudi u DS	Ljudi u SS1	Ljudi u HOD	Ljudi u KUP	Ljudi u SS2	Ljudi u KUH
Number of People Calculation Method		People	People	People	People	People	People
Number of People		4	2	1	1	2	1
People per Zone Floor Area	person/m2						
Zone Floor Area per Person	m2/person						
Fraction Radiant		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Sensible Heat Fraction		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Activity Level Schedule Name		Office Activity Sche	Office Activity Sche	Office Activity Sche	Office Activity Sche	Office Activity Sche	Office Activity Sche

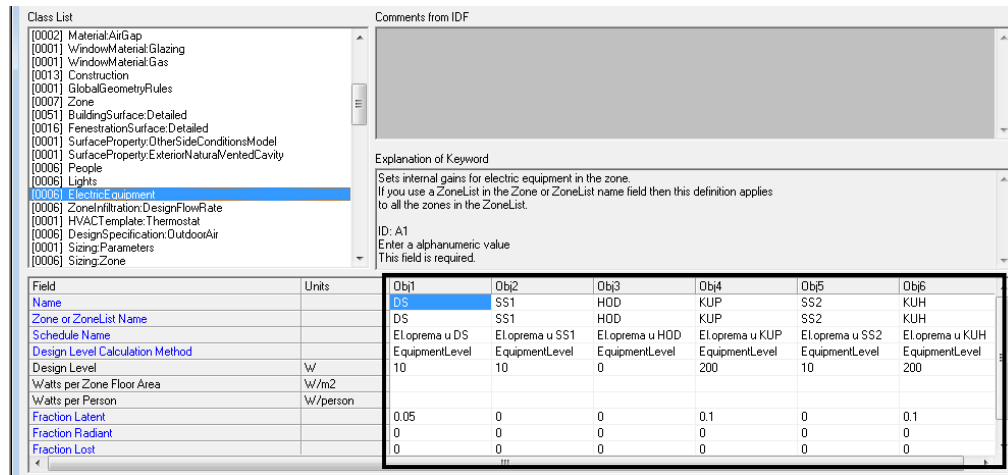
Слика 44. Дефинисање окупираности просторија

Lights-осветљење осим основне намене одаје топлоту коју треба одредити за сваку просторију задавањем инсталиране снаге и додељивањем распореда укључења.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		DS	SS1	HOD	KUP	SS2	KUH
Zone or ZoneList Name		DS	SS1	HOD	KUP	SS2	KUH
Schedule Name		Svetlo u DS	Svetlo u SS1	Svetlo u HOD	Svetlo u KUP	Svetlo u SS2	Svetlo u KUH
Design Level Calculation Method		LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel	LightingLevel
Lighting Level	W	10	5	5	10	10	10
Watts per Zone Floor Area	W/m2						
Watts per Person	W/person						
Return Air Fraction		0	0	0	0	0	0
Fraction Radiant		0.42	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
Fraction Visible		0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18

Слика 45. Дефинисање осветљења по просторијама

ElectricEquipment – дефинише се електрична опрема која знатно више утиче на унутрашњу топлоту. Ту се пре свега мисли на веће потрошаче електричне енергије као што су електрични шпорети, фрижидери...

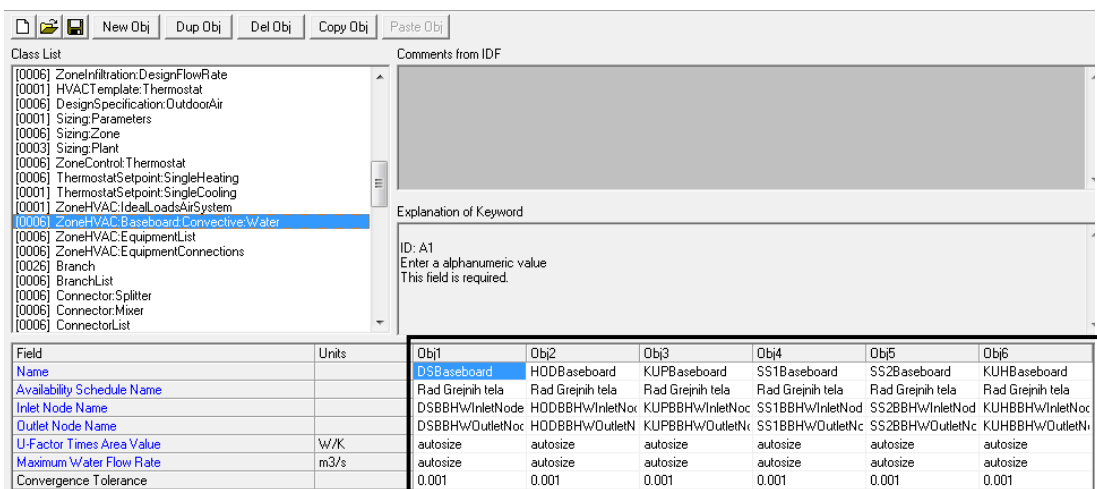


Слика 46. Дефинисање електричне опреме по просторијама

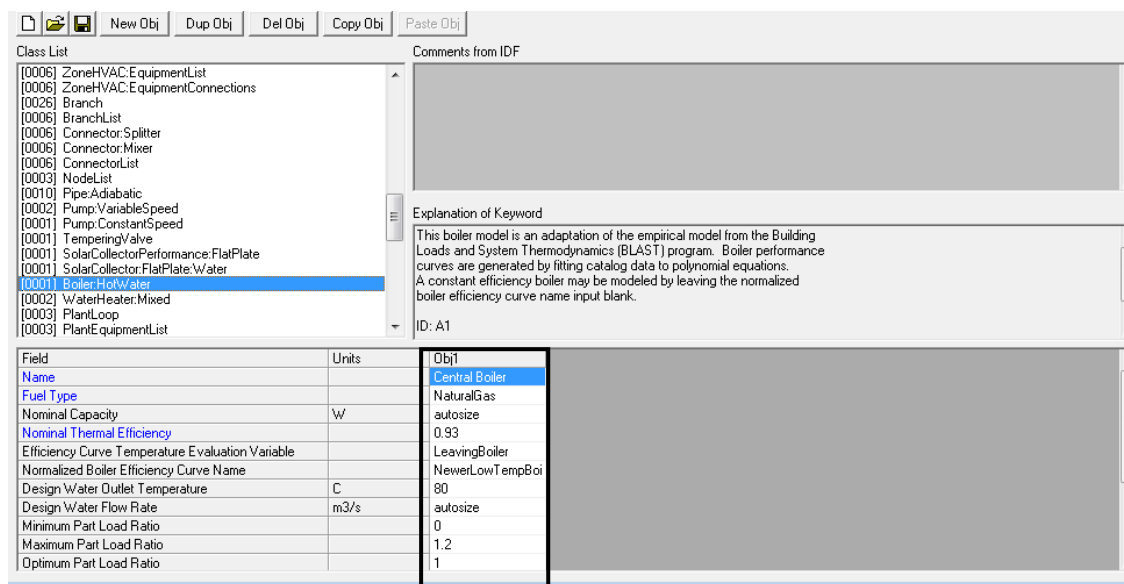
7.3. Подешавање параметара за централни систем грејања на природни гас

Радијаторски систем грејања који је заправо постројење централног грејања и спада у групу пумпом погоњених топлотних грејања. У овим системима топлота се ослобађа на једном централном месту (у котлу) и одатле разводи преко тзв. носиоца топлоте до радијатора. Радијатора може бити више и у једној и у више различитих просторија. По правилу постављају уз спољне (хладне) површине и на тај начин значајно утичу на побољшање услова термичке угодности. Софтвер EnergyPlus сам на основу енергетског понашања објекта дефинише величине ових грејних тела, [12].

Котлови представљају уређаје у којима се врши сагоревањем горива претварање хемијске енергије горива у топлотну енергију. У њима се развијена топлота предаје радном флуиду који служи као преносилац топлоте до места њеног коришћења. Радни флуид је углавном вода или водена пара, а може бити и ваздух. У овом случају као гориво је природни гас, а радни флуид вода. Котао који се примењује за симулацију у програму EnergyPlus-a је EKO-CUP M, [17].



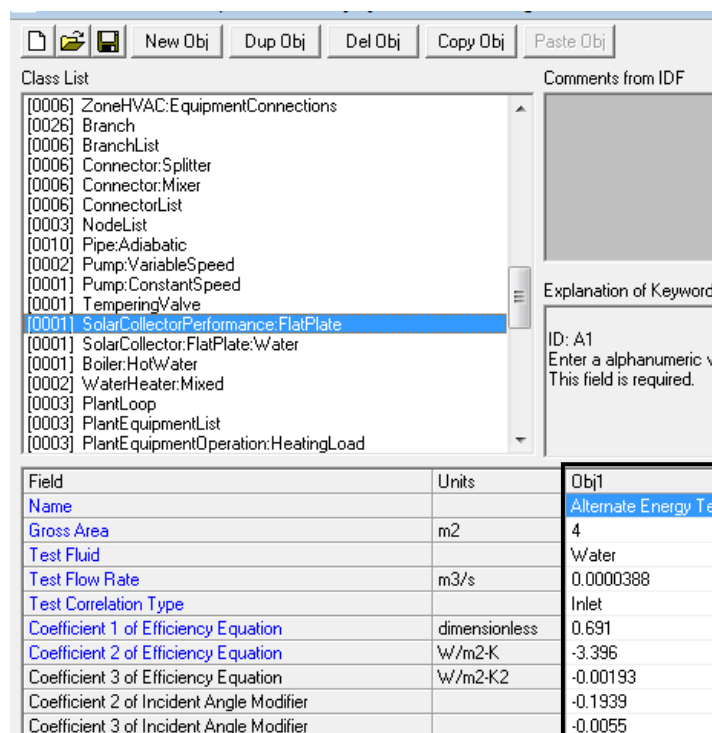
Слика 47. Дефинисање радијатора



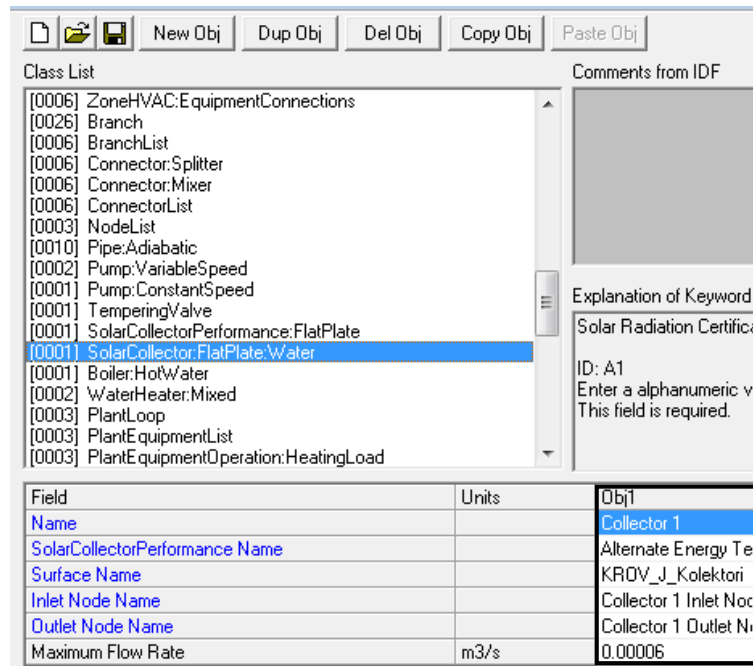
Слика 48. Дефинисање централног грејања, каталог котла

7.4. Подешавање параметара за соларне колекторе

Соларни колектори површине 4 [m²] постављају се на јужној страни крова, користећи воду као радни флуид, [12].



Слика 49. Дефинисање површине соларних колектора

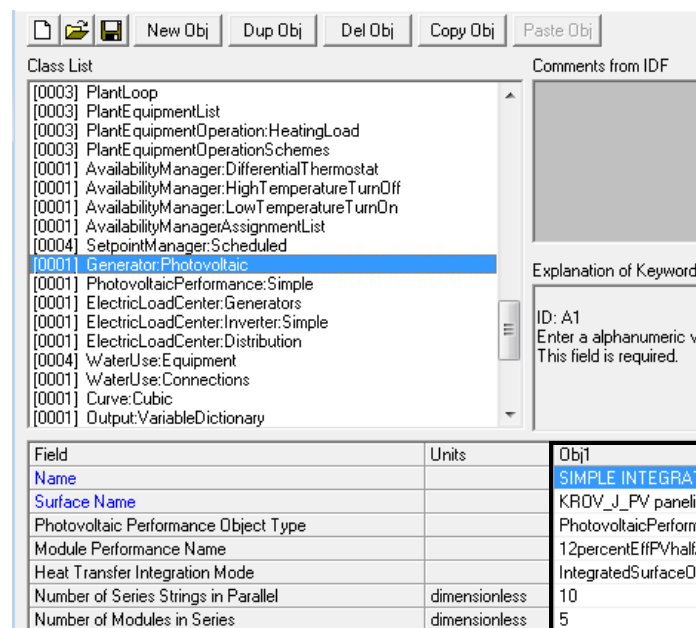


Слика 50. Дефинисање површине крова на којој се постављају соларни колектори, назив површине је KROV_J_Kolektori

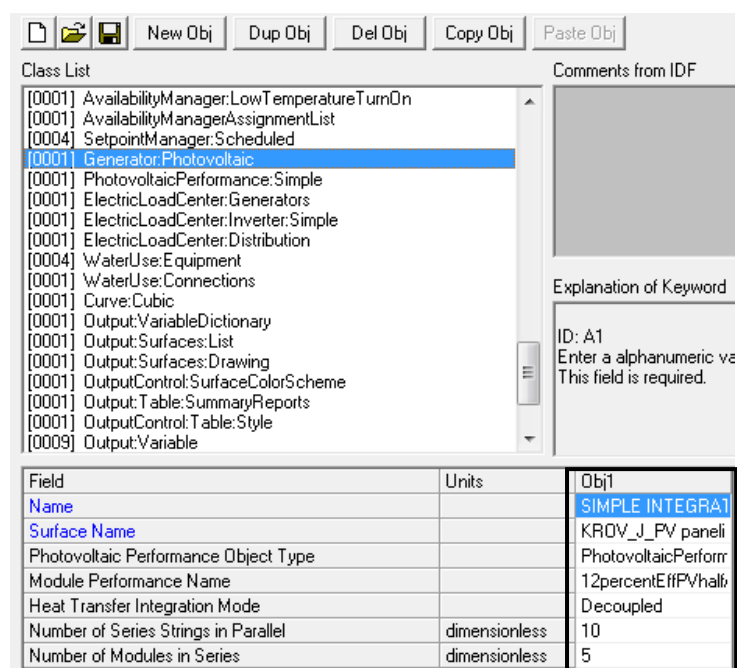
7.5. Подешавање параметара за фотонапонске панеле

- По начину уградње соларни фотонапонски системи могу бити:
- самостални, издвојени од објекта,
 - као део соларне архитектуре, интегрисани у објекат,
 - као системи за уградњу на објекат.

Анализираће се фотонапонски системи интегрисани у објекат тј. када су додатак изолацији крова (слика 51) и као системи за уградњу на објекат (слика 52), [12].

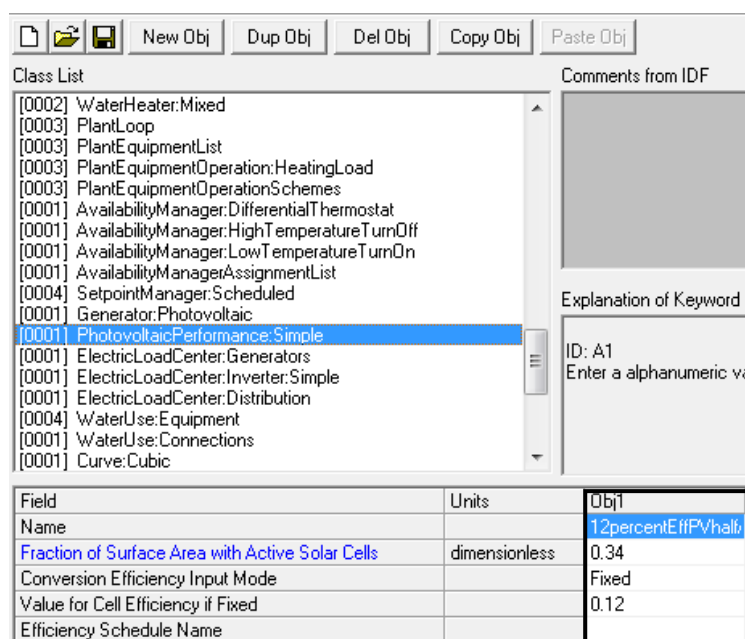


Слика 51. ФН панели интегрисани на површини крова



Слика 52. ФН панели одвојени од конструкције крова

ФН панели заузимају 34 % дела крова који је намењен за њих, односно 14 [m²]. Површина дела крова на којој су постављени ФН панели, назива се KROV_J_PV paneli.



Слика 53. ФН панели заузимају 34 % површине дела крова намењене за њих.

7.6. Симулација

Када су коначно сви параметри одређени може се приступити симулацији. Повратком у главни мени и активирањем дугмета „*Simulate*“ програм започиње са рачунањем.

Уколико се деси да је направљена грешка при задавању геометрије или неког од параметара, програм ће у старту пријавити грешку и направити error филе. Error филе је јако битан и користан, јер је у њему описано колико грешака има и које су. Дат је детаљан опис путање места програма у којој се грешка налази и сугестија на шта треба обратити пажњу. Након тога је потребно наћи и исправити те грешке и поновити симулацију. Уколико су све грешке уклоњене симулирање ће бити успешно, у супротном треба поновити претходни корак док се и последња грешка не исправи. Поред грешака програм може пријавити одређена упозорења, али она не утичу битно на симулацију која ће бити успешно изведена, [12].

Када је све успешно обављено остаје само позабавити се резултатима и могућом калкулацијом. Програм EnergyPlus направио је неколико излазних фајл-ова са различитим подацима прорачуна, као што је HTML, Excel.

8. Резултати и анализе

Укупна енергетска потрошња зграде базирана на сатном оптерећењу укључује потрошњу енергије за грејање зграде, загревање топле воде и за рад осталих уређаја у домаћинству. За задовољавање енергетске потрошње било је потребно одабрати одређени извор енергије који спада у обновљиве изворе енергије, да би се у исто време задовољили и циљеви за нултом потрошњом енергије и смањеном емисијом штетних гасова. За задовољавање потреба грејања изабран је топлотни систем који користи природни гас као гориво. Потребну електричну енергију за рад уређаја у кући, добављаће се из Сунчеве енергије коју апсорбују фотонапонски панели постављени на крову куће и претварају је у електричну енергију.

8.1. Утицај ФН панела на смањење топлотних губитака објекта

Са циљем повећања енергетске ефикасности објекта, у даљем раду испитан је утицај ФН панела на смањење топлотних губитака објекта при чему су панели постављени на јужној страни крова и понашају се као изолатори топлоте тј интегрисани су у конструкцији крова, док уједно служе и за производњу електричне енергије.

На основу података добијених симулацијом добијене су потребне количине енергије у зависности од смањења топлотних губитака објекта при чему се ФН панели понашају и као изолатор и као произвођач електричне енергије чија је производња такође приказана резултатима симулације. Такође је приказано и смањење топлотних губитака објекта.

Фотонапонски систем за уградњу на објекат

Приликом симулације добијени су подаци када се ФН панели налазе на површини крова тј. нису додаток изолацији. Укупно потребна енергија стамбене куће је 3148 [kWh] или 20 [kWh/m²], на основу HTML-а, слика 54.

	Total Energy [kWh]	Energy Per Total Building Area [kWh/m2]	Energy Per Conditioned Building Area [kWh/m2]
Total Site Energy	3147.92	19.67	39.35
Net Site Energy	-433.9	-2.7	-5.4
Total Source Energy	7665.46	47.91	95.82
Net Source Energy	-3678.3	-23.0	-46.0

Слика 54. Потребна енергија зграде

У табели 18 приказани су потрошачи енергије. Као електрични потрошачи у објекту се користе класични уређаји типични за свако домаћинство (шпорет, фрижидер, ТВ, радио, веш машина, замрзивач, микроталасна пећ, пумпе итд.). Укупна потрошња електричне енергије је 2042 [kWh]. За грејање користи се природни гас и његова потрошња је 1106 [kWh].

Мастер рад

Табела 18. Потрошња природног гаса и електричне енергије

Потрошачи	Енергент	
	Електрична енергија [<i>kWh</i>]	Природни гас [<i>kWh</i>]
Грејање		1106
Осветљење	152	
Електрични уређаји	1164	
Пумпе	86	
Водени систем	640	
Укупно	2042	1106

Фотонапонски систем интегрисан у објект

Анализиран је утицај ФН панела као изолатора на смањење топлотних губитака објекта, који се загрева уз помоћ топловодног гасног котла и грејним телима постављеним испод прозора и у близини врата, као местима где су највећи топлотни губици објекта. На слици 55, приказана је укупна потрошња енергије када су ФН панели додаток изолацији дела крова на којој су постављени. Потребна енергија је 3142 [*kWh*] или 20 [*kWh/m²*].

	Total Energy [<i>kWh</i>]	Energy Per Total Building Area [<i>kWh/m²</i>]	Energy Per Conditioned Building Area [<i>kWh/m²</i>]
Total Site Energy	3142.61	19.64	39.28
Net Site Energy	145.24	0.91	1.82
Total Source Energy	7653.94	47.84	95.67
Net Source Energy	-1838.7	-11.5	-23.0

Слика 55. Укупна потрошња енергије

Укупна потрошња електричне енергије у овом случају је 2039 [*kWh*]. Потрошња природног гаса је 1103 [*kWh*], табела 19.

Табела 19. Потрошња природног гаса и електричне енергије

Потрошачи	Енергент	
	Електрична енергија [<i>kWh</i>]	Природни гас [<i>kWh</i>]
Грејање		1103
Осветљење	152	
Електрични уређаји	1164	
Пумпе	84	
Водени систем	639	
Укупно	2039	1103

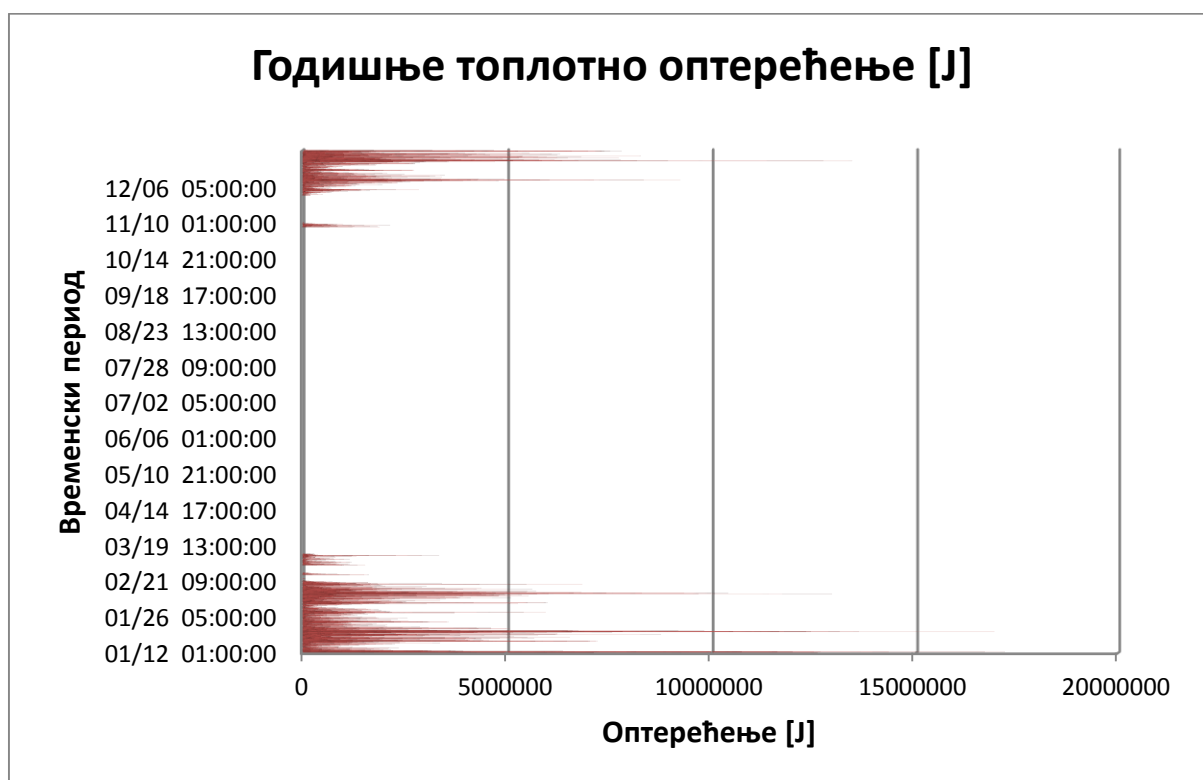
Уштеда енергије је уколико су ФН панели интегрисани на површини крова односно смањење топлотних губитака стамбене куће зависи од начина уградње, јер када су фотонапонски панели додатна изолација, кућа на годишњем новоу има уштеду од 6 [*kWh*].



Слика 56. Енергетски захтев објекта

Прикази потрошње енергије за грејање и потрошње електричне енергије.

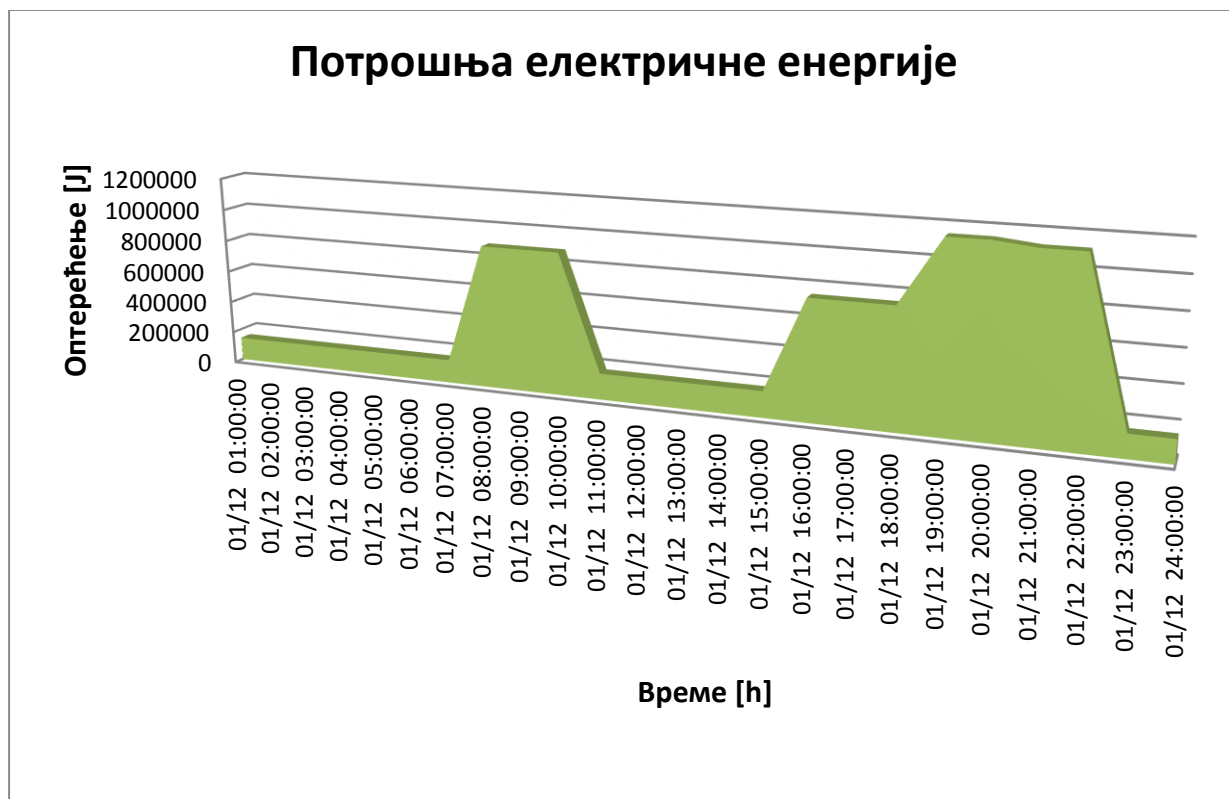
На основу извештаја који нам омогућава опција Spreadsheets из главног менија програма EnergyPlus, очитане су вредности које су дате на сликама 57 и 58.



Слика 57. Годишње топлотно оптерећење

За потрошњу електричне енергије у кући било је потребно одредити број и врсту уређаја који се налазе у поједином стану у згради и снагу сваког уређаја. Потрошња енергије зависиће од паљењу уређаја и времену њиховог коришћења. На основу тих

података и произвољно одабраног броја и врсти уређаја праћена је потрошњу електричне енергије у згради у трајању од 24 сата за радни дан, а резултат је дат на следећој слици.



Слика 58. Дневна потрошња електричне енергије у кући за дан 12. јануар

Потрошња електричне енергије није једнака током дана, као што се види са слике 58. Током ноћи се у згради троши минимално енергије јер људи тада спавају. Користи се минималан број уређаја, већином они који иначе раде цело време (на пример фрижидер). У јутарњим сатима имамо значајан пораст потрошње која током дана варира, али не пуно. Највећа је потрошња у вечерњим сатима.

8.2. Анализа резултата добијене електричне енергије путем ФН панела

На основу података добијених симулацијом на слици 59, приказани су резултати производње електричне енергије уз помоћ ФН панела, на основу извештаја HTML-a. Електрична енергија добијена путем фотонапонских система 2548 [kWh]. Пошто је фотонапонски систем прикључен на електро-мрежу, вишак електричне енергије шаље се локалном дистрибутеру електричне енергије. Вишак у овом случају износи 1852 [kWh]. Међутим, постоје периоди када нема довољно Сунчаног времена, обично током зиме и ноћу, па се за потребе куће електрична енергија узима из мреже, и то 1340 [kWh]. Можемо закључити да је на годишњем нивоу уз помоћ ФН панела произведено 512 [kWh] више електричне енергије него што је потребно.

	Electricity [kWh]	Percent Electricity [%]
Fuel-Fired Power Generation	0.00	0.00
High Temperature Geothermal*	0.00	0.00
Photovoltaic Power	2547.76	125.15
Wind Power	0.00	0.00
Net Decrease in On-Site Storage	0.00	0.00
Total On-Site Electric Sources	2547.76	125.15
Electricity Coming From Utility	1339.98	65.82
Surplus Electricity Going To Utility	1851.90	90.96
Net Electricity From Utility	-511.9	-25.1
Total On-Site and Utility Electric Sources	2035.84	100.00
Total Electricity End Uses	2035.84	100.00

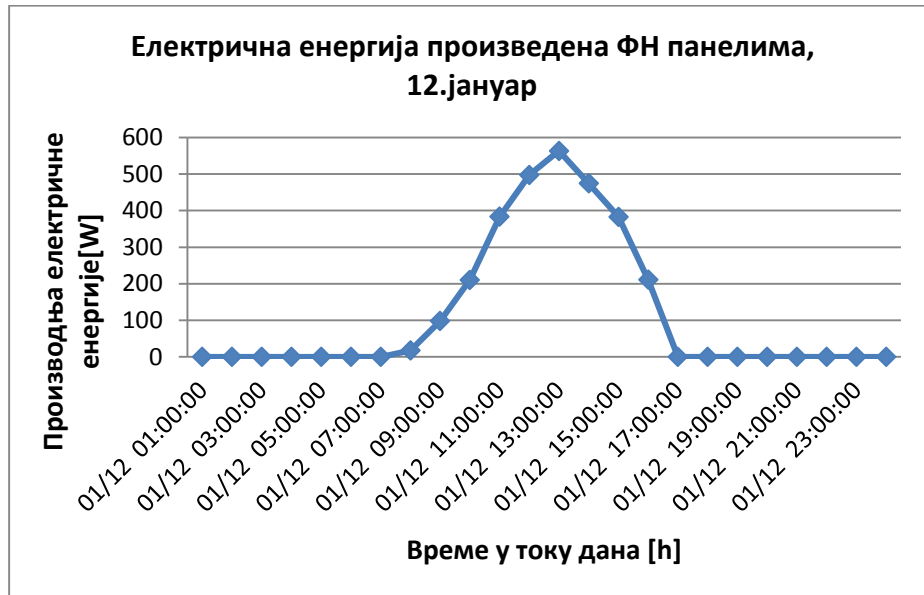
Слика 59. Резултати коришћења ФН панела из HTML-a

Вишак произведене електричне енергије тј. 512 [kWh] подмирује потрошњу природног гаса за грејање, тако што се вишак електричне енергије претвори у примарну енергију уз помоћ фактора претварања који износи 2,5, тако да је примарна енергија 1280 [kWh]. Такође се и потрошња природног гаса претвори у примарну енергију уз помоћ фактора претварања који је 1,1, тако да је примарна енергија 1216 [kWh]. На основу ове калкулације сву енергију коју кућа произведе, она и потроши за сопствене потребе, према томе кућа о којој говоримо је нето нулте потрошње, табела 20.

Табела 20. Израчунавање примарне енергије

Енергент	Примарна енергија [kWh]
Вишак електричне енергије [kWh]	512
Фактор претварања	2,5
Природни гас [kWh]	1106
Фактор претварања	1,1

На слици 60 приказане су вредности произведене електричне енергије за месец јануар, када је ноћ дужа него дан. Као што се види ФН панели производе електричну енергију у периоду од 08-16 [h], док у временском периоду од 17-07 [h], објекат се снабдева електричном енергијом из мреже.



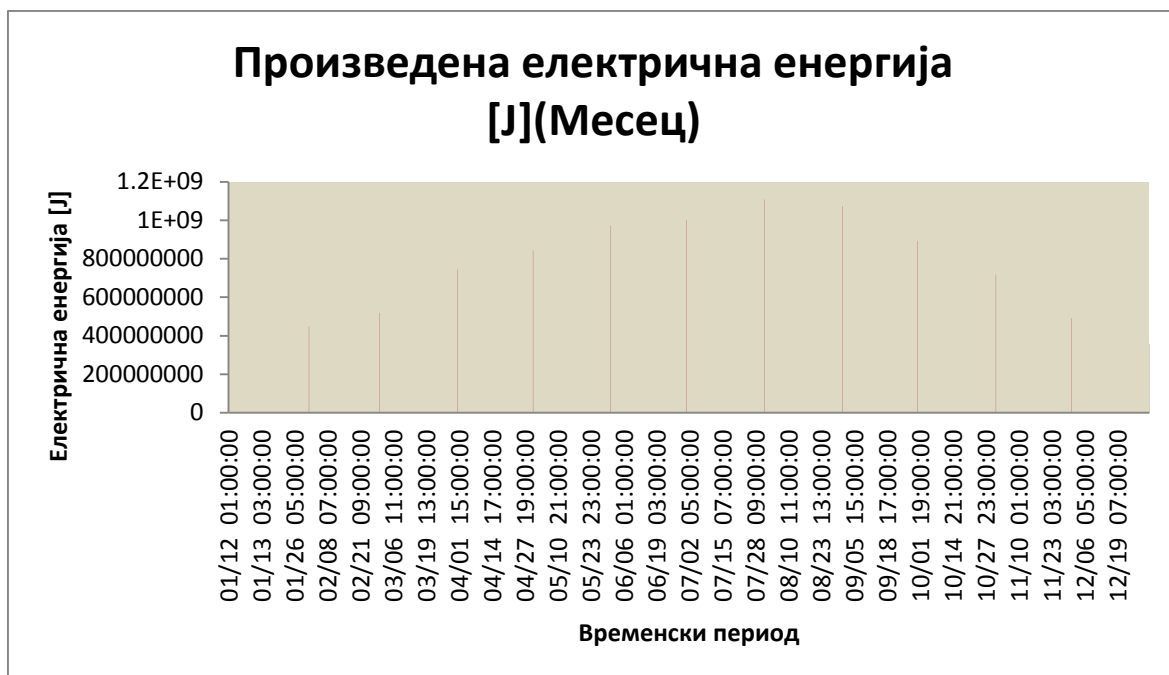
Слика 60. Вредности произведене електричне енергије помоћу ФН панела у зависности од времена

Приказане су снаге ФН панела током лета, нпр. 12. јула, на слици 61. Током лета интервал производње електричне енергије је 05-19 [h] односно повећава се, јер је дан дужи, а ноћ када се електрична енергија узима из мреже краћи.



Слика 61. Вредности произведене електричне енергије помоћу ФН панела у зависности од времена

Вредности произведене и купљене електричне енергије по месецима, слике 62 и 63.



Слика 62. Произведена електрична енергија по месецима



Слика 63. Електрична енергија узета из мреже по месецима

На основу слика 62 и 63, слика 64 представља однос произведене и купљене електричне енергије на годишњем нивоу.



Слика 64. Однос произведене и купљене електричне енергије на годишњем нивоу

На слици 59 дат је извештај из HTML-а, који представља производњу електричне енергије помоћу ФН панела. По њему закључујемо да на годишњем нивоу има вишка произведене електричне енергије него што је потребно, да би задовољио потрошњу природног гаса за грејање односно енергију коју кућа не производи. На основу слике 64, потврђени су резултати из HTML-а, да кућа више производи електричне енергије него што узима из електро - мреже.

8.3. Оријентација објекта за постизање енергетске ефикасности

Како би се постигли строги критеријуми енергетски ефикасне градње објекта, просторије у којима се највише борава треба оријентисати према Сунцу. Према Сунцу се оријентише углавном дневна соба са великим прозорима који пропуштају светлост и топлоту у унутрашњост објекта.

Просторије оријентисане ка југу ће имати добро дневно осветљење и током читаве године имаће добитке од Сунчевог зрачења. Саветује се сађење листопадног дрвећа у простору испред које ће лети штитити од прегревања а зими када лишће опадне, дозвољаваће продор Сунчевих зрака. Југ је погодан за дневни боравак, трпезарију и дечије собе. Просторије оријентисане ка истоку ће имати добро јутарње осветљење и топлотне добитке у том периоду. У летњем периоду им може бити потребна заштита од Сунчевог зрачења како не би дошло до прегревања просторије. Исток је погодна страна света за дневне и спаваће собе, кухиње и трпезарије. Просторије оријентисане ка западу ће имати добро осветљење поподне. Може постојати потреба за заштитом од Сунчевог зрачења да би се избегло прегревање у летњем периоду. Запад је погодан за ходнике и степеништа. Просторије оријентисане ка северу неће имати довољно дневног светла током читаве године и због тога ће имати мале топлотне добитке. Саветује се садња дрвећа у простору испред које ће штитити од хладних ветрова.

Тренутна изолација омотача куће износи 0,15 [m]. За анализу дебљина изолације повећаће се за 0,5 односно биће 0,20 [m]. Извршено је више симулација при чему је топлотна изолација постављена на северној, источној, јужној и западној страни. На сликама 65 и 66, приказани су резултати из HTML-а када се изолација повећа за 0,5. Нова изолација додаваће се прво на северној страни стамбене куће, док је на осталим странама изолација дебљине 0,15 [m], затим на источној итд. Тамо где је потребна енергија за грејање најмања значи да на тој страни омотача куће постоје највећи губици топлоте тј. да је најпре неопходно повећати дебљину изолације на северној страни куће.

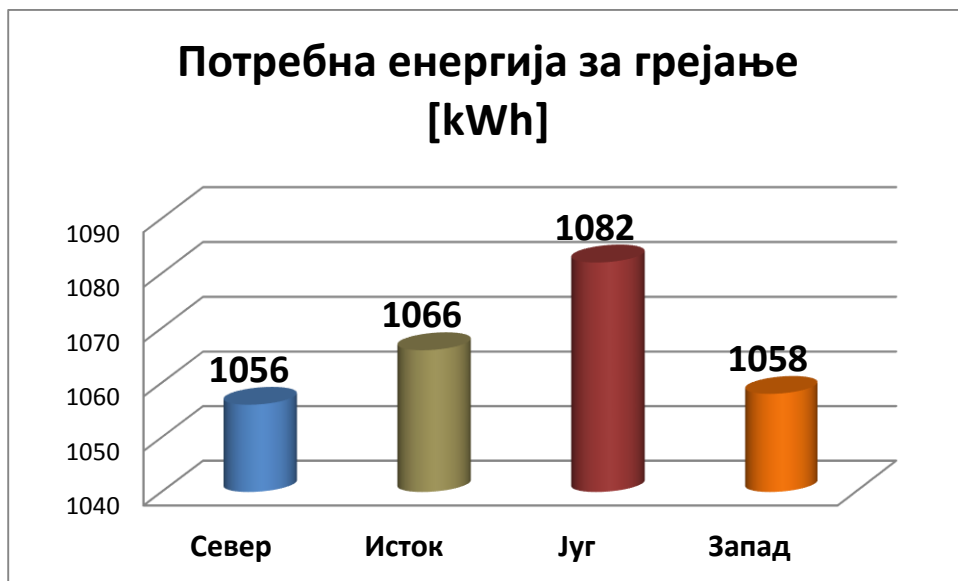
	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]		Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	1056.25	Heating	0.00	1066.83
Cooling	0.00	0.00	Cooling	0.00	0.00
Interior Lighting	151.84	0.00	Interior Lighting	151.84	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	1163.98	0.00	Interior Equipment	1163.98	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	Fans	0.00	0.00
Pumps	83.75	0.00	Pumps	83.28	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	Heat Rejection	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	Humidification	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	Heat Recovery	0.00	0.00
Water Systems	639.34	0.00	Water Systems	639.57	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	Refrigeration	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	Generators	0.00	0.00
Total End Uses	2038.92	1056.25	Total End Uses	2038.68	1066.83

Слика 65. Резултати из HTML-а, када се додатна изолација поставља на северној и источној страни куће

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]		Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	1082.57	Heating	0.00	1058.42
Cooling	0.00	0.00	Cooling	0.00	0.00
Interior Lighting	151.84	0.00	Interior Lighting	151.84	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00	Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	1163.98	0.00	Interior Equipment	1163.98	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00	Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00	Fans	0.00	0.00
Pumps	83.26	0.00	Pumps	83.63	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00	Heat Rejection	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00	Humidification	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00	Heat Recovery	0.00	0.00
Water Systems	639.30	0.00	Water Systems	639.50	0.00
Refrigeration	0.00	0.00	Refrigeration	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00	Generators	0.00	0.00
Total End Uses	2038.39	1082.57	Total End Uses	2038.96	1058.42

Слика 66. Резултати из HTML-а, када се додатна изолација поставља на јужној и западној страни куће

Тренутна потребна енергија за грејање односно потрошња природног гаса, без повећања топлотне изолације износи 1103 [kWh], када су ФН панели интегрисани у објекат. На следећој слици приказане су потребне енергије за грејање када је изолација 0,20 [m].



Слика 67. Потребне енергије за грејање, изолација 0,20 [m]

Може се закључити да се добици услед Сунчевог зрачења не смеју занемаривати који следи из очигледне чињенице да је за грејање објекта мање потребно енергије, када се кући повећа дебљина топлотне изолација на северној страни него на јужној, јер је јужна фасада више изложенија сунчевим зрацима него северна.

Правилна оријентација објекта и просторија је веома битна. Тиме се обезбеђује пријатан боравишни простор, смањује се потрошња електричне енергије за осветљење, као и за климатизацију током летњих месеци и догревање током зиме.

8.4. Енергетски разред

Енергетски разред за стамбене зграде одређује се на основу максималне дозвољене годишње потребне финалне енергије за грејање [kWh/m^2a].

Програм EnergyPlus укључује топлотне добитке од електричних уређаја, од особа које бораве у простору, добитке од осветљења, и да би израчунали потребну енергију за грејање без унутрашњих добитака потребно је избацити параметре који дефинишу електричне уређаје, осветљење, [12]. Са слике 68, закључујемо да је потребна енергија за грејање 3186 [kWh], што одговара и резултатима из програма Грађевинска физика. Грејање се врши од 6 часова ујутру до 22 часа увече, значи са дневним прекидима.

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0.00	3185.94
Cooling	0.00	0.00
Interior Lighting	0.00	0.00
Exterior Lighting	0.00	0.00
Interior Equipment	0.00	0.00
Exterior Equipment	0.00	0.00
Fans	0.00	0.00
Pumps	91.06	0.00
Heat Rejection	0.00	0.00
Humidification	0.00	0.00
Heat Recovery	0.00	0.00
Water Systems	690.39	0.00
Refrigeration	0.00	0.00
Generators	0.00	0.00
Total End Uses	781.45	3185.94

Слика 68. Потребна енергија за грејање

Топлотни захтев по квадратном метру објекта је 39 [kWh/m^2], слика 60. На основу табеле 14, закључујемо да је енергетски разред и у овом случају Ц.

	Electricity Intensity [kWh/m2]	Natural Gas Intensity [kWh/m2]
Lighting	0.00	0.00
HVAC	9.77	38.98
Other	0.00	0.00
Total	9.77	38.98

Слика 69. Енергетски захтеви објекта [kWh/m^2]

8.5. Поређење потрошње енергије и економије примене топловодног грејања у зависности од дебљине изолације објекта

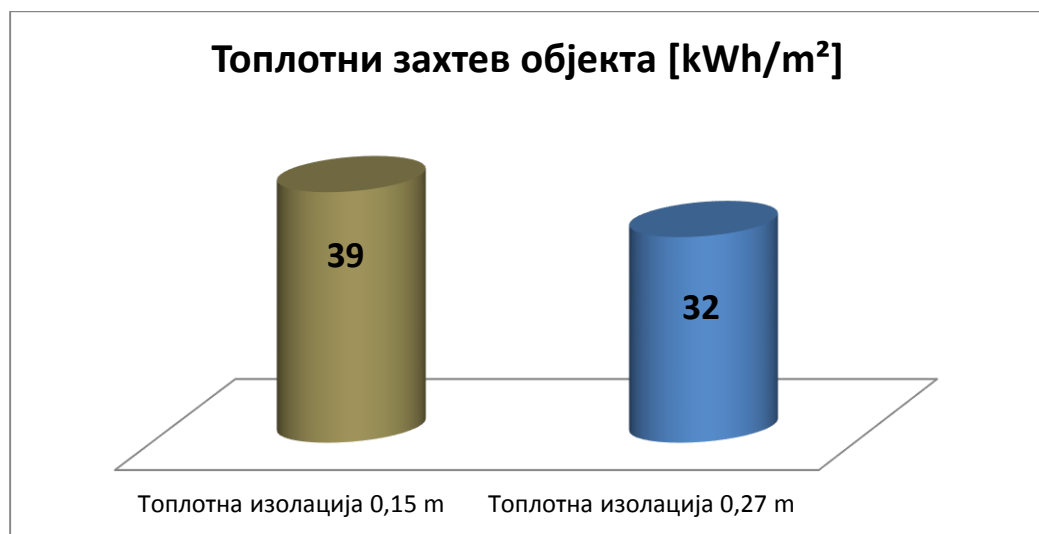
8.5.1. Поређење потрошње енергије у зависности од дебљине топлотне изолације објекта

При примени топловодног система грејања ради повећања енергетске ефикасности објекта односно енергетског разреда, неопходно је симулирати утицај дебљине изолације, уз одржавање задовољавајуће термичке угодности у грејним просторијама. На тај начин може се пронаћи начин смањења утршка енергије, трошкова за енергију и утицаја на животну средину.

Главни циљ ове анализе је да се одреди економска дебљина изолације на утицај потребне снаге котла и потрошње горива у току једне грејне сезоне.

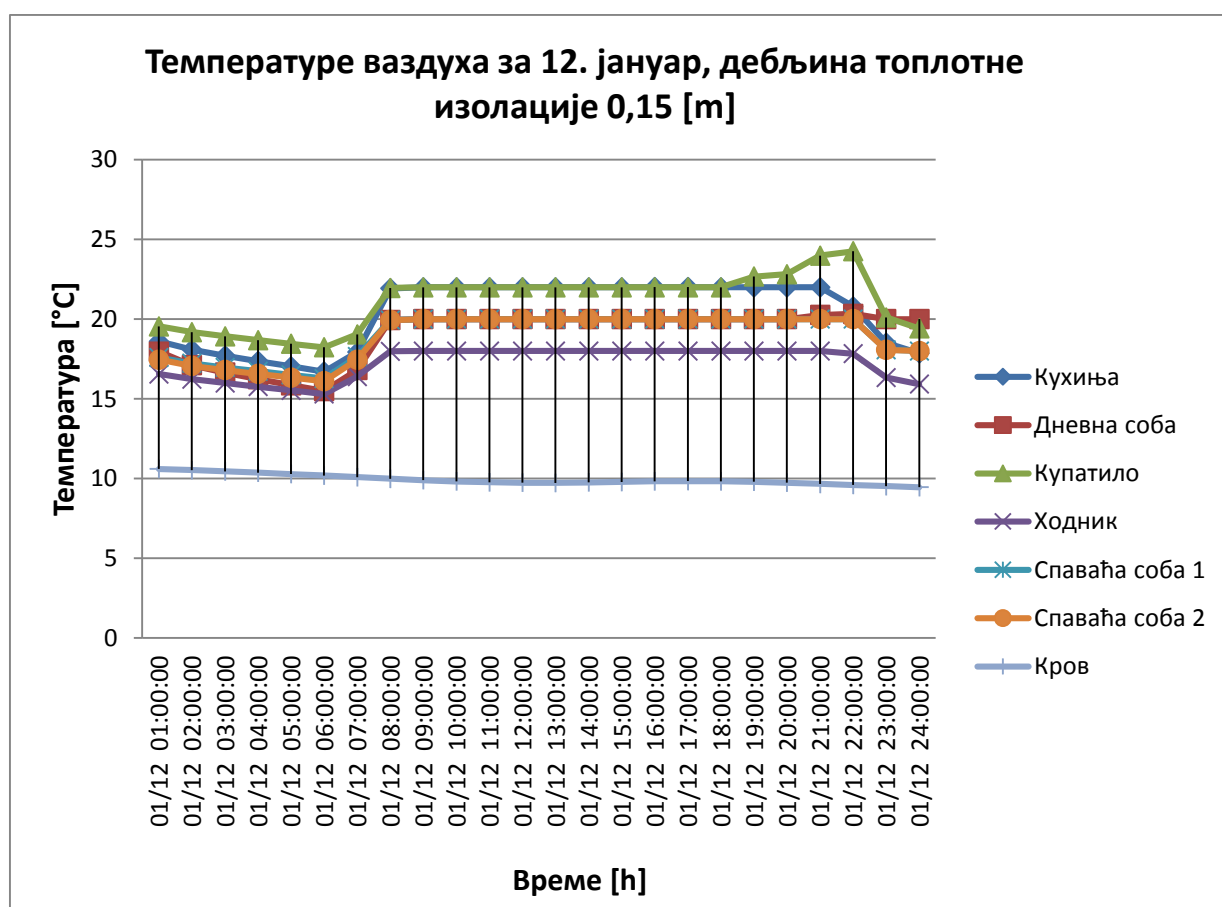
У даљем тексту дати су подаци добијени симулацијом повећањем дебљине изолације спољашњих зидова, плафона и пода. Тренутна изолација објекта износи 0,15 [m] и енергетски разред је Ц. Када се повећа дебљина изолационог материја, енергетски разред прелази у виши односно у Б, на основу табеле 14.

Графички приказ радијаторског грејања са различитом дебљином топлотне изолације објекта. Први случај је када је дебљина изолације 0,15 [m], а у другом случају је 0,27 [m], слика 70.



Слика 70. Топлотни захтев објекта

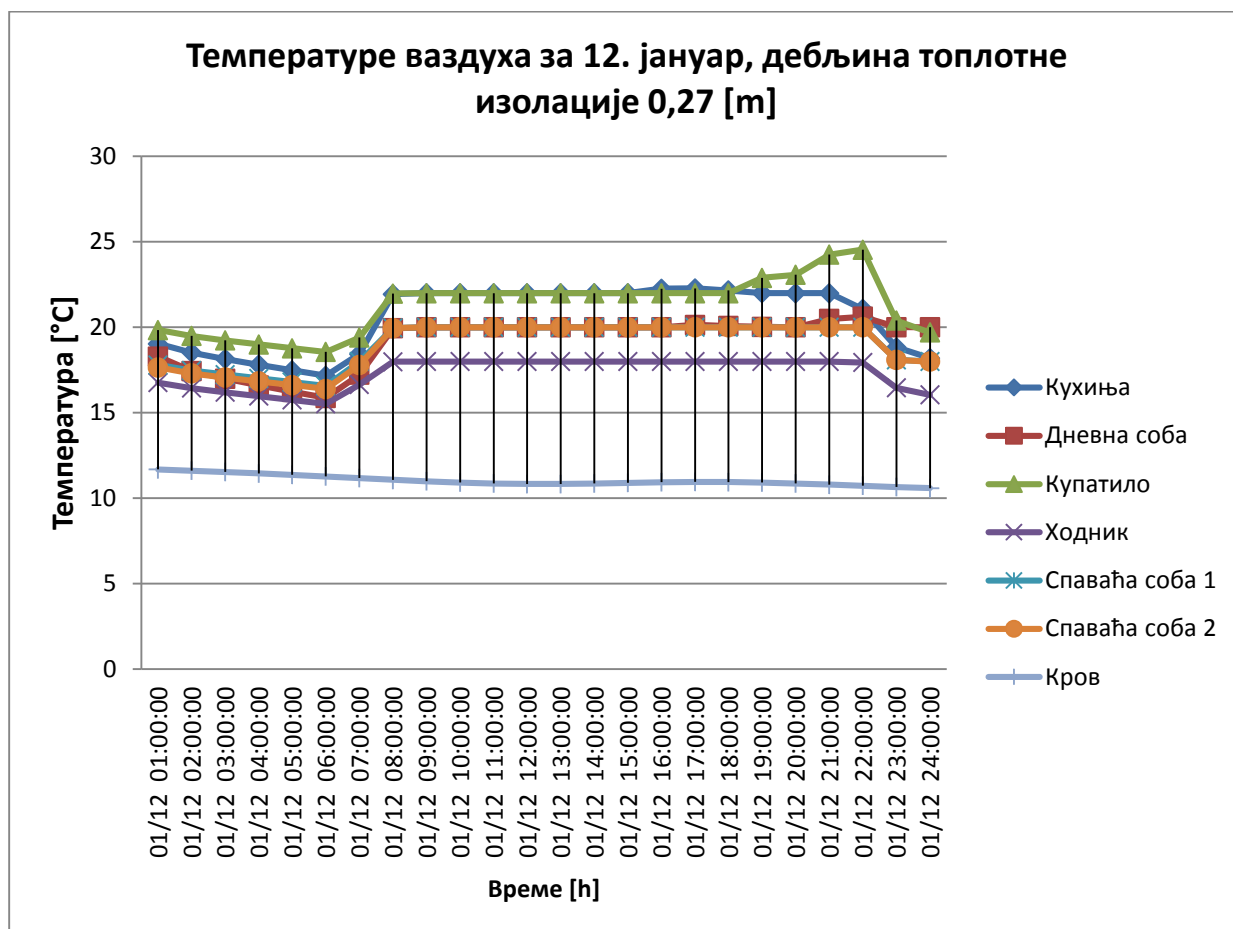
На слици 71, дате су вредности температура у свим просторијама куће за произвољно изабран дан 12. јануар, када је дебљина изолације 0,15 [m]. Може се приметити да температуре почињу да опадају када је систем грејање прекинут, у интервалу од 22-06 [h]. У неким просторијама достигну вредност и до 15 °C. У периоду када грејање функционише у дневној соби и по спаваћим собама температура је 20 °C односно константна и достиже задату вредност, осим првих сат времена када грејно тело улаже највећи напор да би достигло одређену температуру после ноћног хлађења, и након искључивања када снага нагло опада. Док у кухињи због добитак топлоте коју емитују електрични уређаји који се тамо налазе температура расте и достиже вредност и до 22 °C. У купатилу имамо нагли скок температуре близу 25 °C око 21 [h], разлог томе је коришћење купатила за обављање личне хигијене од стране укућана. Температура ваздуха у поткровљу су око 10 °C. Док спољашња температура ваздуха је и до -12 °C за дан 12. јануар.



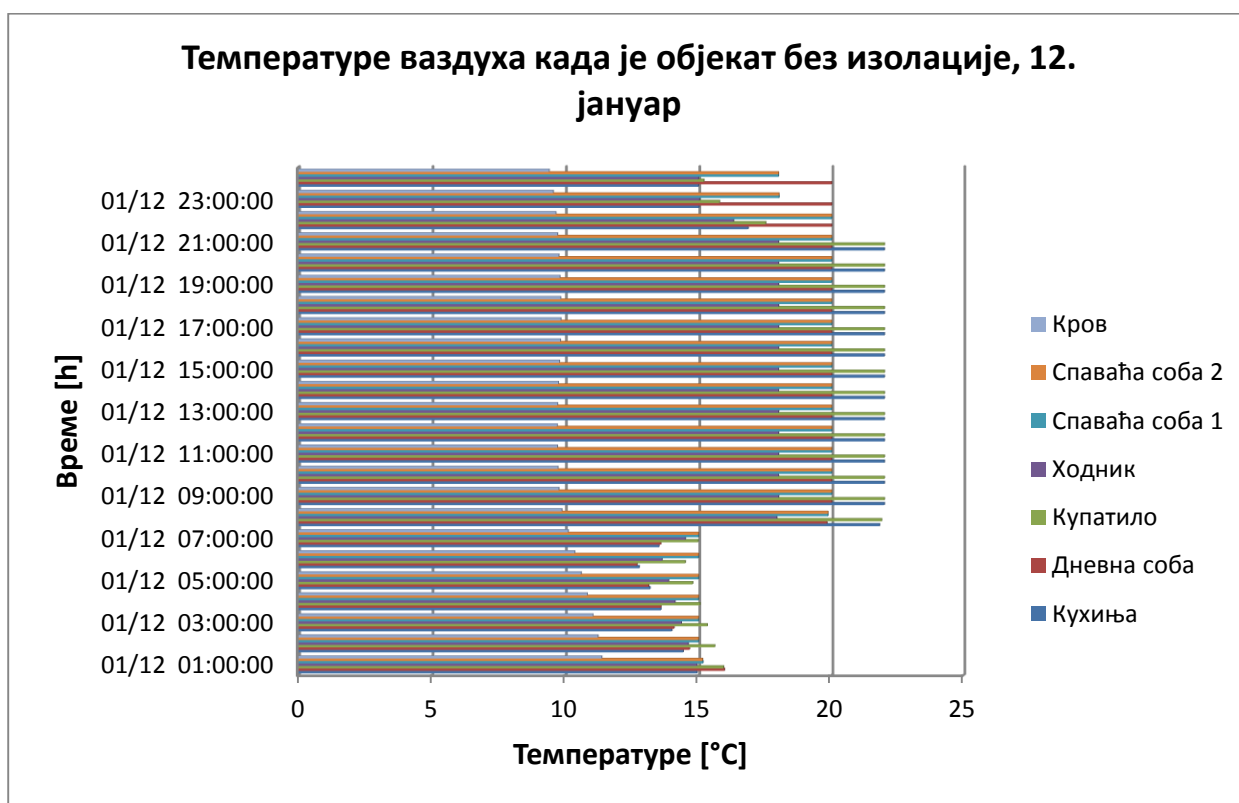
Слика 71. Температуре ваздуха за 12. јануар, изолација 0,15 m

На слици 72 приказане су дневне температуре за исти дан као и на претходном дијаграму, где је топлотна изолација већа односно износи 0,27 [m]. Разлика је веома мала, око 1 °C, односно када је изолација већа температура не опада испод 16 °C.

Слика 73 приказује вредности температуре добијене симулацијом, када је кућа неизолована. Током прекида у раду система грејања, температуре у просторијама достижу вредност и испод 12 °C, јер су губици топлоте знатно већи од губитака топлоте када објект има топлотну изолацију.

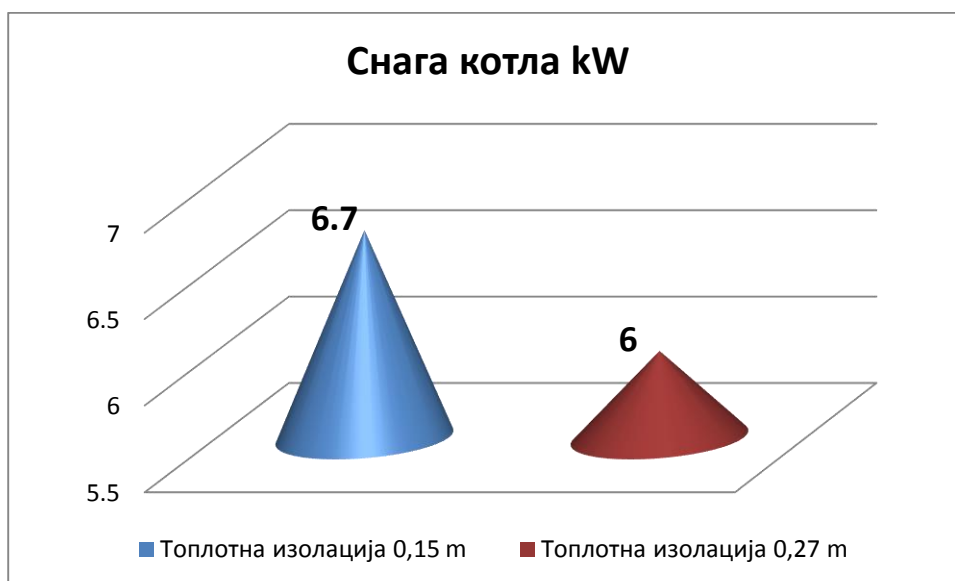


Слика 72. Температуре ваздуха за 12. јануар, изолација 0,15 m



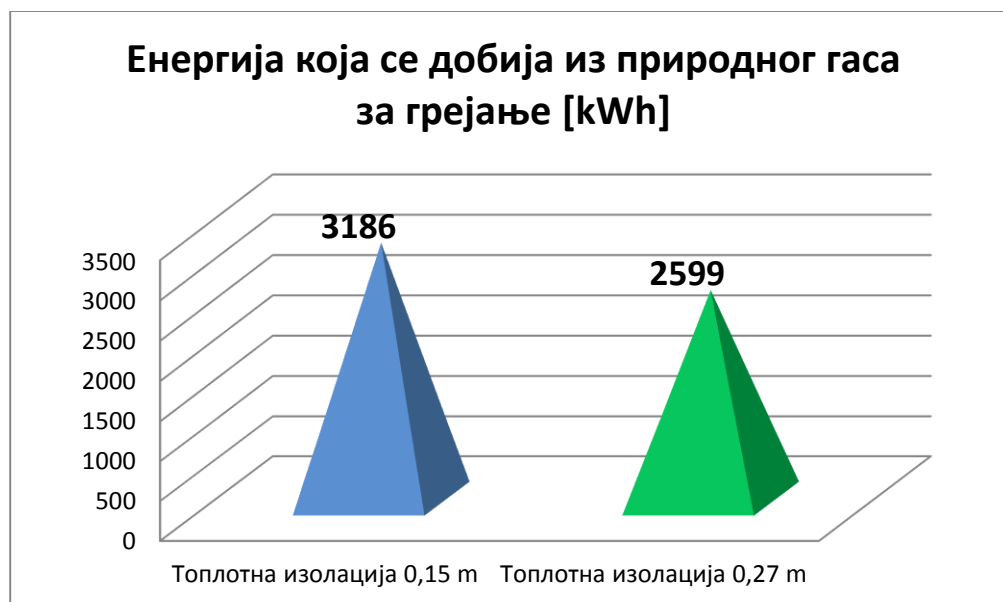
Слика 73. Температуре ваздуха за 12. јануар, када је објекат без топлотне изолације

На основу података добијених симулацијом, уз помоћ програмског пакета EnergyPlus, добија се потребна снага котла, [12]. Слика 74, представља различите снаге котла у зависности од степена топлотне изолације објекта.



Слика 74. Потребна снага котла у зависности од дебљине топлотне изолације

На слици 75, приказана је потрошња горива односно природног гаса у једној грејној сезони, односно од 15. октобра до 15. априла.



Слика 75. Потрошња гаса у једној грејној сезони у зависности од дебљине топлотне изолације

На основу слике, закључујемо да је већа потрошња природног гаса када је дебљина изолационог материјала мања тј. 0,15 [m]

Да би се kWh енергије добијене сагоревањем природног гаса изразио у метрима кубним користи се следећа формула, [13]:

$$\begin{aligned} V &= \frac{E}{k \cdot H_d} = \frac{E [kWh]}{k \cdot H_d \left[\frac{MJ}{m^3} \right]} = \frac{E \cdot 10^3 \cdot 3600 \cdot [s \cdot W]}{k \cdot H_d \left[\frac{MJ}{m^3} \right]} = \frac{E \cdot 10^3 \cdot 3600 \cdot \left[s \cdot \frac{J}{s} \right]}{k \cdot H_d \left[\frac{MJ}{m^3} \right]} \\ &= \frac{E \cdot 3.6 [MJ]}{k \cdot H_d \left[\frac{MJ}{m^3} \right]} \end{aligned} \quad (29)$$

где је:

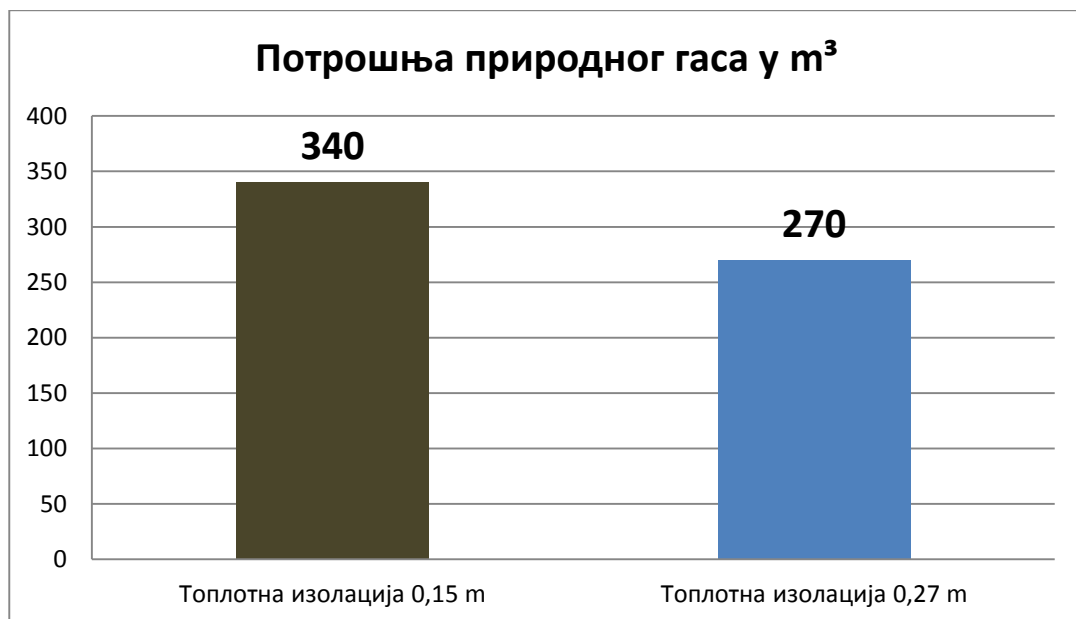
V – запремина гаса [m^3];

k – корективни коефицијент 1,022640;

H_d – доња топлотна моћ горива је она количина топлоте која се ослободи при потпуном сагоревању јединице масе или количине горива, а да при том водена пара настала при сагоревању остане у парном стању у смеши продуката сагоревања. За природни гас износи $33,338 \left[\frac{MJ}{m^3} \right]$;

E – енергија добијена сагоревањем природног гаса [kWh].

На основу формуле 29, израчуната је потрошња природног гаса у [m^3] у зависности од дебљине топлотне изолације, слика 76.



Слика 76. Потрошња природног гаса у [m^3] у зависности од дебљине топлотне изолације

8.5.2. Економија примене топловодног грејања у зависности од дебљине изолације објекта

У даљем тексту следи поступак који је утврђен Уредбом о изменама и допунама Уредбе о условима за испоруку природног гаса, [14]. Због физичких особина природног гаса, енергетски садржај одређене запремине гаса зависи од притиска, температуре и топлотне вредности (квалитета) гаса, који се утврђује на основу хемијског састава гаса. У

реалним радним условима, гас се испоручује при различитим вредностима притиска и температуре и променљивог је хемијског састава, па због тога и топлотне вредности.

Цена природног гаса се утврђује за одређене услове на месту испоруке: притисак од 1,01325 bar и температуру од 15 °C (стандардно стање гаса), као и за референтну доњу топлотну вредност гаса од 33,338 $\left[\frac{MJ}{m^3}\right]$ у стандардном стању гаса. Испоручена запремина (количина) гаса при реалним, радним, условима се од улаза у земљу и места производње домаћег гаса до крајњих купаца прерачунава ("своди") на ове услове, како би сви дистрибутери обрачунавали гас на исти начин и да би купци исту количину енергије плаћали по истој цени (цена за услугу дистрибуције – мрежарина и накнада по мерном месту су различите по дистрибуцијама, али цена енергије из гаса ће бити иста), [14].

Запремина физички протеклог гаса измерена у радним условима, своди се на обрачунску запремину у два корака:

- На стандардно стање гаса, што се може радити аутоматски или рачунски, у зависности од тога да ли на месту испоруке, уз мерило физичког протока гаса, постоје и мерила притиска и температуре, који омогућавају континуално свођење протекле запремине на запремину у стандардном стању (мерила са коректором) и приказивање сведене вредности на мерачу; уколико постоји само корекција температуре (вредност приказана на мерном уређају је већ сведена по температури) или је мерни уређај постављен унутар објекта, измерена запремина се рачунски своди само по притиску;
- На референтну доњу топлотну вредност гаса, што се увек ради рачунски.

За домаћинства и друге мале потрошаче, уградња коректора није економски оправдана, тако да једино преостаје да се свођење ради рачунски, за шта се морају користити транспарентне формуле и подаци. Методологијама за израчунавање цена и тарифним системима, утврђено је да се тарифни ставови, односно цене, одређују за стандардно стање гаса и референтну доњу топлотну вредност гаса, па је рачунско свођење за места испоруке без аутоматског свођења обавезно. Треба имати у виду да око 90% укупног броја купаца нема аутоматску корекцију запремине и да су то све мали потрошачи, а да је њихово учешће у укупној потрошњи око 30%.

За рачунско свођење на стандардно стање гаса, користи се иста формула која се примењује у коректору ради аутоматског свођења, а дефинисана је Правилником о метролошким условима за мерила која коригују запремину протеклог гаса – МУС.3-19/1, 1985. г., Службени лист СФРЈ број 9/1985 и гласи, [14]:

$$V_s = V_r \cdot \frac{P_a + P_m}{P_s} \cdot \frac{T_s}{T_r} \cdot \frac{1}{Z} \quad (30)$$

где су:

V_s - запремина природног гаса сведена на стандардно стање, m^3 ;

V_r - запремина природног гаса у радном стању, односно очитана запремина природног гаса на мерном уређају, m^3 ;

P_m - прикључни притисак подешен при монтажи у складу са стандардом којим се утврђује опсег прикључног притиска, $P_m = 0.022 \text{ bar}$;

P_a - атмосферски притисак, $P_a = 0.997 \text{ bar}$;

P_s - притисак гаса у стандардном стању, $P_s = 1.01325 \text{ bar}$;

T_s - температура гаса у стандардном стању, $T_s = 273.15 + 15 = 288.15 \text{ K}$;

T_r - радна температура гаса, $T_r = [273,15 + t] \text{ K}$ гаса у 0°C , - за период од 1. октобра до 30. априла, $T_r = 6^\circ\text{C}$; - за период од 1. маја до 30. септембра, $T_r = 15^\circ\text{C}$;

Z - фактор компресибилности (стишљивости) гаса.

Обрачунска запремина се увек утврђује рачунски, свођењем запремине у стандардном стању на референтну доњу топлотну вредност, према формули, [14]:

$$V_o = V_s \cdot \frac{H_{pd}}{H_r} \quad (31)$$

где су:

V_o - обрачунска запремина, $[m^3]$;

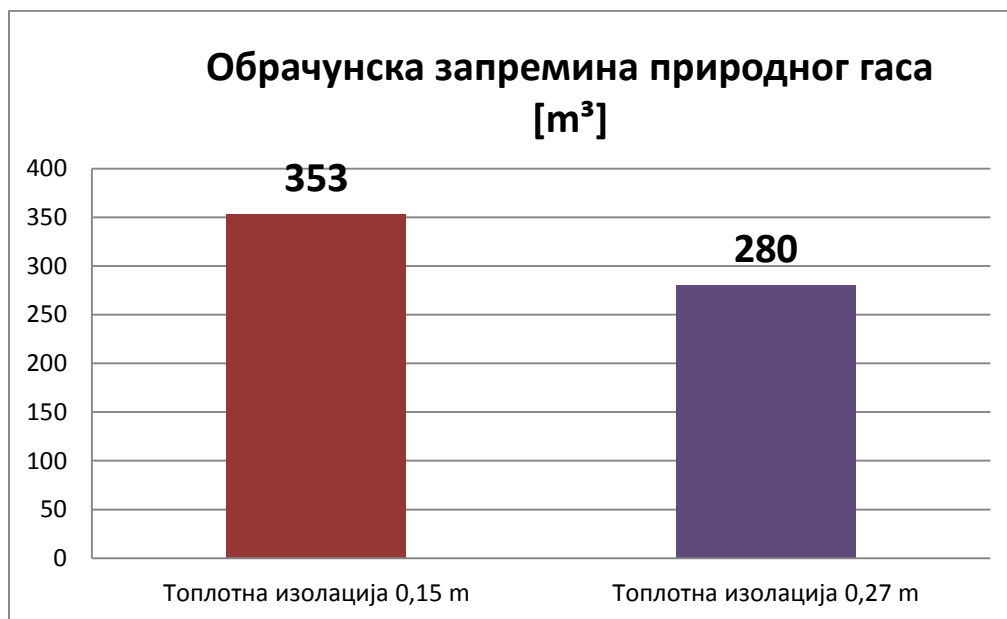
V_s - запремина природног гаса сведена на стандардно стање, $[m^3]$;

H_{pd} - доња топлотна вредност природног гаса утврђена за обрачунски период у складу са чланом 32 в) Уредбе о изменама и допунама Уредбе о условима за испоруку природног гаса, $\left[\frac{MJ}{m^3}\right]$;

H_r - референтна доња топлотна вредност природног гаса која износи $33,338 \left[\frac{MJ}{m^3}\right]$.

Остварену доњу топлотну вредност у обрачунском периоду утврђује енергетски субјект за транспорт природног гаса, односно енергетски субјект за дистрибуцију природног гаса ако дистрибуира мешавину гаса преузету из транспортног система и других извора. Практично, сваки купац ће унапред знати све елементе који учествују у корекцији, осим остварене средње доње топлотне вредности гаса, која се рачуна за сваки обрачунски период и приказује на рачуну. У овом случају пошто немамо рачун, за даљи прорачун претпоставићемо да је доња топлотна вредност природног гаса $33,338 \left[\frac{MJ}{m^3}\right]$, [14].

На основу формула, на слици 77 је приказана обрачунска запремина природног гаса.

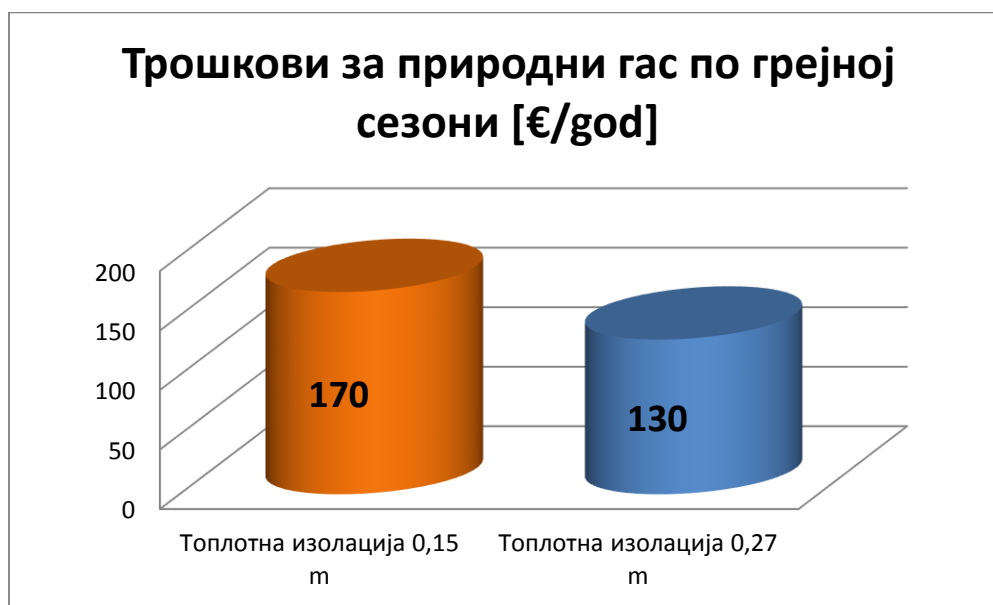


Слика 77. Обрачунска запремина природног гаса

На основу слике 77 можемо израчунати трошкове на нивоу године за потребе природног гаса, што је приказано у табели 21.

Табела 21. Трошкови за природни гас по грејној сезони у зависности од дебљине топлотне изолације куће, [15]

Дебљина изолације [m]	Енергент	Енергија која се добија из природног гаса [kWh]	Обрачунска запремина природног гаса [m ³]	Цена (дин/m ³)	Годишњи трошкови за потребну количину енергента у дин.
0,15	Природни гас	3186	353	54	19062
0,27		2599	280		15120



Слика 78. Трошкови гаса у једној грејној сезони у зависности од дебљине топлотне изолације, [16]

Добија се уштеда у трошковима од 40 € због смањења потребне количине енергије неопходне за грејање, при потрошњи природног гаса на нивоу једне грејне сезоне, приликом повећања дебљине топлотне изолације, слика 78.

9. Период повраћаја

Овај термин се односи на време (године) које је потребно за повраћај уложених средстава. Инвестирани капитал је повраћен у години када кумулирани нето ефекти у економском току постану позитивни. Тенденција је учинити да период повраћаја буде што је могуће краћи, и он је прихватљив када су инвестирана средства повраћена пре завршетка последње године економског животног циклуса. За израчунавање времена потребног за повраћај инвестиција коришћени су подаци о инвестицијама, годишњим трошковима, као и биланси уштеда током животног циклуса пројекта.

Период повраћаја инвестиције, која обухвата повећање дебљине изолације са 0,15 на 0,27 [m], да би тиме постигли већи енергетски разред куће, израчунава се на основу уложеног новца у повећању дебљине изолације, конкретно стиропора, уз уштеду у трошковима на количини потрошње природног гаса. Цена инвестиције у систем грејања остаје иста, јер се цена котла не мења на основу снаге, јер је разлика веома мала, неких 0,7[kW]. Тако да цена са снагом котла 6 [kW] иста је као и са снагом 6,7 [kW], [17].

Табела 22. Цена изолационог материјала- стиропора, [18]

Дебљина изолације [m]	Цена [дин/м²]	Укупна површина која се изолује [m²]	Цена [дин]	Цена [€]
0,15	1500	240	360000	3185
0,27	2700		648000	5734

Табела 23. Цена инвестиције топловодног грејања у зависности од дебљине изолације

	Дебљина изолације 0,15 [m]	Дебљина изолација 0,27 [m]	€
Гасни фасадни котао са пратећом арматуром	770	770	
Испорука и монтажа радијатора са пратећом арматуром	2290	2290	
Цевна мрежа, изолација	780	780	
Израда унутрашње гасне инсталације	200	200	
Изолација спољних зидова, пода и тавана	3185	5734	
Укупно	7225	9774	

Мастер рад

Из свега наведеног произилази период отплате инвестиције:
 $(9774 - 7225)/40 = 63$ године

где је:

9774 €-улагање у систем грејања са дебелином изолације од 0,27 [m];

7225 €-улагање у систем улагање у систем грејања са дебелином изолације од 0,15 [m];

40 € - уштеда која се остварује мањом потрошњом гаса када је изолација 0,27 [m];

Закључујемо да је инвестиција повећања дебелине изолационог материјала у циљу преласка из енергетског разреда Ц у енергетски разред Б, неисплатљива. Да би остварили концепт нето нулте куће, довољна је и изолација од 0,15 [m]. У том случају је потрошња енергије за грејање 39 [kWh/m²], коју фотонапонски панели могу да задовоље производњом веће количине електричне енергије него што је кући потребно, да би подмирила потрошњу природног гаса коју кућа не производи, већ је купује.

Период повраћаја дат је у табели 24, уколико би објекат био без изолације и уколико би се изоловао за 0,15[m].

Табела 24. Период отплате уградњом топлотне изолације на објекат без икакве изолације

	Без топлотне изолације	Са топлотном изолацијом дебљине [0,15]	Период отплате
Потребна енергија из природног гаса	9283 [kWh]	3186 [kWh]	10 година. Сваке наредне године добит од смањења потребне енергије за грејање био би 310 €
Обрачунска запремина природног гаса	1000 [m ³]	353 [m ³]	
Трошкови за природни гас по грејној сезони	54000 дин 478 €	19000 дин 168€	
Трошак за изолацију	0 дин	360000 3185€	

Период отплате инвестиције уложене у уградњу ФН панела, приказан у табели 25, [19].

Табела 25. Период отплате ФН панела

	Кућа без ФН панела	Кућа са ФН панелима	Период отплате
Тренутна цена средње тарифе електричне енергије	7,89 [дин/ kWh]	0	40 година.
Потребна електрична енергија домаћинства на годишњем нивоу са вишком који је потребан да се избалансира потрошња природног гаса за грејање	2550 kWh		
Цена 14 [m²] ФН панела са опремом	0 дин	870100 дин	
	20120 дин 180 €	870100 дин 7700 €	

На основу табеле 25, произилази да је оваква инвестиција неисплатива, јер је цена електричне енергије веома ниска. Такође и век трајања ФН панела који је од 25-30 године, утиче на то да је потпуно неисплативо улагати у системе за самосталну производњу електричне енергије.

Концепт нето нултих енергетских зграда због свега приказаног може постати главни чинилац пројекта који се тичу изградње нових енергетско ефикасних стамбених објеката чија ће се сврха оправдати како због добро утицаја на околину и задовољавање еколошких стандарда, тако и због саме исплативости, уколико се цена електричне енергије добијене из локалних дистрибутера повећају и уколико држава почне давати веће субвенције, тј. повећати откупну цену електричне енергије добијене из ФН панела, односно из обновљивих извора енергије.

10. Закључак

Базиран на прегледима разних литература овај рад проналази и приказује сет параметара који би требали бити узети у обзир и елаборирани пре почетка реализације куће нето нулте потрошње.

Тако је на ову кућу, мале потрошње електричне енергије, постављен соларни систем за производњу електричне енергије који зграду претвара у мало енергетско постројење. Сву годишњу енергију коју зграда произведе помоћу соларног система она и потроши. Како Сунчева енергија није поуздан извор, јер Сунца нема увек на располагању, било је потребно произведену енергију балансирати са мрежом. Годишња производња електричне енергије соларног система била је довољна да покрије годишњу потрошњу електричне енергије зграде .

Мана овог система која се највише истиче је скупа инвестиција. Имајући на уму да овакво решење градње увелико смањује емисију штетних гасова, који данас представљају велики проблем у свету, а квалитетнија градња утиче на смањење потрошње електричне енергије, може се закључити да ће се оваквим решењима све више тежити у будућности . Гледајући према будућности морамо се запитати шта су нам главни циљеви? Да ли је наш главни циљ пронаћи решење које ће изискивати мање трошкове или се морамо ипак мало ангажовати како би утицали на промене у будућности које доносе обновљиви извори енергије? Сунце, као огроман извор енергије и главни покретач живота на Земљи безусловно одаје енергију, а на нама је да је искористимо на најбољи могући начин. Улагањем у развој нових и ефикаснијих побољшања у било којем аспект, па тако и по питању енергије, омогућује стварање промена које имају одражај даље у будућност. Ако о енергији размишљамо на начин да побољшамо ефикасност и ефикасаност њене производње и искоришћавања, онда би нам овакве зграде свакако требале бити скоро будућност .

10. Литература

- [1] http://www.izvorienergije.com/niskoenergetske_i_pasivne_kuce.html (преузето 13.05.2013.)
- [2] http://www.enob.info/fileadmin/media/Projektbilder/EnOB/Thema_Nullenergie/EuroSun_Conference_Graz_2010_Criteria_for_Definition_of_Net_Zero_Energy_Buildingsx.pdf (преузето 15.05.2013.)
- [3] Живковић З. “Предлог мера за финансирање енергетске ефикасности у зградарству у Србији”, Грађевинска књига, Нови Сад, 2011.
- [4] <http://www.vps.ns.ac.rs/SB/2010/4.5.pdf> (преузето 15.06.2013.)
- [5] УРЕДБА О МЕРАМА ПОДСТИЦАЈА ЗА ПОВЛАШЋЕНЕ ПРОИЗВОЂАЧЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ, На основу члана 59. став 6. Закона о енергетици („Службени гласник РС”, бр. 57/11, 80/11 – исправка, 93/12 и 124/12) и члана 42. став 1. Закона о Влади („Службени гласник РС”, бр. 55/05, 71/05-исправка, 101/07, 65/08, 16/11, 68/12 – УС и 72/12).
- [6] Правилника о енергетској ефикасности зграда „Службени гласник РС“ бр. 61/2011
- [7] Правилнику о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда
- [8] Тодоровић, Б., Пројектовање постројења за централно грејање, Машински факултет, Београд, 2005
- [9] Слободан Зрнић; Живојин Ђулум; Грејање и климатизација са применом соларне енергије, Научна књига, 1986 (ИСБН 86-23-43015-8)
- [10] <http://www.kgh.kvartetv.com/fajlovi/3-2007/Todorovic.pdf> (преузето 11.07.2013.)
- [11] <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>
- [12] Anonymous, ENERGYPLUS, Input Output Reference - The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output, University of Illinois & Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2009.
- [13] <http://www.ukenergy.co.uk/pages/gas-kwh.html> (преузето 17.08.2013.)
- [14] <http://www.aers.rs/FILES/PodzakonskiAkti/2010-01-22%20Izmene%20Uredbe%20o%20uslovima%20za%20isp%20pr%20gasa%20SG%203-10.pdf> (преузето 11.08.2013.)
- [15] http://www.aers.org.rs/g/vesti/file/Dokumenti/13_09_02%20Grejanje%20CENE%20Sept%202013.pdf (преузето 01.09.2013.)
- [16] http://www.nbs.rs/export/sites/default/internet/cirilica/scripts/kl_devize.html (преузето 11.09.2013.)
- [17] <http://www.etazgrejanje.com/katalog.php?prodID=1056&valuta=EUR> (преузето 05.08.2013.)
- [18] <http://www.kucapromet.com/artikal.php?id=8&ref=/stiropor.php> (преузето 02.09.2013.)
- [19] http://www.conseko.rs/solarni_paneli.html (преузето 01.09.2013.)