

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Енерго-еколошки менаџмент

Број индекса: 925/2016

Анђела Ђ. Будимир

**Енергетско билансирање и повећање
енергетске ефикасности једнопородичног
стамбеног објекта у насељу Стара
радничка колонија - Крагујевац**

Дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Проф. др Душан Гордић – ментор**
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог дипломског рада кандидат треба да:

- Прикупи и систематизује податке о потрошњи енергије и воде у стамбеном (резиденцијалном) сектору на глобалном нивоу и у Србији.
- Да дефинише начин израде биланса потрошње финалне енергије и воде у домаћинствима.
- Да изради енергетски биланс једнопородичног стамбеног објекта у насељу Стара радничка колонија – Крагујевац.
- Да дефинише мере за повећање енергетске ефикасности у домаћинствима (са посебним освртом на мере за смањење потрошње воде у домаћинствима).
- Да дефинише мере за повећање енергетске ефикасности поменутог стамбеног објекта уз одговарајућу техно-економску анализу предузетих мера.

Препоручена литература:

[1] Rik DeGunther, *Energy Efficient Homes for Dummies*, Wiley Publishing Inc. Indianapolis, Indiana, 2008.

[2] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Metodologija provođenja energetskog pregleda zgrada*, Zagreb, 2009.

[3] Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, *Правилник о енергетској сертификацији зграда*, Република Србија, Службени гласник РС број 61/2011.

[4] Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда*, Република Србија, Службени гласник РС број 61/2011.

Крагујевац, 03.03.2020

Ментор:

Проф. др Душан Гордић

Садржај

1. Уводне напомене	5
1.1. Потрошња финалне енергије	5
1.1.1. Потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у свету и Србији.....	7
1.2. Потрошња воде	9
1.2.1. Потрошња воде у стамбеном сектору у свету и Србији.....	10
2. Енергетски биланс.....	12
3. Мере за побољшање енергетске ефикасности у стамбеном сектору	15
4. Енергетски биланс једнопородичног стамбеног објекта у насељу Стара радничка колонија - Крагујевац.....	17
4.1. Потрошња енергената	20
4.1.1. Потрошња топлотне енергије.....	20
4.1.2. Потрошња електричне енергије.....	21
4.1.2.1. Електрични уређаји	23
4.1.2.2. Расвета.....	25
4.1.2.3. Систем за припрему санитарне топле воде	27
4.2. Потрошња воде	27
4.3. Трошкови за енергенте на годишњем нивоу	28
4.4. Анализа термичког омотача једнопородичног стамбеног објекта	29
4.4.1. Под на тлу	30
4.4.2. Кос кров изнад грејаног простора	31
4.4.3. Зидови.....	32
4.4.3.1. Спољни зидови.....	32
4.4.3.2. Зидови између грејаних просторија различитих корисника.....	33
4.4.4. Прозори и балконска врата.....	34
4.4.5. Спољна врата	35
4.5. Потребна енергија за загревање објекта и енергетски разред објекта	35
5. Предлог мера побољшања енергетске ефикасности објекта и техно–економска анализа.....	37
5.1. Предлог мера за смањење потрошње топлотне енергије	37
5.2. Предлог мера за смањење потрошње електричне енергије.....	39
5.3. Предлог мера за смањење потрошње воде.....	39
5.3.1. Водокотлић са нижом потрошњом воде	40
5.3.2. Туш са малим протоком воде.....	41
5.3.3. Енергетски ефикасна славина	41
5.3.4. Економско поређење мера за смањење потрошње воде.....	42
6. Закључак.....	44
7. Литература	45
8. Прилози.....	47

Abstract: Within this diploma thesis, energy balancing and an increase of energy efficiency have been done on a single-family residential building in Kragujevac. At the beginning, introductory remarks and basic data about consumption of final energy and water in the world and Serbia in residential sector, are given. In the second part of the thesis, energy analysis of a single-family residential building is presented. With a detailed energy analysis, it was determined that the building belongs to energy class “F”. Certain measures for saving energy in analysed residential building, with special emphasis on reducing water consumption, as well as techno-economic analysis are shown in the last part of this thesis.

Keywords: Energy efficiency, residential sector, water, energy balance, residential building, energy saving measures.

Резиме: У оквиру овог дипломског рада извршено је енергетско билансирање и повећање енергетске ефикасности једнопородичног стамбеног објекта у Крагујевцу. На почетку су дате уводне напомене и основни подаци о потрошњи финалне енергије и воде у свету и Србији у стамбеном сектору. У другом делу дипломског рада представљена је енергетска анализа једнопородичног стамбеног објекта. Детаљном енергетском анализом, одређено је да објекат има енергетски разред „F“. Одређене мере за уштеду енергије у анализираном стамбеном објекту, са посебним освртом на смањење потрошње воде, као и техно-економска анализа приказане су у последњем делу овог рада.

Кључне речи: Енергетска ефикасност, стамбени сектор, вода, енергетски биланс, стамбени објекат, мере за повећање енергетске ефикасности.

1. Уводне напомене

Енергетски биланс подразумева одређивање потрошње или производње енергије енергетских система у сврху представљања прерасподеле укупно потрошене или произведене енергије. У подручју енергетске ефикасности, енергетски биланс се користи како би се добила што реалнија слика потрошње енергије неког објекта или његових делова.

Енергетска ефикасност представља искоришћење мање количине енергије за обављање неког посла или одређене активности. Обично штедња подразумева одрицање одређених добара или комфора, док мере енергетске ефикасности не смеју да умањују услове за рад и живот људи, односно да наруше осећај угодности. Енергетски ефикасне зграде су зграде које троше мање енергије за задовољење животних потреба, а мисли се на одржавање угодне температуре, неопходно осветљење и друге потребе за боравак и рад људи у затвореном простору. Добро термички изолована зграда мање троши енергије за грејање зими и за хлађење лети, а боравак у њој је угоднији и квалитетнији. Такође, унапређењем енергетске ефикасности у зградама доприноси се заштити животне средине и смањењу емисије штетних гасова. Истраживање стамбених зграда је показало да 85 % стамбених зграда у Србији не задовољавају минималне услове енергетске ефикасности [1].

У циљу уштеде енергије у стамбеном објекту и утврђивања адекватних мера енергетске ефикасности које се могу спровести, потребно је спровести анализу тренутног стања објекта. На основу одређеног стања објекта у погледу потрошње енергије могу се пронаћи узроци неефикасне потрошње.

1.1. Потрошња финалне енергије

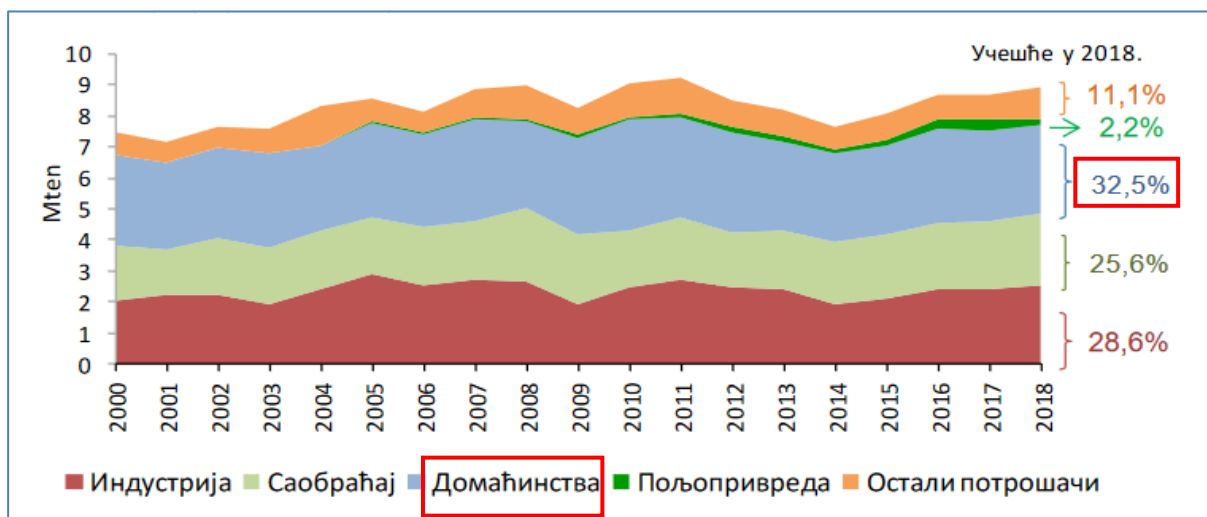
Енергија расположива за финалну потрошњу представља енергију намењену крајњим потрошачима за енергетске сврхе у:

- Индустрији (хемијска индустрија, вађење руде и камена, прехранбени производи, пића и дуван, текстил и кожа, папир, машине и опрема),
- Саобраћају (железнички, друмски, ваздушни, бродски и остали саобраћај),
- Домаћинствима, пољопривреди,
- Зградама јавне намене (школство, здравство, администрација, итд.) [2].

Потрошња финалне енергије у енергетске сврхе представља збир потрошње финалне енергије у свим секторима. Потрошња финалне енергије 2018. године износила је 8.90 Мтеп. По секторима на глобалном нивоу, највише енергије се потрошило у сектору домаћинства 32.5 %, затим индустрије 28.6 % и саобраћаја 25.6 %, док су пољопривреда и остали потрошачи заступљени са 2.2 % и 11.1 % (Слика 1.). Највећи раст потрошње енергије остварен је у сектору пољопривреде и сектору јавне и комуналне делатности (26 %), док су повећања у секторима индустрије и саобраћаја респективно 4.4 % и 4 %.

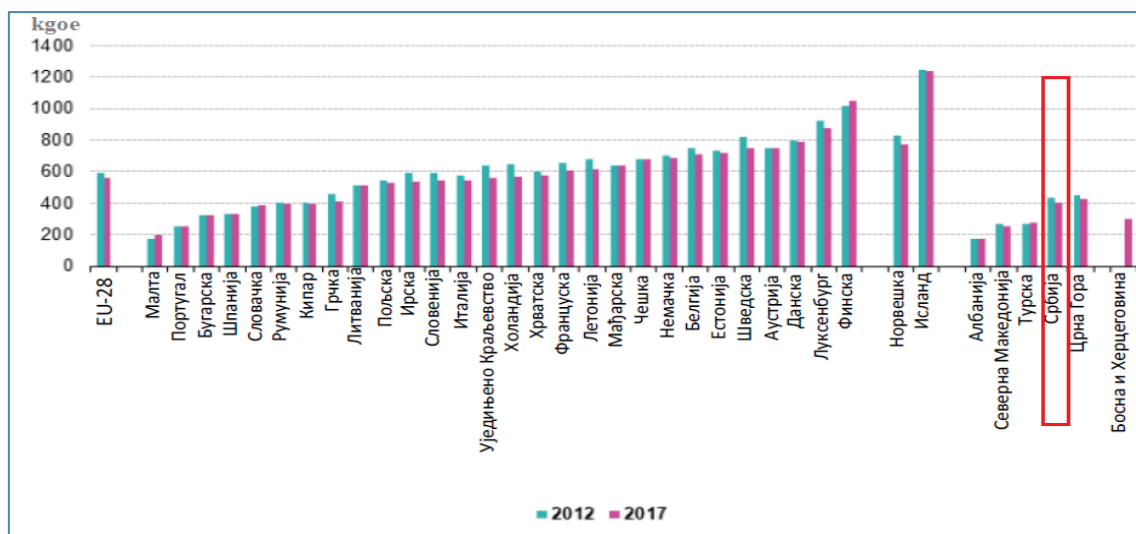
Потрошња финалне енергије је у 2018. години у односу на 2000. годину повећана за 19 % [3].

Према подацима које објављује *World Resources Institute* [4] који се односе на потрошњу енергије у домаћинствима по глави становника, потрошња финалне енергије знатно је већа у развијеним земљама, него у неразвијеним земљама, или земљама у развоју. При томе САД и Канада троше чак 50 % више финалне енергије у домаћинствима од земаља Европе [4].



Слика 1. Потрошња финалне енергије по секторима у Србији [3]

Однос потрошње финалне енергије по глави становника у стамбеном сектору у Европи и Европској Унији приказан је на Слици 2. Разлика у потрошњи финалне енергије у стамбеном сектору, последица је најчешће због варијација у економском развоју држава. Поред тога утицај на различиту потрошњу финалне енергије има и разлика у климатским карактеристика одређеног подручја. На основу података за 2017. годину, највећи потрошачи су домаћинства на Исланду, док је Малта по овим подацима најмањи потрошач финалне енергије у Европи. Према подацима са слике, Србија се налази међу мањим потрошачима финалне енергије у стамбеном сектору [5].



Слика 2. Однос потрошње финалне енергије по глави становника у домаћинствима у Европи [5]

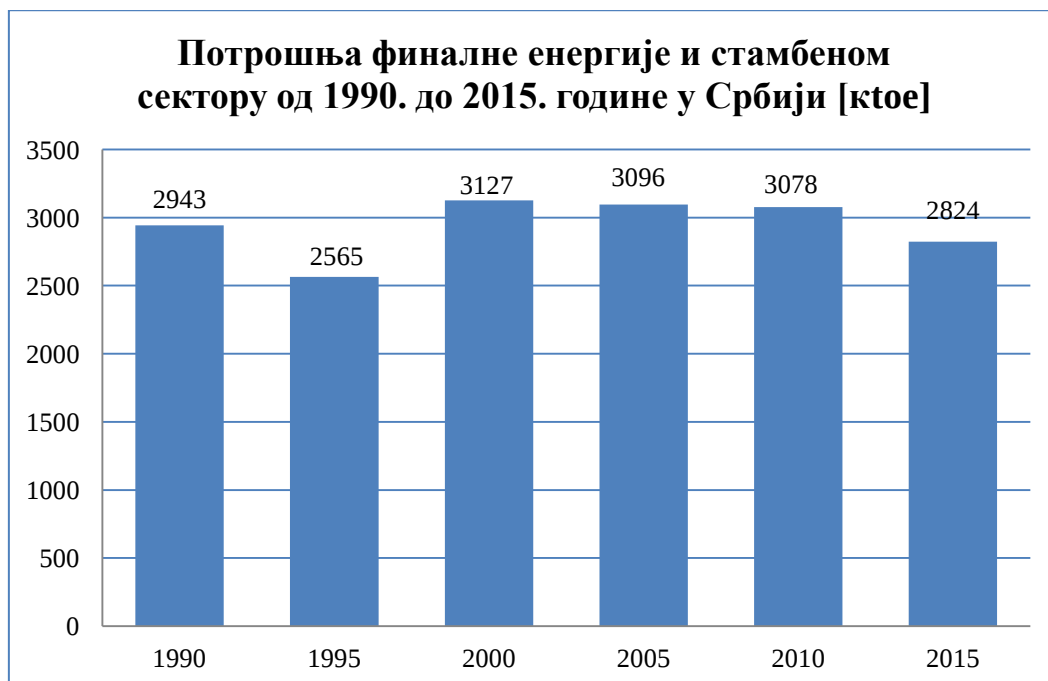
1.1.1. Потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у свету и Србији

На Слици 3. приказана је потрошње финалне енергије у стамбеном сектору од 1990. до 2015. године на глобалном нивоу. Према датим подацима може се закључити да се потрошња финалне енергије у стамбеном сектору линеарно повећава за око 1 Gtoe на сваких пет година, изузев у периоду 1990-1995. године, када је дошло до наглог пораста потрошње финалне енергије у стамбеном сектору за око 2 Gtoe [6].



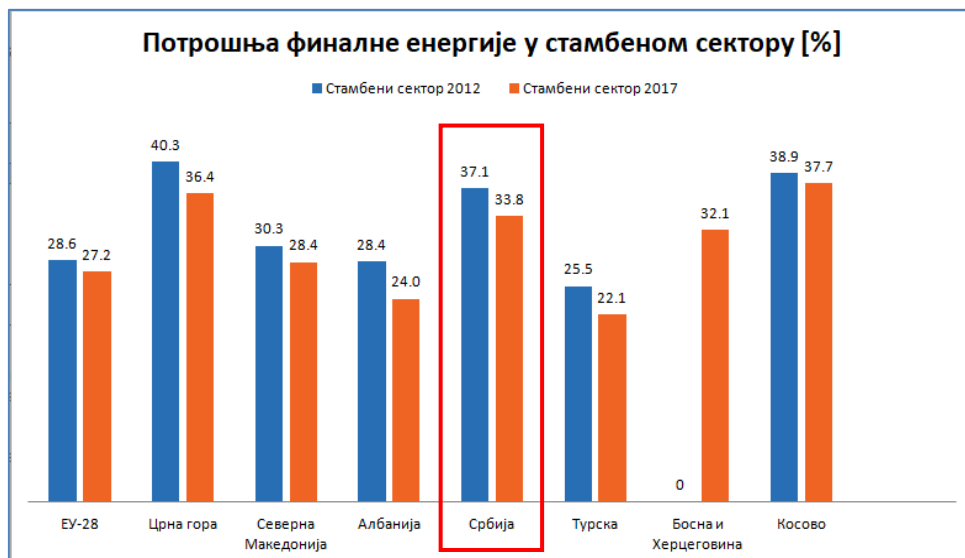
Слика 3. Потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у свету [6]

На Слици 4. се може видети да је потрошња финалне енергије у стамбеном сектору била највећа почетком 2000-тих година и износила је 3,127 ktоe. У каснијем периоду потрошња се линеарно смањивала и 2015. године је била 2,824 ktоe [6].



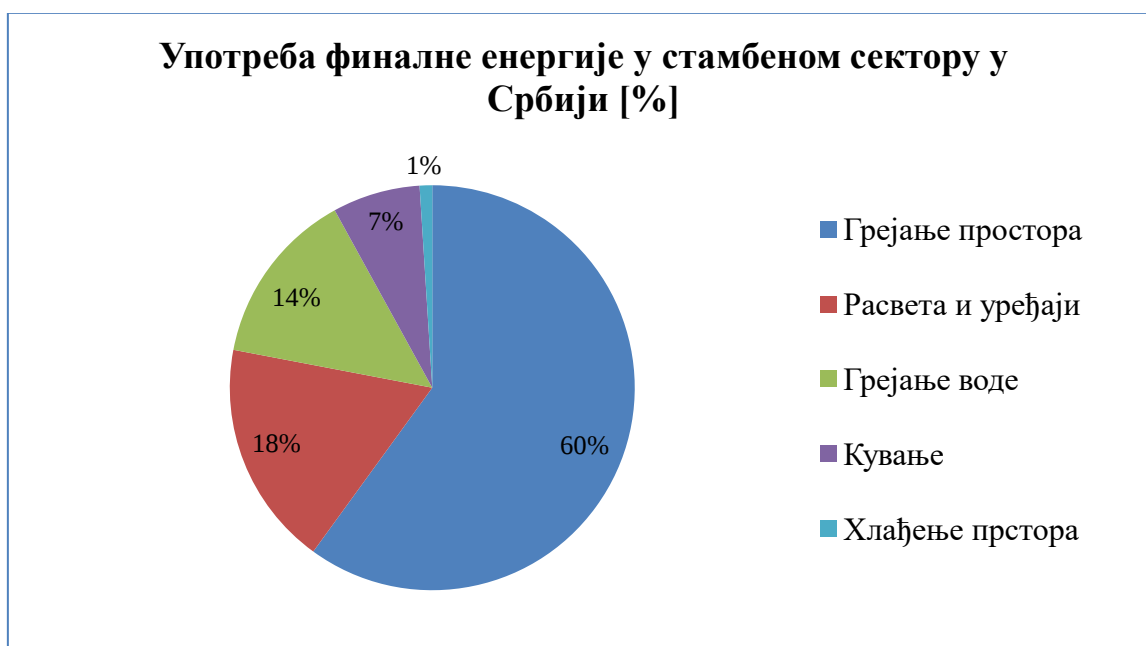
Слика 4. Потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у Србији (1990. - 2015. године) [6]

На Слици 5. је приказана потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у Србији и земљама које се налазе у њеном окружењу, током 2012. и 2017. године. Према овим подацима Србија је у стамбеном сектору у току 2012. године потрошила 37.1 % финалне енергије, док је током 2017. године тај проценат опао за 3.3 % и износи 33.8 % [6].



Слика 5. Потрошња финалне енергије у стамбеном сектору у Србији и земљама из окружења [6]

Процентуални удео потрошача финалне енергије у стамбеном сектору у Србији током 2015. године, приказан је на Слици 6. Са слике се уочава да се највише финалне енергије потроши за грејање простора 60 %, док се остатак финалне енергије потроши на расвету и електричне уређаје, грејање воде, кување и хлађење простора [7]. На основу досадашње потрошње финалне енергије у стамбеном сектору, може се закључити да зградарство представља велики потенцијал, када је реч о уштеди енергије.



Слика 6. Употреба финалне енергије у стамбеном сектору у Србији током 2015. године [7]

1.2. Потрошња воде

Потрошња воде се дефинише као количина воде која се утроши у одређеним категоријама потрошача у јединици времена. Тренд пораста потреба за водом у свету, па и у Србији данас је наглашен. У последњих 100 година потрошња воде се повећала осам пута на глобалном нивоу [8]. Забрињавајућа околност је што је смањена расположивост залиха воде по становнику на свим континентима, што не представља последицу смањења количине водних ресурса, већ је последица пораста броја становника, климатских промена, великих градова и све већег загађивања, посебно површинских вода [9].

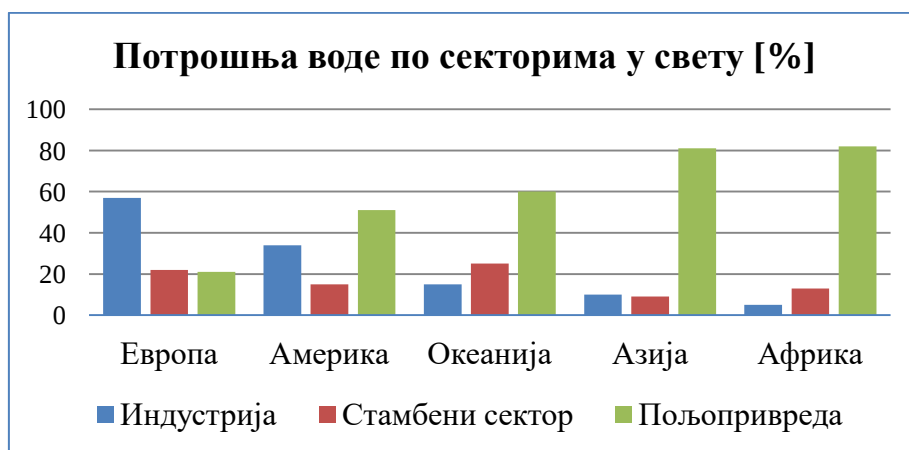
Анализа потрошње воде односи се на дефинисање потребних количина воде у одређеним категоријама потрошача:

- Домаћинствима,
- Индустији,
- Комерцијалном сектору,
- Јавном сектору и
- Посебним комуналним наменама.

Процењује се да је на дневном нивоу потребно 200-500 l/дан питке воде. У развијеним земљама у свету (САД, Канада) потрошња воде прелази преко 500 l по становнику на дневном нивоу [8].

Основни подаци који се користе код одређивања потрошње воде за потребе домаћинства су специфична потрошња воде и као и број чланова домаћинства [10].

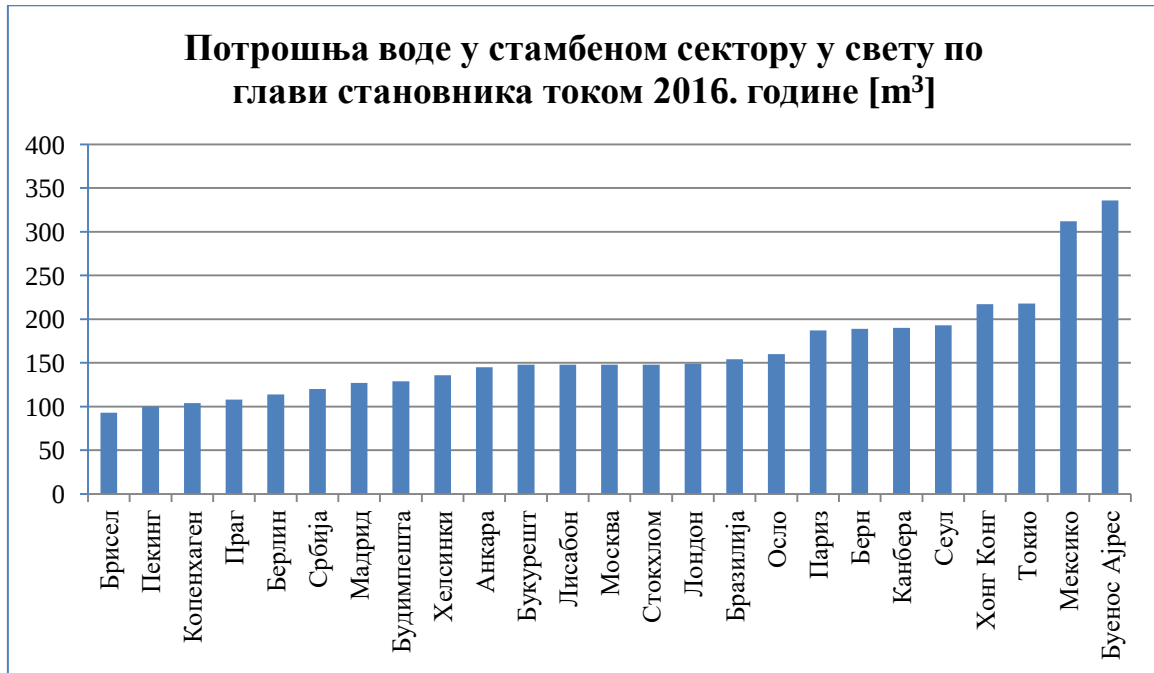
На Слици 7. је приказана расподела потрошње воде на различитим континентима. У Европи се највише воде користи у сектору индустрије, док су стамбени сектор и сектор пољопривреде скоро изједначени. У Африци и Океанији највећа потрошња воде је у сектору пољопривреде, а најмања у сектору индустрије. У Азији се види велика разлика у потрошњи воде по секторима, са стамбеним сектором као најмањим потрошачем. На основу података наведених у истом извештају истиче се да је удео потрошње воде у стамбеном сектору на глобалном нивоу 19 % [11].



Слика 7. Потрошња воде по секторима на различитим континентима за 2017. годину [11]

1.2.1. Потрошња воде у стамбеном сектору у свету и Србији

Потрошња воде у стамбеном сектору у 25 главних градова у свету приказана је на Слици 8. Разлика у потрошњи воде у стамбеном сектору, зависи од економске развијености држава и многих других фактора. На основу података, највећи потрошачи воде у стамбеном сектору су у Буенос Ајресу $336 \text{ m}^3/\text{стан.}$ на дневном нивоу, док су најмањи у Бриселу $93 \text{ m}^3/\text{стан.}$ на дневном нивоу [12].



Слика 8. Потрошња воде у стамбеном сектору у главним градовима у свету [12]

На Слици 9. је приказан процентуални удео потрошње воде по секторима у Србији током 2017. године. У Србији највећи проценат потрошње воде је у сектору индустрије, што представља 73 % од укупне потрошње током 2017. године [11].



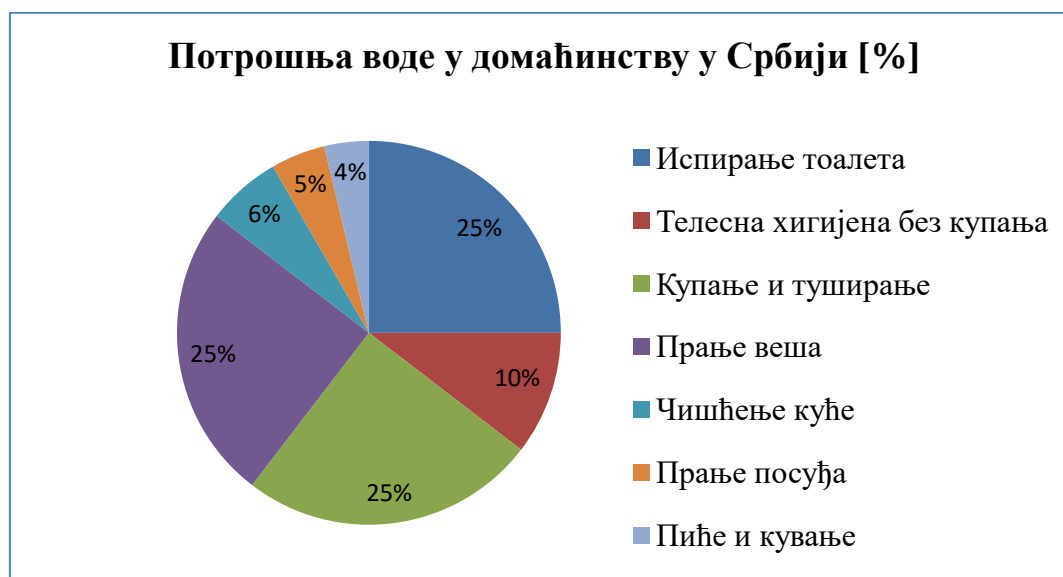
Слика 9. Потрошња воде по секторима у Србији [11]

Потрошња воде у стамбеном сектору у Србији по $\text{m}^3/\text{становник}$ на годишњем нивоу у периоду од 2007. до 2017. године приказана је на Слици 10. У посматраном периоду, највећа потрошња воде је забележена током 2007. године ($47.9 \text{ m}^3/\text{становнику}$), која је остала уједначена до 2011, када се бележи смањење потрошње воде ($44.1 \text{ m}^3/\text{становнику}$) [11].



Слика 10. Потрошња воде у стамбеном сектору у Србији [11]

На Слици 11. дата је процентуална расподела потрошње воде у просечном домаћинству у Србији. Према овим подацима, може се закључити да просечно домаћинство највише воде троши на испирање тоалета, купање, туширање и прање веша (30 l). Знатно мање количине воде се користе за телесну хигијену (12.5 l) и чишћење куће (7.5 l), док се најмањи проценат воде од укупне потрошње користи за прање посуђа (5.5 l) и пиће и кување (4.5 l) [13].

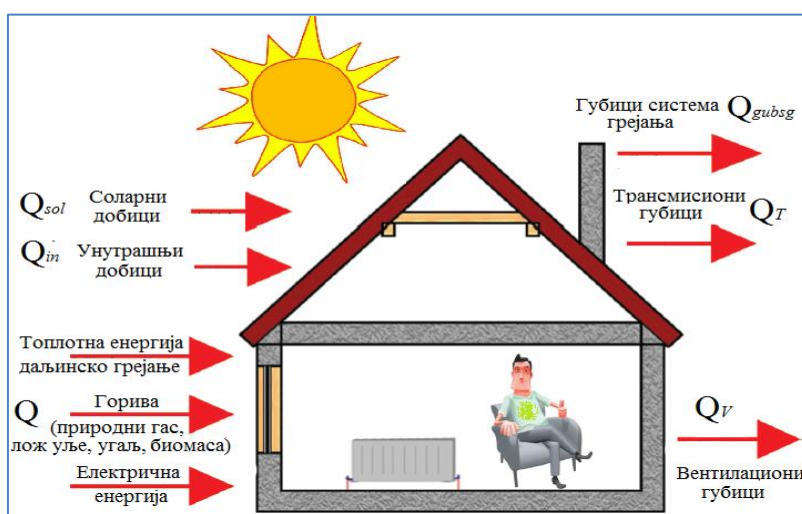


Слика 11. Просечна потрошња воде у домаћинству у Србији [%] [13]

2. Енергетски биланс

Енергетски биланс представља један од основних елемената за израду пројеката енергетске ефикасности зграда. Основни циљ енергетског биланса је да се прикупљањем и обрадом података о грађевинским карактеристикама објекта, као и енергетским својствима разних система потрошње енергије и воде, провери енергетска ефикасност анализираних објекта [14].

У подручју енергетске ефикасности, енергетски биланс се користи како би се добила што реалнија слика потрошње енергије неког објекта или његових делова. Енергетско билансирање зграде представља прорачун енергетских добитака и енергетских губитака у згради. За ту намену потребно је систематски пратити токове енергетског биланса топлотне енергије стамбеног објекта (Слика 12.) [14].



Слика 12. Енергетски биланс топлотне енергије стамбене зграде

Потрошња енергије у згради зависи од карактеристика саме зграде (њеног облика и конструкционих материјала), карактеристика енергетских система у њој (система грејања, електричних уређаја и расвете, и др.), али и од климатских услова области у којој се зграда налази. Основни појмови за анализу потрошње енергије у зградама су:

- Топлотни губици и добици,
- Коефицијент пролаза топлоте,
- Степен-дани грејања и
- Степен корисног дејства.

Потребна корисна енергија у функцији термичких губитака и добитака изражава се једначином (1).

$$Q_k = Q_{trans} + Q_{vent} - Q_{in} - Q_{sol} \quad (1)$$

Где је:

- Q_k – корисна енергија [kWh],
- Q_{trans} – трансмисиони губици [kWh],
- Q_{vent} – вентилациони губици [kWh],
- Q_{in} – унутрашњи добици [kWh],
- Q_{sol} – добици од сунца [kWh].

Термички добици, односно унутрашњи добици (Q_{in}) не долазе из система грејања, и они представљају топлоту добијену од особа које бораве у простору, као и од уређаја који се у том простору користе. Одређена количина топлоте у простор долази и од сунчевог зрачења (Q_{sol}). Енергија коју је потребно осигурати из система грејања (корисна енергија Q_k) за загревање зграде једнака је једначини 1.

Трансмисиони губици топлоте настају проласком (трансмисијом) топлоте кроз елементе омотача зграде. Они зависе од конструкционих елемената зграде, дебљине термичке заштите на зидовима, прозорима, вратима, итд. Трансмисиони губици нису једини који одређују потребе грејања зграде. Наиме, њима се морају додати и термички губици због проветравања, тзв. вентилациони губици (Q_{vent}).

Да би систем грејања задовољио термичке потребе зграде, потребна је одређена количина примарне енергије (Q). Примарна енергија (једнакост (2)) је већа од корисне енергије, јер технички системи имају своје губитке (Q_{η}). Губици се одређују помоћу степена корисног дејства, одређује се лабораторијским мерењима. Из тога следи једнакост 1.

$$Q = Q_k + Q_{\eta} \quad (2)$$

Где је:

- Q – примарна енергија [kWh],
- Q_k – корисна енергија [kWh]
- Q_{η} – губици техничких система [kWh].

У процесима енергетског билансирања често се посматра потрошња примарне енергије. Однос примарне и финалне енергије се може изразити преко фактора конверзије, као што је приказано у једначини 3:

$$f_{con} = \frac{Q_p}{Q_f} \quad (3)$$

Где је:

- f_{con} – Фактор конверзије [-],
- Q_p - Примарна енергија за грејање [kWh],
- Q_f - Финална енергија за грејање [kWh],

Фактор конверзије зависи од коришћеног енергента и његове вредности су приказане у Табели 1.

Табела 1. Фактор конверзије за енергенте

Енергенти	$f_{con}[-]$
Електрична енергија	2.5
Природни гас	1
Лож уље	1
Централно грејање	1.56
Угаљ и огревно дрво	1

Пренос топлоте трансмисијом подразумева размену топлоте кроз грађевински омотач зграде механизмом пролаза топлоте, која се карактерише коефицијентом пролаза топлоте U [W/m^2K]. Коефицијент пролаза топлоте приказан је једначином (4):

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_u} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_s}} \quad (4)$$

Где је:

- U – Коефицијент топлоте [W/m^2K],
- δ – Дебљина зида [m],
- λ – Топлотна проводљивост [W/mK],
- α_u – Коефицијент прелаза топлоте (споља) [W/m^2K]
- α_s – Коефицијент прелаза топлоте (унутра) [W/m^2K].

Однос корисне и укупно употребљене енергије у неком процесу назива се степен корисности трансформације енергије, (или ефикасност трансформације), у случају топлотне енергије термички степен корисности.

За енергетски биланс потребно је прикупити податке о енергетским својствима система потрошње енергије и воде [15]. У прилогу 1 је дат упитник за прикупљање свих потребних података о енергетским својствима анализираног стамбеног објекта.

3. Мере за побољшање енергетске ефикасности у стамбеном сектору

У Републици Србији трошкови енергије просечног домаћинства износе више од 15% укупних финансијских издатака [16]. Висина финансијских трошкова зависи од периода и квалитета градње, величине објекта, климатских услова, енергената који се користе за загревање као и свакодневних навика људи који бораве у стамбеном објекту.

У стамбеном сектору у Србији према истраживањима највећи део трошкова за енергију одлази на грејање простора и загревање санитарне воде, самим тим и могућности уштеде енергије највеће у том делу потрошње [16].

Улагањем у мере енергетске ефикасности могуће је остварити значајне уштеде у трошковима за енергију. Оваквим улагањима се може постићи вишеструка корист, јер се уз повећање термичког комфора, могу остварити и одређене новчане уштеде.

Постоји велики број мера које, уз мања или већа улагања, дугорочно решавају финансијске проблеме за грејање и електричну енергију и воду. Према обиму улагања постоје три групе мера за повећање енергетске ефикасности објеката:

- Мере које не захтевају улагања,
- Мере које захтевају мала улагања (период отплате до 3 године) и
- Мере које захтевају велика улагања (период отплате преко 3 године).

У Табели 2. су приказане мере за повећање енергетске ефикасности у стамбеном сектору [17].

Табела 2. Мере за побољшање енергетске ефикасности [17]

Мере за побољшање енергетске ефикасности	Период отплате
Топлотна енергија	
Угасити грејање или хлађење ноћу и онда када нема никога у објекту	Без улагања
Спустити ноћу ролетне и навући завесе ради бољег изоловања просторије	Без улагања
Осигурати да радијатори и друга грејна тела нису блокирани неким предметима	Без улагања
Временски оптимизирати грејање и припрему топле потрошне воде	Без улагања
Одржавати температуре у просторијама у зимском периоду на 20 °C	Без улагања
Обезбедити добро заптивање прозора и врата	До 3 године
Изоловати кутије ролетни	До 3 године
Редуковати губитке топлоте кроз прозоре уградњом ролетни и постављањем завеса	До 3 године
Замена система грејања са ефикаснијим и коришћење обновљивих извора енергије	Преко 3 године
Топлотна изолација целог омотача куће	Преко 3 године

Електрична енергија	
Користити микроталасну уместо шпорета	<i>Без улагања</i>
Искључити осветљење и друге апарате и уређаје када се не користе	<i>Без улагања</i>
Чишћењем рерне смањује се потрошња енергије	<i>Без улагања</i>
Замена сијалица са ужареном нити са високоефикасним сијалицама	<i>До 3 године</i>
Постепена замена свих енергетских потрошача са потрошачима класе А	<i>До 3 године</i>
Уградња соларних система за припрему топле воде	<i>Преко 3 године</i>
Вода	
Временски оптимизирати грејање и припрему топле потрошне воде	<i>Без улагања</i>
Смањити температуру потрошне топле воде на 50 °C	<i>Без улагања</i>
Укључивање машина за веш и посуђе само када су пуне	<i>Без улагања</i>
Редовно проверавање исправности и заптивености црева уређаја за снабдевање водом	<i>Без улагања</i>
Куповина енергетски ефикасних славина	<i>До 3 године</i>
Уградња вентила за штедњу воде	<i>До 3 године</i>
Уградња водокотлића са нижом потрошњом воде	<i>До 3 године</i>
Изолација цеви за топлу воду и резервоаре	<i>Преко 3 године</i>
Куповина нове веш машине, и машине за прање судова	<i>Преко 3 године</i>

4. Енергетски биланс једнопородичног стамбеног објекта у насељу Стара радничка колонија - Крагујевац

Објекат представља стамбену породичну кућу изграђену 1997. године, чија површина износи 75.7 m². Стамбени објекат се налази у Крагујевцу, у улици Миодрага Миљковића 27. Изградња стамбеног објекта започета је 1995. године и завршена је 1997. године. У стамбеном објекту живи 6 чланова. Удаљеност објекта од асфалтираног пута је 75 m, док је удаљеност стамбеног објекта од центра града око 3 km. У Табели 3. дате су основне информације о објекту.

Табела 3. Информације о стамбеном објекту

Информације о стамбеном објекту	
Локација	<i>Миодрага Миљковића 27, Крагујевац</i>
Година изградње	<i>1997. година</i>
Површина објекта	<i>75.7 m²</i>
Намена објекта	<i>Стамбена</i>
Тип објекта	<i>Постојећи објекат</i>
Број чланова у домаћинству	<i>6</i>

За потребе прорачуна топлотног оптерећења анализираног објекта, дефинисани су следећи параметри: спољашња пројектна температура, број дана грејања, број степен-дана грејања и просечна температура у грејном периоду.

Да би се одредио утицај ветра на вентилационе губитке зграде потребно је дефинисати: врсту зграде, положај зграде, као и број фасада изложених ветру (Табела 4.) [18].

Табела 4. Климатски подаци и положај објекта [18]

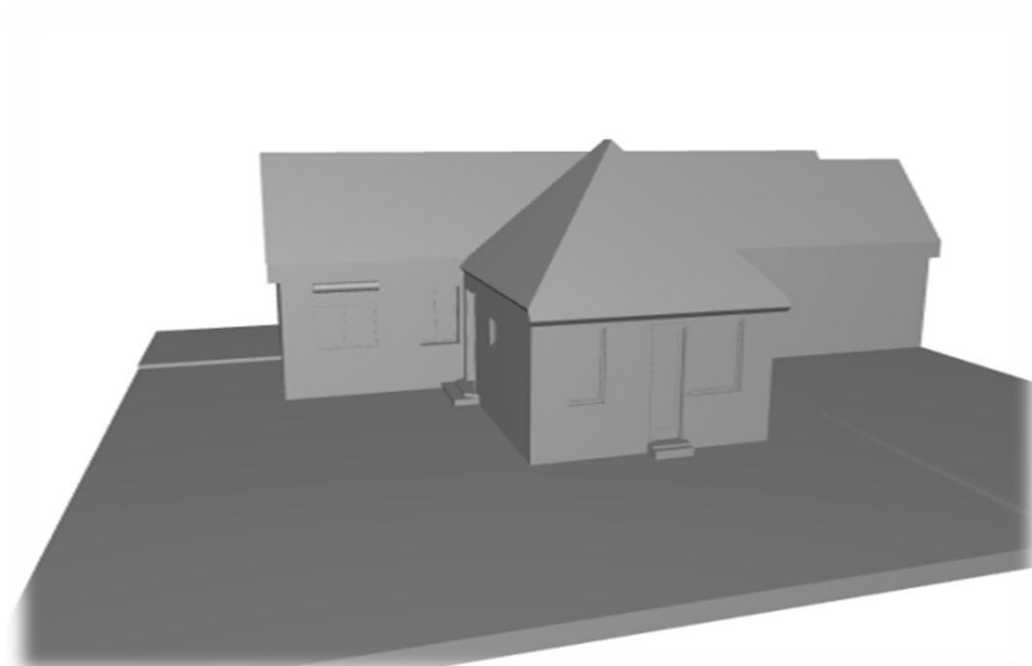
Климатски подаци	
Локација	<i>Крагујевац</i>
Број степен дана грејања (<i>HDD</i>)	<i>2610</i>
Број дана грејања (<i>HD</i>)	<i>180</i>
Спољна просечна температура у грејном периоду [°C]	<i>5.5</i>
Унутрашња пројектна температура [°C]	<i>20</i>
Утицај ветра	
Изложеност ветру	<i>Умерено заклоњен положај</i>
Број фасада изложених ветру	<i>>1</i>

На Слици 13. приказана је локација стамбеног објекта у програму - *Google Earth* [19]. Стамбени објекат, приказан на Слици 13., представља приземну једнопородичну кућу. У близини објекта постоји доста вегетације која лети омогућава заштиту од утицаја Сунчевог зрачења, што такође побољшава и комфор унутар објекта.



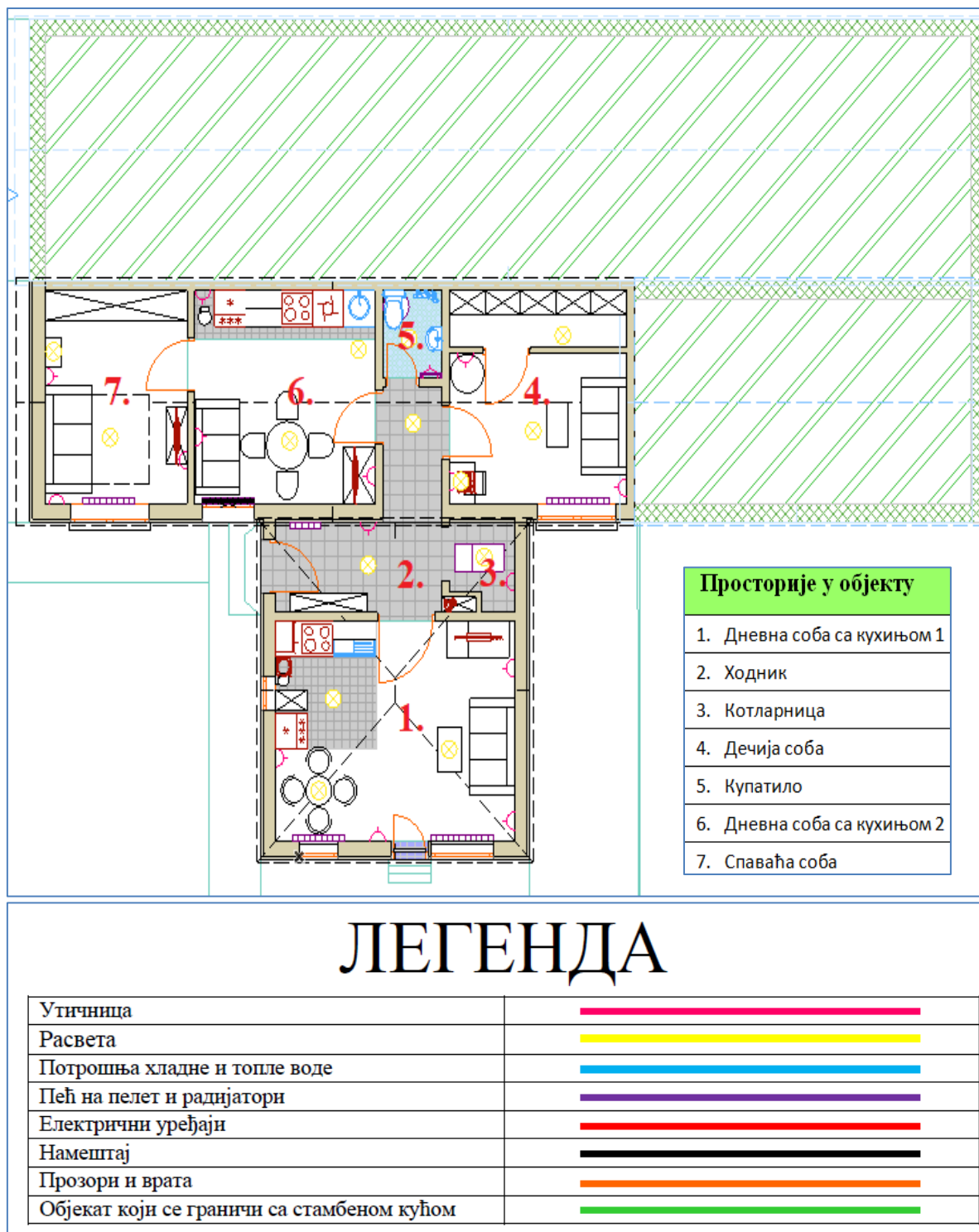
Слика 13. Приказ стамбеног објекта у *Google Earth*-у

3D модел анализираног објекта приказан је на Слици 14. и израђен је применом софтверског програма *ArchiCAD 20* [20].



Слика 14. 3D модел стамбеног објекта

Основа објекта, моделирана у *ArchiCAD*-у [20], приказује распоред просторија, електричних и топлотних уређаја, као и система за припрему и коришћење санитарне воде (Слика 15.). Стамбени објекат је током преподнева изложен мањој количини сунчевог зрачења, јер се прозори налазе са западе стране. Стамбени објекат је спољним зидовима са источне и јужне стране, повезан са још два стамбена објекта, сличне површине.



Слика 15. Основа објекта са легендом

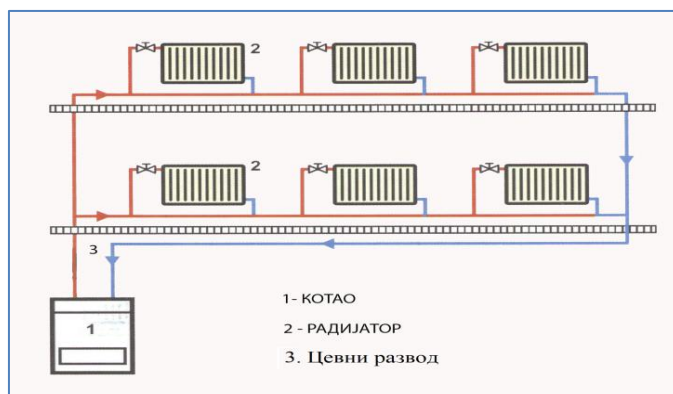
У Прилогу 2. су дати 3D прикази модела стамбеног објекта са свим елементима израђеним у *ArchiCAD*-у.

4.1. Потрошња енергената

4.1.1. Потрошња топлотне енергије

Систем грејања којим се анализираном објекту обезбеђује потребна количина топлотне енергије је централног типа. Централни системи грејања су системи код којих се загревање врши преношењем топлоте посредством флуида, елемената за испоруку топлоте (радијатори) и другим додатним уређајима, у више просторија, кроз цео објект или више објеката, од једног или више топлотних извора, углавном са једног места [21].

Основни елементи система за централно грејање су: извор топлоте (котао на чврсто, течно или гасовито гориво), дистрибуција топлоте (цевни развод, цевна мрежа која служи да се грејни флуид разведе од извора топлоте до грејних тела и да се обезбеди повратак грејног флуида у котлоу) и грејна тела (постоје различите врсте и конструкције грејних тела) [21]. На Слици 16. је представљен шематски приказ централног система грејања.



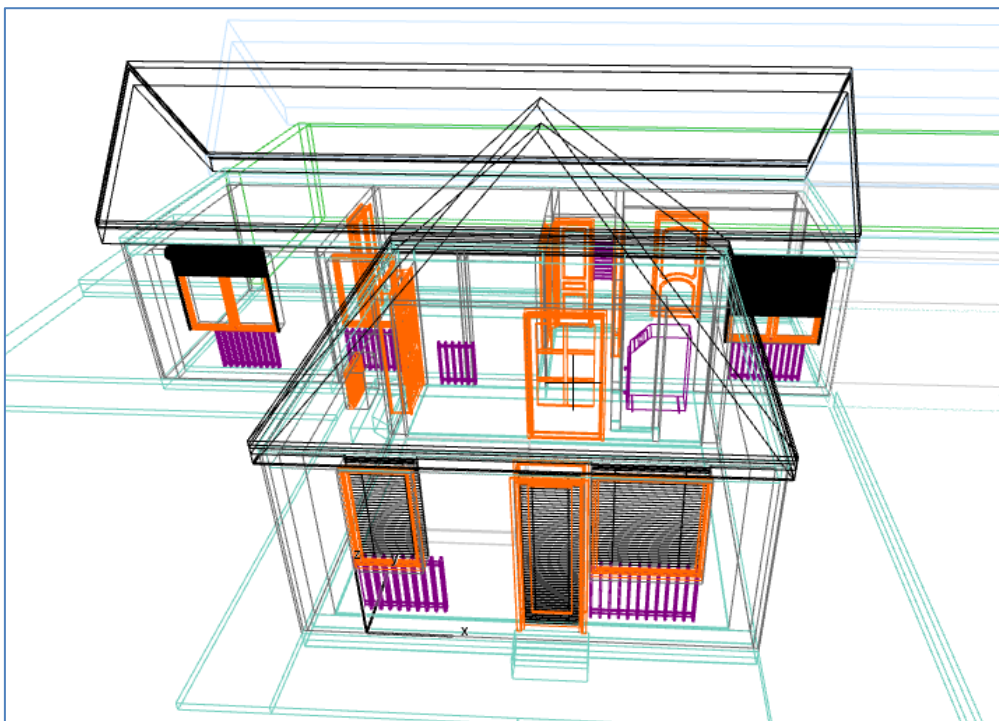
Слика 16. Централни систем грејања

За грејање анализираног објекта користи се пећ за етажно грејање на пелет *Alfa Plam COMMO 21*, чији су изглед и карактеристике приказане на Слици 17. [22]. У претходној грејној сезони стамбени објект се грејао у периоду од октобра 2018. године до половине априла 2019. године.

Пећ за етажно грејање на пелет <i>Alfa Plam COMMO 21</i>	
Снага	21 kW
Моћ грејања зрачењем	3 kW
Капацитет резервоара за пелет	45 kg
Површина загревања	105-135 m ²
Степен искоришћења	81.60 %
Класа енергетске ефикасности	A+
Доња топлотна моћ пелета	5 kWh
Количина пелета за грејни период током једне године	2.5 t
Цена/t	25,000 динара
Добијена количина топлоте	10,200 kWh/год.
Површина која се греје	75.7 m ²
Просечна цена грејања по m ²	303.8309 дин

Слика 17. Пећ за етажно грејање на пелет *Alfa Plam COMMO 21* и њене карактеристике [22]

На Слици 18. дат је приказ грејних тела (радијатора) и пећи на пелет који се користе за грејање објекта. Ови елементи су означени љубичастом бојом. У дечијој соби, купатилу, ходнику, спаваћој соби и дневној соби са кухињом 2 се налази по један радијатор, док се у дневној соби са кухињом 1 налазе два, а у котларници се налази само пећ на пелет.



Слика 18. Грејна тела (радијатори) и пећ на пелет

За загревање анализираниог објекта, у једној грејној сезони, потребно је обезбедити 2.5 t пелета - *Bioenergy* (100 % буков) *EN PLUS A2*. Доња топлотна моћ пелета је 5 kWh/kg [23]. Пелет има врло низак садржај влаге (испод 10 %) што омогућава врло високи коефицијент сагоревања.

Топлотна енергија која се добија у топлотном систему, узимајући у обзир степен искоришћења од 81.60 %, је 10,200 kWh на годишњем нивоу. Јединична цена пелета је 25,000 динара, што значи да трошкови за једну грејну сезону износе 62,500 динара [23].

4.1.2. Потрошња електричне енергије

У анализираном стамбеном објекту користи се електромеханичко бројило. Разводни ормар садржи наизменично трофазно бројило чија је активна енергија 3x220/380 V, са три главна осигурача. Тип бројила је T2B произвођача Штевец. Константа мерења бројила је 150 обр/kWh.

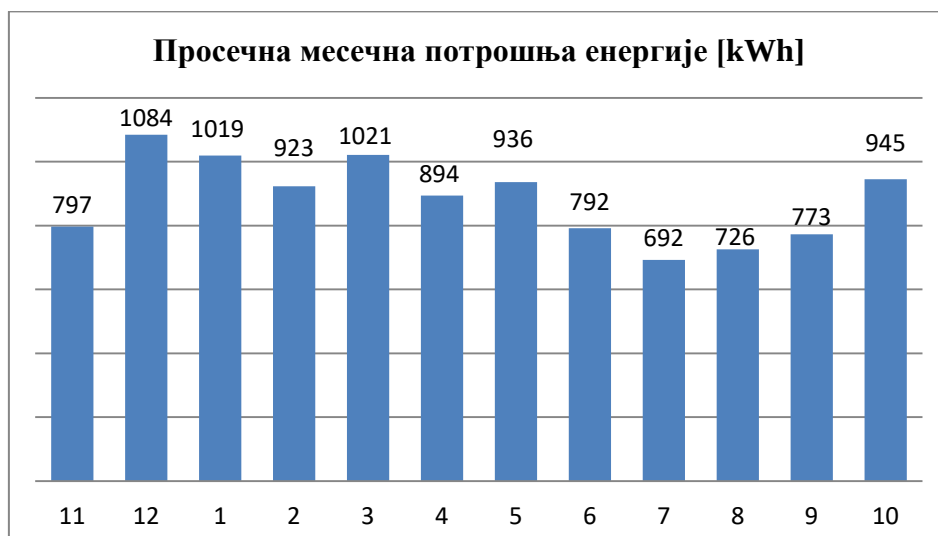
У Табели 5. је приказана структурна потрошња електричне енергије [kWh] и цена [РСД] за период од новембра 2018. до октобра 2019. године. У периоду од годину дана потрошено је 10,878 kWh електричне енергије, односно 75,552 динара. Према подацима из Табеле 5. може се видети да се највише електричне енергије потроши у плавој зони (од 351 до 1600 kWh) када трошкови за потрошену електричну енергију износе 8.943 дин./kWh, док се знатно мања количина електричне енергије троши у зеленој зони (до 350 kWh) када је цена електричне енергије 1.491 дин/kWh [24]. У табели није приказана

потрошња електричне енергије у црвеној зони (преко 1600 kWh), јер у анализираном периоду од новембра 2018. до октобра 2019. године није било прекорачења у потрошњи електричне енергије.

Табела 5. Потрошња електричне енергије у kWh и цена у динарима

Редни број Месеца	Датум очитавања	Зелена зона ВТ [kWh]	Зелена зона НТ [kWh]	Плава зона ВТ [kWh]	Плава зона НТ [kWh]	Укупно [kWh]	Укупно [РСД]
11	02.12.2018.	223	104	320	150	797	6,137.21
12	04.01.2019.	251	134	455	244	1084	7,573.08
1	03.02.2019.	227	123	434	235	1019	7,132.18
2	03.03.2019.	215	112	391	205	923	6,484.69
3	03.04.2019.	256	106	466	193	1021	7,539.97
4	02.05.2019.	234	104	384	172	894	6,442.64
5	03.06.2019	255	118	385	178	936	6,644.78
6	04.07.2019.	250	112	297	133	792	6,335.66
7	03.08.2019.	238	112	232	110	692	4,688.03
8	04.09.2019.	260	113	246	107	726	4,989.40
9	04.10.2019.	236	114	285	138	773	5,321.20
10	05.11.2019.	229	144	352	220	945	6,263.83
Укупно		2,874	1,396	4,247	2,085	10,602	75,552.67

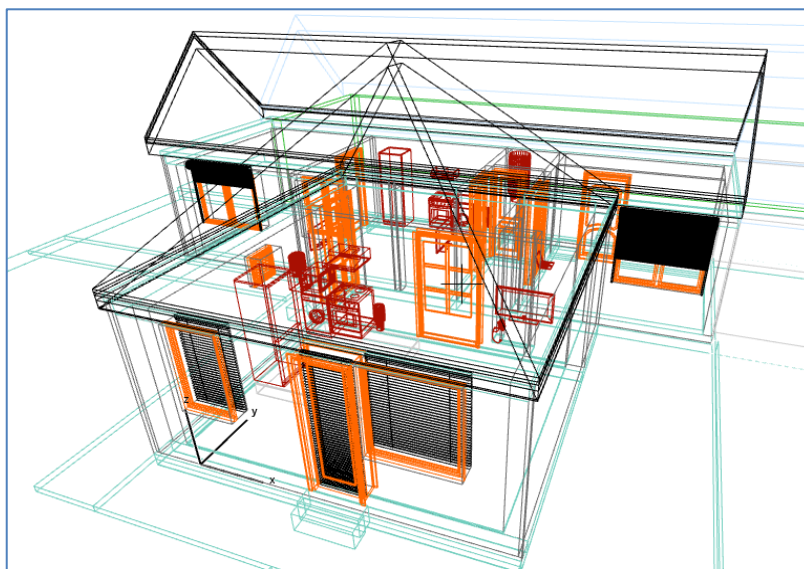
Потрошња електричне енергије по месецима приказана је на Слици 19. Према подацима са слике може се закључити да се највише електричне енергије троши у зимском периоду (децембар и јануар), када се више времена проводи унутар анализираног стамбеног објекта. Такође велика количина електричне енергије се троши и током априла и маја (894 и 936 kWh). Узрок оваквих варијација представља повећана употреба електричних уређаја у посматраном периоду. Знатно мања количина електричне енергије троши у јулу – 692 kWh, што представља период када већи број чланова домаћинства није боравио у стамбеном објекту.



Слика 19. Просечна месечна потрошња енергије

4.1.2.1. Електрични уређаји

Црвеном бојом су на Слици 20. приказани електрични уређаји који се користе у објекту.



Слика 20. Приказ електричних уређаја

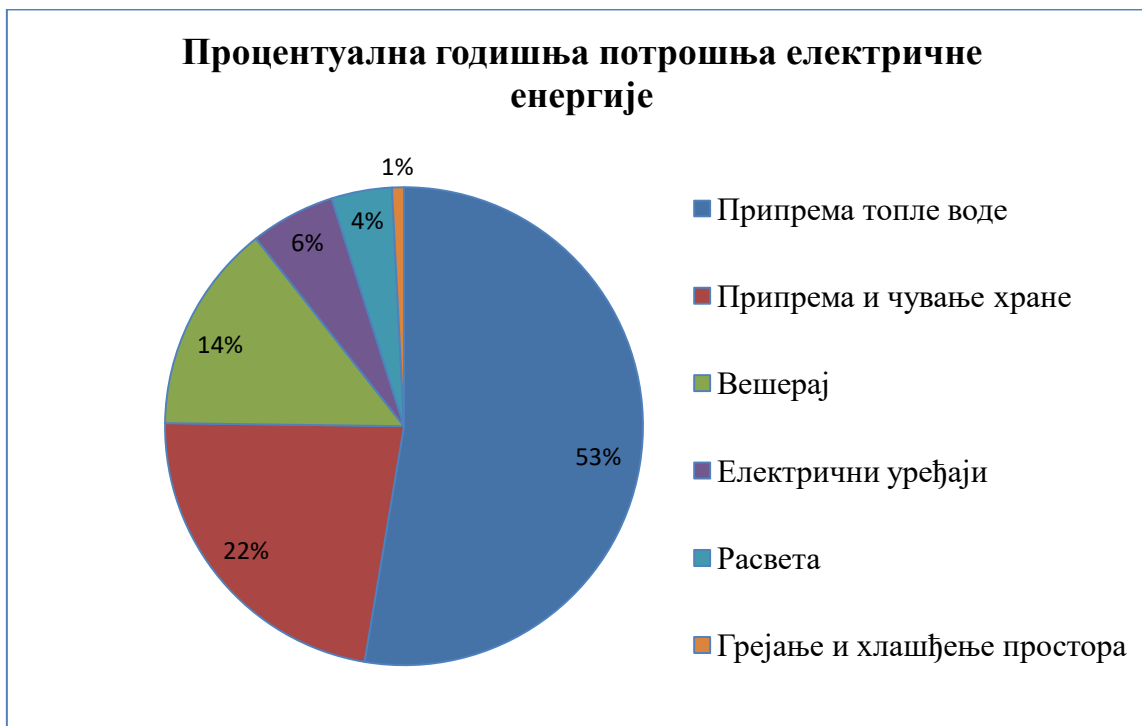
У Табели 6. приказани су уређаји који се користе у објекту за припрему топле воде, грејање и хлађење простора, припрему и чување хране, вешерај и електрични уређаји. Поред типа уређаја и карактеристика, дати су подаци о називној снази, просечно годишње ангажовање и просечну годишњу потрошњу електричне енергије. Укупна просечна годишња потрошња за све електричне уређаје износи: 10,451.94 kWh. Док специфична потрошња електричне енергије за уређаје по кориснику износи: 1,741.99 kWh/кориснику.

Табела 6. Електрични уређаји

Уређаји	Тип уређаја и основне карактеристике	Називна снага [W]/ Енергија по циклусу [kWh]	Опис	Просечно годишње ангажовање [h]/ Број циклуса	Просечна годишња потрошња електричне енергије [kWh]
1. Припрема топле воде					
Бојлер - купатилски	<i>Gorenje</i>	2000 W		2190	4380
Бојлер - кухињски	<i>Metalac</i>	2000 W		400	800
Бојлер - кухињски	<i>Gorenje</i>	2000 W		380	760
Укупно					5,940
2. Грејање и хлађење простора					
Циркулациона пумпа	<i>Wilo RS 25/6-3</i>	93 W	-	900	83.7
Укупно					83.7
3. Припрема и чување хране					
Ел. Шпорет – Рингла 1	<i>Gorenje</i>	3000 W	1200+1800	320	960
Ел. Шпорет – Рерна 1	<i>Gorenje</i>	2200 W		150	330
Ел. Шпорет – Рингла 2	<i>Beko</i>	2500 W	1000+1500	140	350
Ел. Шпорет – Рерна 2	<i>Beko</i>	2400 W		60	144
Фрижидер 1	<i>LG</i>	=	268kwh/год.	8760	268
Фрижидер 2	<i>LG</i>	=	192kwh/год.	8760	192
Кувало за кафу	<i>Gorenje</i>	300 W		80	24
Миксер	<i>Bosch</i>	450 W		8	3.6
Микроталасна	<i>VOX</i>	800 W		40	32
Аспиратор 1	<i>Davoline Olympia</i>	166 W		210	34.86
Аспиратор 2	<i>Favorit</i>	180 W		80	14.4
Укупно					2,352.86
4. Вешерај					
Комбинована машина за веш	<i>LG</i>	5.67 kWh	Прање+центрифуга+сушење (5.67 kWh/циклус)	90	510,3
Комбинована машина за веш	<i>LG</i>	1.22 kWh	Прање+центрифуга (1.22 kWh/циклус)	220	268.4
Пегла	<i>Tefal</i>	2200 W		220	484
Веш машина	<i>Gorenje</i>	1.34 kWh	1.34 kwh/циклус	160	214.4
Укупно					1,477.1
5. Електронски уређаји					
Телевизор 1	<i>Samsung</i>	75 W	7	2000	150
Телевизор 2	<i>LG</i>	55 W		1825	136.87
Модем	<i>Cisco</i>	8 W		8760	70.08
Лап топ	<i>lenovo</i>	38 W		400	15.2
Усисивач 1	<i>Samsung</i>	2200 W		90	198
Фен за косу	<i>Beurer</i>	2200 W		15	33
Усисивач 2	<i>Gorenje</i>	2400 W		55	132
Укупно					598.28

Укупна потрошња електричне енергије износи: 10,878.68 kWh/год. Процентуална годишња расподела потрошње електричне енергије приказана је на Слици 21. Највише

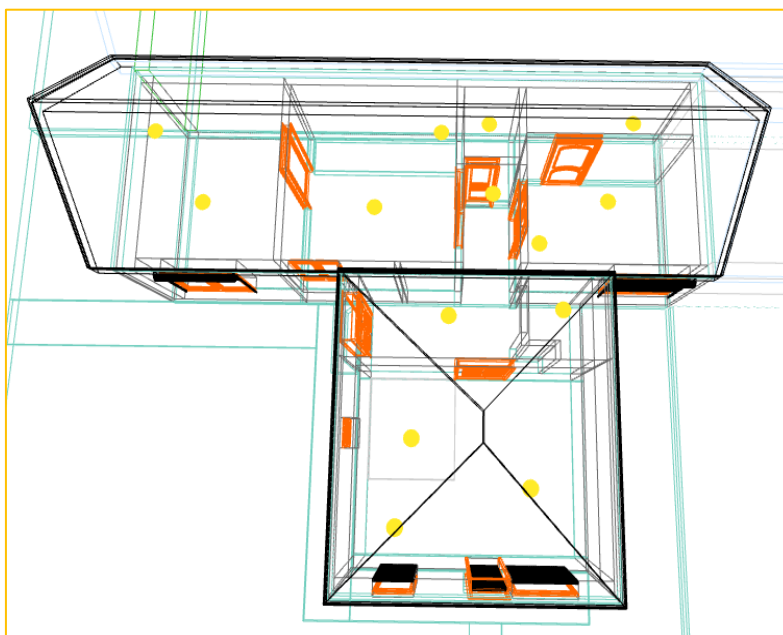
електричне енергије се потроши за припрему топле воде (5,940 kWh), затим за припрему и чување хране (2,386 kWh), за вешерај (1,477.10 kWh), за електричне уређаје (598.28 kWh), за расвету (426.74 kWh), док се за грејање и хлађење простора користи (83.70 kWh) електрична енергија.



Слика 21. Процентуална годишња расподела потрошње електричне енергије

4.1.2.2. Расвета

На Слици 22. дат је приказ расвете која је означена жутим бојом и распоред расвете по просторијама у домаћинству.



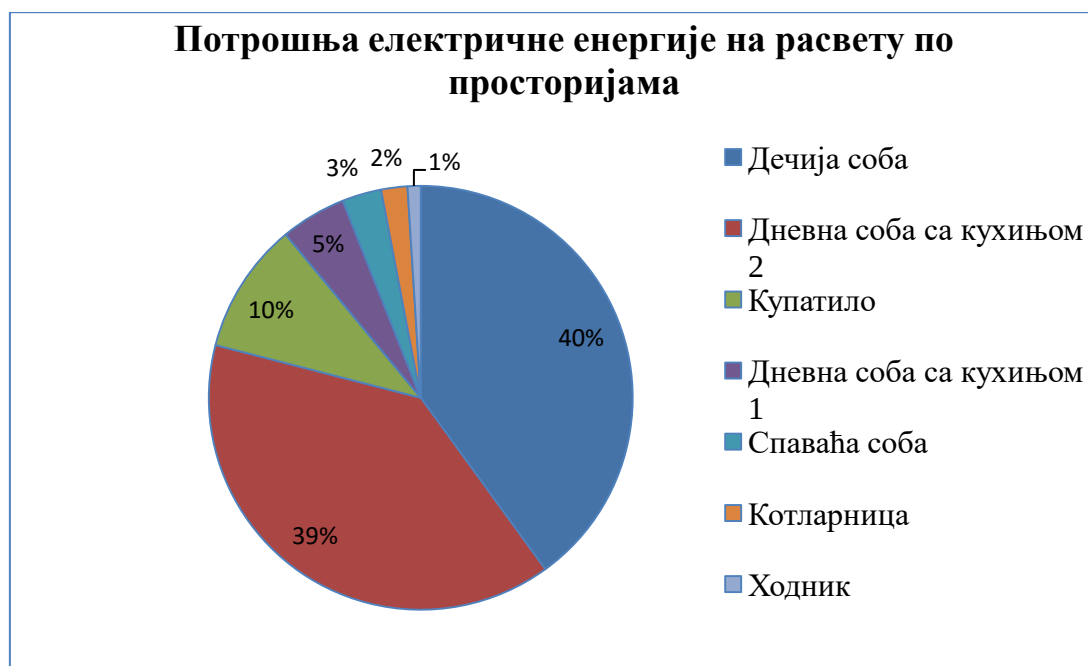
Слика 22. Приказ расвете по просторијама

У домаћинству се потроши 426.74 kWh електричне енергије на расвету, односно 3,041.06 динара на годишњем нивоу (Табела 7.).

Табела 7. Број сијалица и њихова потрошња по просторијама

Просторије	Број сијалица	Тип сијалице	Укупна снага [W]	Годишње ангажовање [h]	Просечна годишња потрошња[kWh]
Дневна соба и кухиња 1	3	LED	27	760	20.52
Ходник	2	LED	18	250	4.5
Котларница	1	IL	60	150	9
Дечија соба	3	LED	27	1060	170
Спаваћа соба	2	LED	18	840	15.12
Дневна соба и кухиња 2	2	IL	150	1100	165
Купатило	1	IL	60	710	42.6
Укупна годишња потрошња [kWh]					426.74
Укупно на осветљење годишње дин.					3,041.06 дин.

Потрошња електричне енергије за расвету, распоређена по просторијама у стамбеном објекту приказана је на Слици 23. На слици се може видети да се највише електричне енергије за расвету потроши у дечијој соби, док се најмање потроши у ходнику.



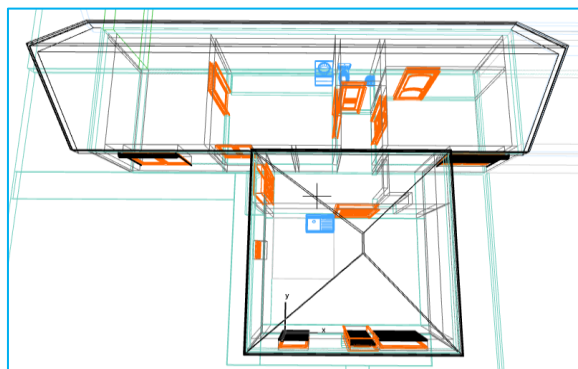
Слика 23. Потрошња електричне енергије на расвету по просторијама

4.1.2.3. Систем за припрему санитарне топле воде

Анализирани стамбени објекат поседује локални систем припреме санитарне топле воде. Санитарна топла вода је топла вода добијена грејањем воде из водоводне мреже [25]. У објекту се налазе три електрична акумулациона бојлера. Два мања акумулациона бојлера се налазе у кухињи 1 и кухињи 2, док се већи акумулациони бојлер налази у купатилу. Снага сва три бојлера је 2,000 W. Већи бојлер који се налази у купатилу је укључен 6 h сваког дана, што изискује велике трошкове.

4.2. Потрошња воде

У дворишту суседног стамбеног објекта са којим се граничи анализирани објекат, налази се водомер којим се мери потрошња воде. Стамбени објекат се снабдева водом из градске водоводне мреже. Унутрашња водоводна мрежа се налази у добром стању, док се спољна водоводна мрежа не налази у добром стању, што узрокује честе кварове. У стамбеном објекту постоји 6 потрошних места: три славине, уређај за испирање тоалета и прикључак за две веш машине. Приказ потрошње воде дат је на Слици 24.



Слика 24. Приказ потрошње хладне и топле воде

Славине које се налазе у стамбеном објекту троше велике количине воде због своје честе употребе. На основу прикупљених рачуна за временски период од годину дана потрошено је 375.43 m³ воде, односно 22,987 динара. Просечна цена воде по m³ износи 61.23 динара (Табела 8.).

Табела 8. Потрошња воде по месецима

Месец	Потрошња [m ³]	Трошак [РСД]
11. Новембар	31.49	1,928.13
12. Децембар	30	1,836.9
1. Јануар	32.12	1,966.71
2. Фебруар	25.78	1,578.51
3. Март	29.6	1,812.41
4. Април	34	2,081.82
5. Мај	28	1,714.44
6. Јун	32	1,959.36
7. Јул	34	2,081.82
8. Август	32	1,959.36
9. Септембар	32.58	1,994.98
10. Октобар	33.86	2,073.25
Укупно	375.43	22,987.69

На основу прикупљених рачуна на Слици 25. је приказана промена потрошње воде за период од новембра 2018. до октобра 2019. године. Са Сlike 25. може се закључити да је потрошња воде највећа у јуну и септембру (34 m^3), док је најмања потрошња воде била у априлу 2019. године (25.78 m^3), јер у том периоду неки чланови домаћинства нису боравили у стамбеном објекту.



Слика 25. Промена потрошње воде по месецима

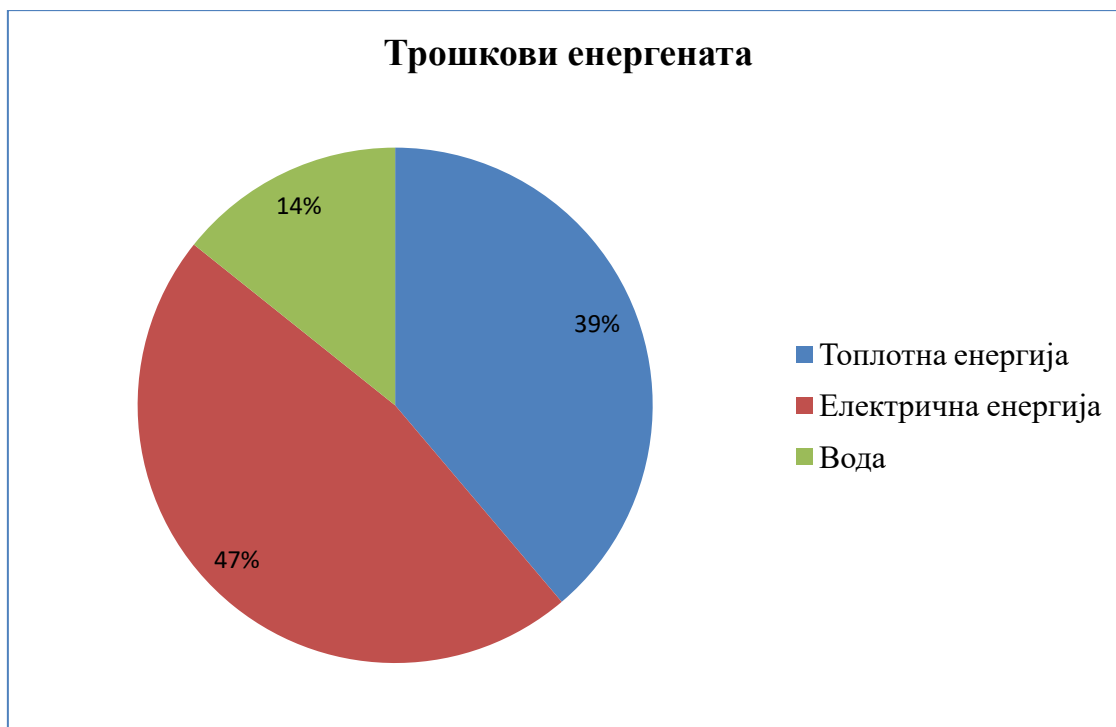
4.3. Трошкови за енергенте на годишњем нивоу

У Табели 9. приказани су укупни трошкови за енергенте на годишњем нивоу, изражени у динарима. Укупни трошкови за енергију током једне године износе 161,040.36 динара.

Табела 9. Годишња трошкови

Енергија	Годишњи трошкови [РСД]
Топлотна енергија	62,500
Електрична енергија	75,552.67
Вода	22,987.69
Укупно	161,040.36

На Слици 26. процентуално су приказани трошкови енергената на годишњем нивоу. На слици се може видети да највећи удео заузима електрична енергија 47 %, затим топлотна енергија 39 % и 14 % вода.



Слика 26. Процентуална потрошња енергената на годишњем нивоу у динарима

4.4. Анализа термичког омотача једнопородичног стамбеног објекта

Са циљем одређивања енергетског разреда анализираног стамбеног објекта анализиран је термички омотач применом програма *KnaufTerm 2 PRO* [18].

Топлотна енергија губи се кроз омотач зграде, који чине сви гранични елементи који одвајају грађевински објекат од ваздуха или тла на коме је подигнут:

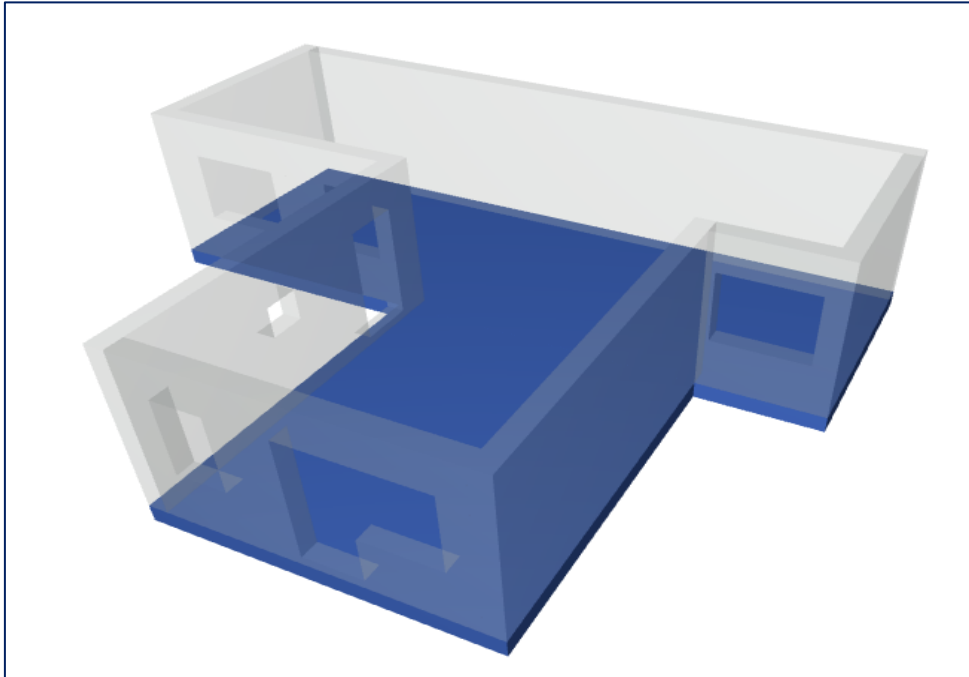
- Кровна конструкција,
- Спољни зидови објекта,
- Прозори и врата објекта и
- Основа објекта.

Улога омотача је да штити унутрашњи простор од утицаја спољних температура, од падавина, ветра, буке и других спољних неповољности, омогућава приступ природне светлости у унутрашњост објекта, и омогућава визуелни контакт људима у објекту са околном природом.

Мере енергетске ефикасности на омотачу зграде спроводе се са циљем смањења трансмисионих и вентилационих топлотних губитака, уз побољшање услова термичког комфора [21].

4.4.1. Под на тлу

Темељ (под на тлу) стамбеног објекта површине 75.7 m^2 је приказан на Слици 27. Испод подова налази се шљунак у слоју од 40 см. Коефицијент пролаза топлоте кроз темељ износи: $U = 1.364 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Слика 27. Под на тлу

Темељ стамбеног објекта је направљен од материјала који су приказани у Табели 10.

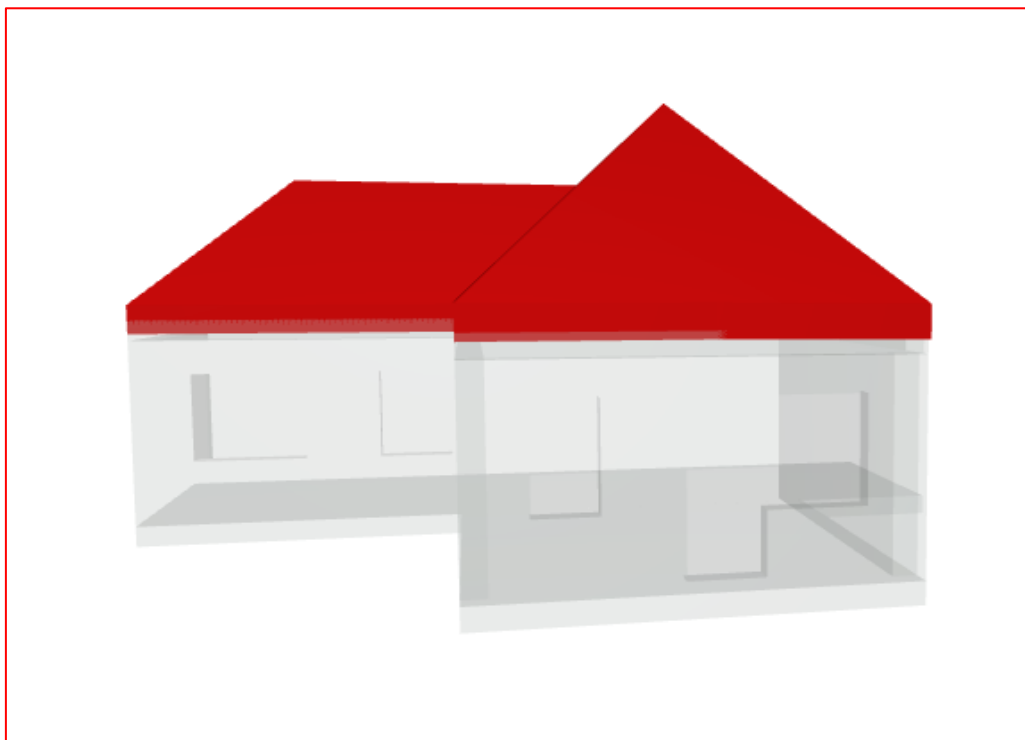
Табела 10. Структура темеља

Ред. бр.	Материјал	Дебљина [cm]
1.	Песак, шљунак	40
2.	Бетон	30
3.	Битуменска хидроизолација	0.5
4.	Цементна кошуљица	5
5.	Паркет	2.2

4.4.2. Кос кров изнад грејаног простора

Кровна конструкција објекта је изведена као коса, на две воде. Кров је прекривен печеним правоугаоним црепом димензија 35x20 cm и дебљине 2 cm. Да би се одводила атмосферска вода услед падавина постављени су олуци од поцинкованог лима. Кроз кровну конструкцију пролази димњак од пуне опеке и шамотних елемената, који се налази у котларници.

Кос кров изнад грејаног простора дат је на Слици 28. Коефицијент пролаза топлоте кроз кос кров износи: $U = 0.350 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Слика 28. Кос кров изнад грејаног простора

Дебљина коришћених материјала је приказана у Табели 11.

Табела 11. Структура косог крова

Ред. бр.	Материјал	Дебљина [cm]
1.	Гипс – картон плоче	1.25
2.	Knaufinsulation Homeseal LDS 5	0.032
3.	Стаклена вуна	10
4.	Knaufinsulation Homeseal LDS 5	0.032
5.	Цреп	2

4.4.3. Зидови

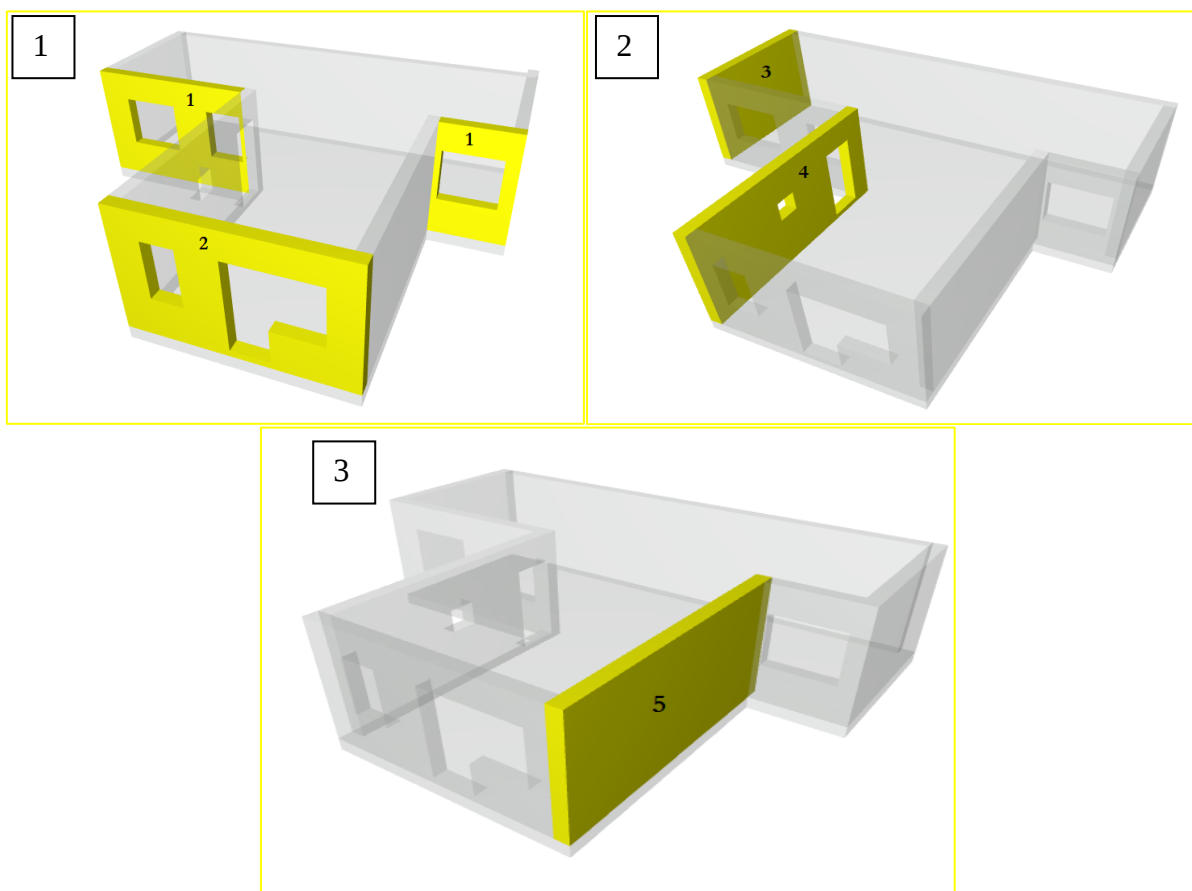
Стамбени објекат се састоји од спољних и зидова између грејаних просторија различитих корисника. Укупна површина зидова износи 96.34 m².

4.4.3.1. Спољни зидови

Укупна површина спољних зидова (Слика 29.) на објекту износи 56.66 m². У Табели 12. су дати подаци о спољним зидовима као што су: ознака слике, број зида, страна света на којој се зид налази као и површина сваког спољног зида.

Табела 12. Подаци за спољне зидове

Ознака слике	Страна света	Површина зида [m ²]
1	Запад	11.31
1	Запад	9.04
2	Север	10.12
2	Север	12.00
3	Југ	14.19



Слика 29. Спољни зидови на објекту

Спољни зидови стамбеног објекта изграђени су од материјала који су приказани у Табели 13. Коефицијент пролаза топлоте кроз спољни зид износи: $U = 0.381 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Табела 13. Структура спољних зидова

Ред. бр.	Материјал	Дебљина [cm]
1.	Продужени кречни малтер	2
2.	Опека шупља + продужени кречни малтер (1 cm)	25
3.	Полистирен плоче	8
4.	Цементни малтер	2

4.4.3.2. Зидови између грејаних просторија различитих корисника

Укупна површина зидова између грејаних просторија различитих корисника (Слика 30.) на објекту износи 39.68 m^2 . На првој слици је приказан зид између грејаних просторија различитих корисника који се налази на источној страни објекта.

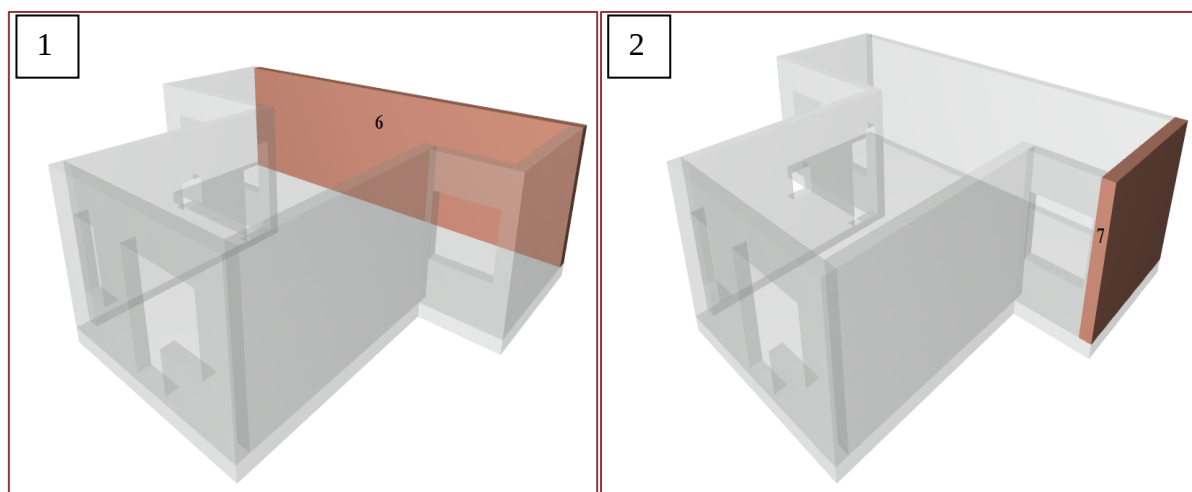
Површина зида између грејаних просторија различитих корисника на источној страни:

- Зид 6 – 29.42 m^2 .

На другој слици је приказан зид између грејаних просторија различитих корисника који се налази на јужној страни објекта.

Површина зида између грејаних просторија различитих корисника на јужној страни:

- Зид 7 – 10.26 m^2 .



Слика 30. Зидови између грејаних просторија различитих корисника на објекту

Зидови између грејаних просторија различитих корисника стамбеног објекта су изграђени од материјала који су дати у Табели 14.

Табела 14. Структура зидови између грејаних просторија различитих корисника

Ред. бр.	Материјал	Дебљина [cm]
1.	<i>Продужени кречни малтер</i>	2
2.	<i>Опека шупља + продужени кречни малтер (1 cm)</i>	19
3.	<i>XPS $d \leq 8$ cm, глатки,</i>	3
4.	<i>Продужени кречни малтер</i>	2

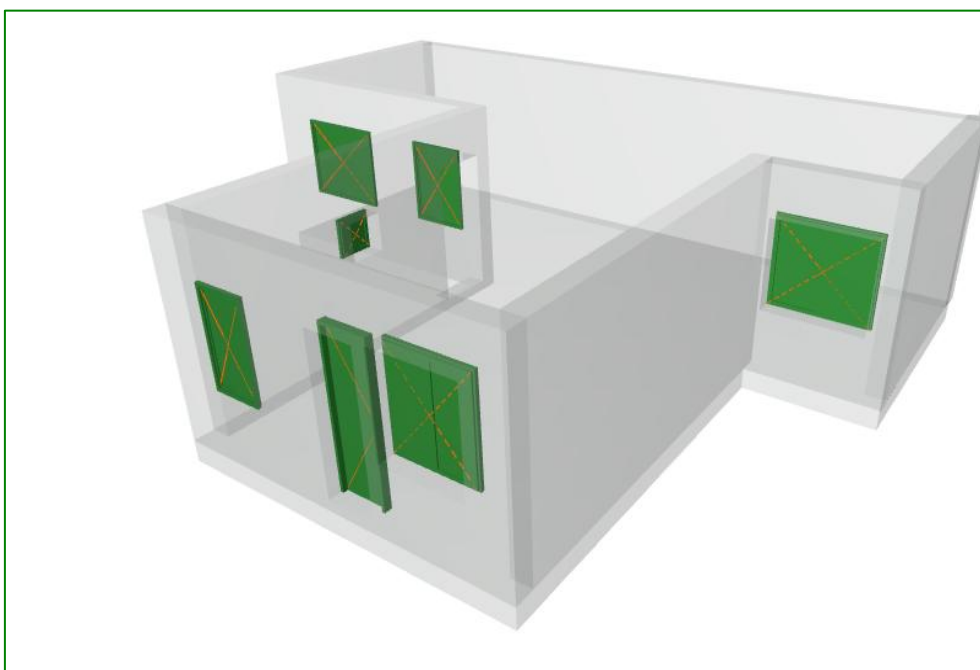
Коефицијент пролаза топлоте кроз зидове између грејаних просторија различитих корисника износи: $U = 0.681 \text{ W/m}^2\text{K}$.

4.4.4. Прозори и балконска врата

На спољним зидовима анализираниог стамбеног објекта, налазе се 6 прозора и 1 балконска врата (Слика 31).

Пет прозора је са дрвеним рамом и двоструким застакљењем, док је један прозор на дечијој соби PVC прозор, такође са двослојним стаклом. Укупна површина прозора на објекту износи 8.135 m^2 , док је коефицијент пролаза топлоте $U = 2.8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

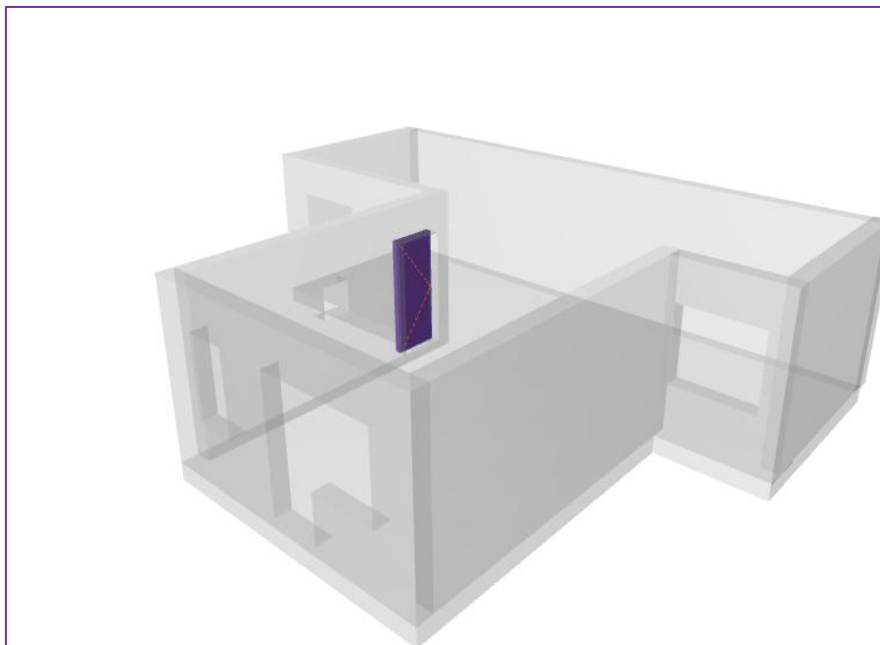
У стамбеном објекту постоје и балконска врата која обезбеђују излаз у двориште. Балконска врата се састоје од дрвеног рама и застакљена су стакло пакетом 4-16-4 mm. Површина балконских врата износи 1.47 m^2 , док је коефицијент пролаза топлоте $U = 3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Слика 31. Прозори и балконска врата на објекту

4.4.5. Спољна врата

Спољна врата се налазе на северној страни објекта. Врата су једнокрилна, од *PVC*-а. Њихова површина износи 1.89 m^2 . Спољна врата су приказана на Слици 32. Коефицијент пролаза топлоте износи $U = 3.1 \text{ W/m}^2\text{K}$.



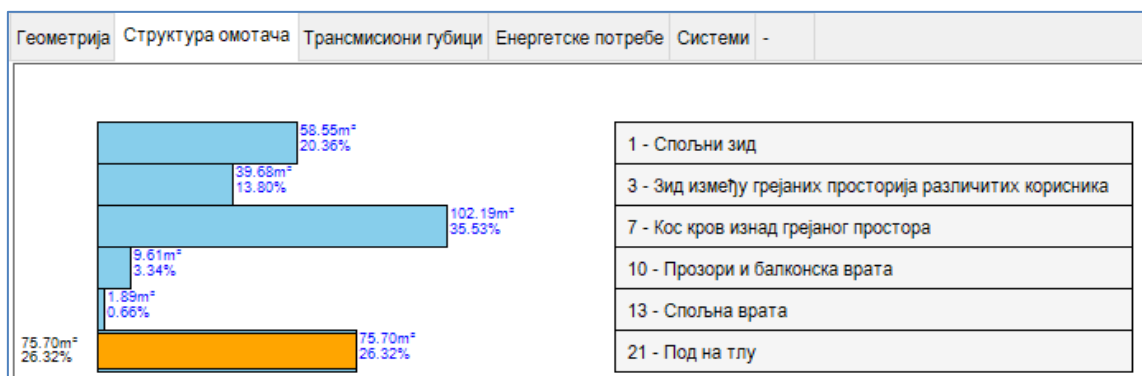
Слика 32. Спољна врата на објекту

4.5. Потребна енергија за загревање објекта и енергетски разред објекта

Структура омотача, у односу на површине склопова које чине омотач, приказана је на Слици 33.

Уз сваку групу позиција дати су следећи подаци:

- Површина (m^2),
- Процентуално учешће у површини омотача,
- Површина селектованог склопа и
- Процентуално учешће селектованог склопа у површини омотача [18].



Слика 33. Структура омотача објекта

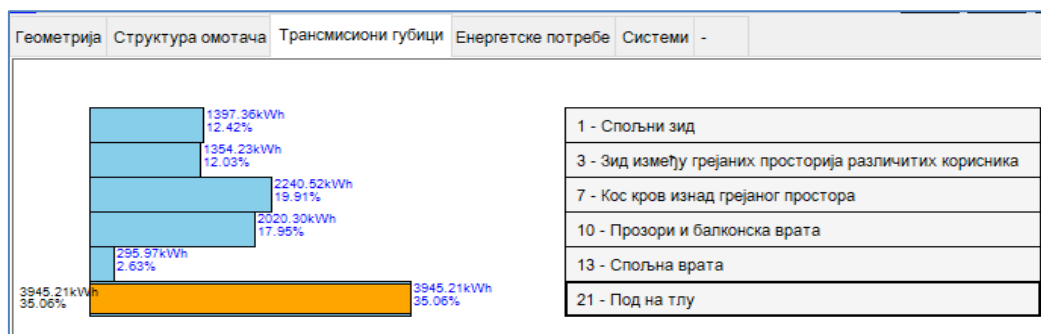
На слици се може видети колику површину заузимају склопови омотача. Највећу површину заузима кос кров изнад грејаног простора, док најмању заузимају спољна врата.

Трансмисиони губици кроз склопове који чине омотач, и њихов међусобни однос је дат на Слици 34.

Уз сваку врсту конструкција дати су следећи подаци:

- Трансмисиони губици по врсти конструкција [kWh],
- Процентуално учешће у односу на укупне трансмисионе губитке кроз омотач,
- Трансмисиони губици селектованог склопа [kWh] и
- Процентуално учешће трансмисоних губитака селектованог склопа у односу на укупне трансмисионе губитке кроз омотач [18].

На основу добијених података, може се закључити да се највећи трансмисиони губици јављају се на темељу стамбеног објекта – 3,945.21 kWh, док су најмањи губици на спољним вратима – 295.97 kWh.



Слика 34. Трансмисиони губици објекта

Енергетски разред зграде је показатељ енергетских својстава зграде [26]. У прозору Енергетски разред датом на Слици 35., приказује се укупан биланс енергије потребан за грејање, преко трансмисоних губитака (Q_t), вентилационих губитака (Q_v), соларних добитака (Q_{sol}), добитака од људи (Q_{lj}) и добитака од електричних уређаја (Q_{el}). Могуће је да се из калкулације искључе поједини или сви топлотни добици (Q_{sol} , Q_{lj} , Q_{el}). На основу овог биланса, као и на основу вредности грејане површине, израчунава се специфична потрошња енергије за грејање (Q_h), што се пореди са декларисаним и лимитираним вредностима, сврставајући зграду у одговарајући енергетски разред. Након унетих параметара и карактеристика објекта, одређено је да је енергетски разред анализираног стамбеног објекта F , са потрошњом од $151.51 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.



Слика 35. Енергетски разред објекта

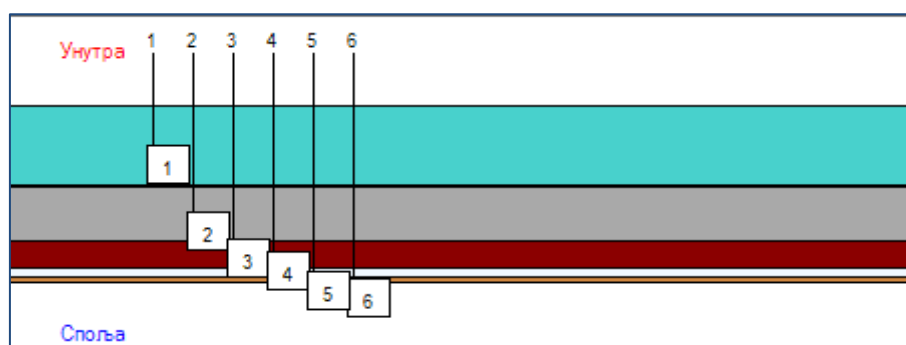
5. Предлог мера побољшања енергетске ефикасности објекта и техно–економска анализа

5.1. Предлог мера за смањење потрошње топлотне енергије

Анализом омотача објекта може се закључити да највећи део топлотне енергије одлази на трансмисионе губитке темеља стамбеног објекта—3945.21 kWh. Узрок ових губитака представља лоша изолованост темеља. Како би се смањили трансмисиони губици на темељу, једна од могућих мера побољшања енергетске ефикасности објекта је уградња плуте, у слојеве темеља (Слика 36.). Плута је природни материјал, који је веома добар изолатор, пропушта пару и ваздух, тешко сагорева и има дугачак век трајања. Након уградње плуте коефицијент пролаза топлоте кроз темељ износи: $U = 0.348 \text{ W/m}^2\text{K}$, док је пре уградње плуте коефицијент пролаза топлоте кроз темељ био: $U = 1.664 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Структура темеља стамбеног објекта након уградње плуте:

1. Песак, шљунак,
2. Бетон,
3. Битуменска хидроизолација,
4. Плута,
5. Цементна кошуљица и
6. Паркет.



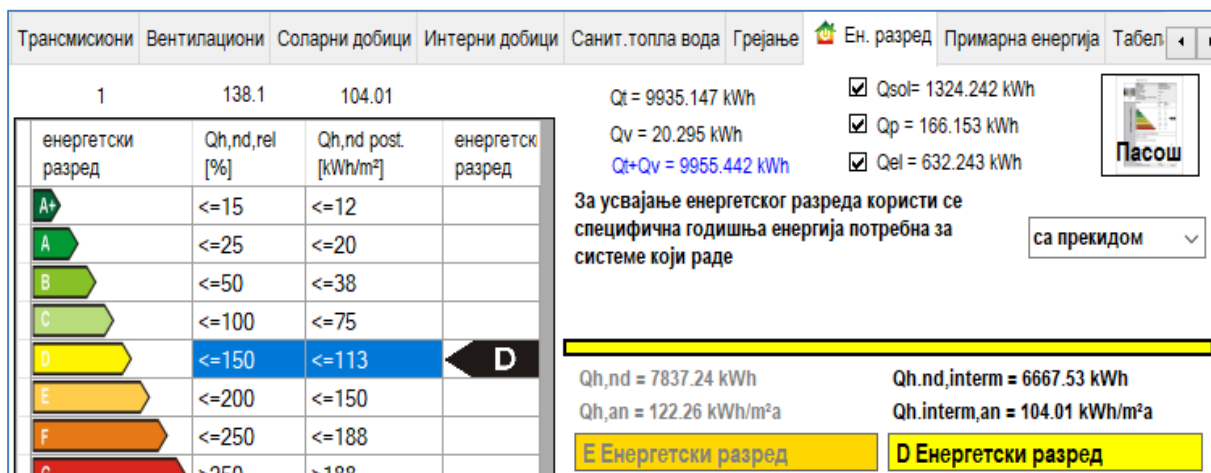
Слика 36. Слојеви темеља после уградње плуте

Највећи трансмисиони губици су се јављали на темељу стамбеног објекта и након уградње плуте су се смањили и износе 825.08 kWh (Слика 37.).



Слика 37. Трансмисиони губици након уградње плуте у слојеве темеља

Након уградње плуте у слојеве темеља анализирани објект прелази у енергетски разред *D* (Слика 38.).



Слика 38. Енергетски разред објекта након уградње плуте

У Табели 15. су дати подаци који су потребни за техно-економску анализу. У табели је приказана потребна количина материјала за изолацију, као и њихова тржишна цена. Уколико је пре поставке нове кошуљице, потребно да се уклони стара кошуљица, цена цементне кошуљице ће износити око 650 динара/м², самим тим трошкови се повећавају [27]. За ову меру унапређења енергетске ефикасности објекта потребно је издвојити 119,275 динара.

Табела 15. Потребна количина материјала за изолацију и цена

Плута (50 mm) [28]	
Малопродајна цена са ПДВ-ом (једно паковање) [РСД]	2,700
Малопродајна цена са ПДВ-ом (26 паковања) [РСД]	70,200
Цементна кошуљица (40 mm)	
Цена/м ² [РСД]	650
Цена за 75.7 м ² [РСД]	49,075

Уградњом плуте и постављањем нове цементне кошуљице, као мере побољшања енергетске ефикасности објекта смањени су трансмисиони губици са 13,048.879 kWh на 9,928.745 kWh, и тиме се остварује уштеда од 3,120.134 kWh топлотне енергије годишње.

Како је јединична цена топлотне енергије 6.13 дин/kWh, смањењем трансмисионих губитака пода се годишње може остварити уштеда од 19,157.63 динара. Уколико се у обзир узме цена уградње материјала, на основу прорачуна простог периода отплате, инвестиција ће се исплатити за 6 година и 2 месеца.

5.2. Предлог мера за смањење потрошње електричне енергије

Као што је у поглављу 4 приказано, у анализираном објекту се значајан део електричне енергије потроши на рад расвете. Анализом могућности за постизање уштеде, утврђено је да се заменом *IL* сијалица *LED* расветом може остварити уштеда од 237.68 kWh (44 %), односно 3,041.06 динара.

Након постављања *LED* сијалица у свим просторијама укупни трошкови за осветљење на годишњем нивоу износе 1,693.77 динара. Самим тим може се закључити да се постављањем *LED* сијалица на годишњем нивоу уштеди 1,347.29 динара. У Табели 16. је приказана укупна годишња потрошња у динарима и kWh за расвету, након постављања *LED* сијалица уместо *IL* сијалица. Зеленом бојом су означене сијалице које су замењене.

Табела 16. Распоред расвете по просторијама

Просторије	Број сијалица	Тип сијалице	Укупна снага [W]	Годишње ангажовање [h]	Просечна годишња потрошња[kWh]
Дневна соба и кухиња 1	3	<i>LED</i>	27	760	20.52
Ходник	2	<i>LED</i>	18	250	4.5
Котларница	1	<i>LED</i>	9	150	1.35
Дечија соба	3	<i>LED</i>	27	1060	170
Спаваћа соба	2	<i>LED</i>	18	840	15.12
Дневна соба и кухиња 2	2	<i>LED</i>	18	1100	19.8
Купатило	1	<i>LED</i>	9	710	6.39
Укупна годишња потрошња [kWh]					237.68
Укупно на осветљење годишње дин.					1,693.77 дин.

5.3. Предлог мера за смањење потрошње воде

С обзиром на то да коришћење воде временом постаје све скупље, потребно је повећати свест потрошача о уштеди воде и њеном ефикаснијем коришћењу. У анализираном стамбеном објекту на основу прикупљених рачуна за временски период од новембра 2018. до октобра 2019. Године потрошено је 375.43 m³ воде, односно 22,987.69 динара. Просечна месечна потрошња воде износи 31.3 m³. Специфична потрошња воде у анализираном домаћинству износи 170 l по кориснику. Структура потрошње воде и приказана је у Табели 17.

Табела 17. Структура потрошње воде и удео потрошене воде

Начин потрошње воде у стамбеном објекту	Удео потрошене воде [l]
Испирање тоалета	40
Купање и туширање	44
Прање веша	28
Телесна хигијена	19
Чишћење куће и одржавање дворишта	26.5
Прање судова	10
Пиће и кување	4

5.3.1. Водокотлић са нижом потрошњом воде

Просечан водокотлић који се налази у анализираном стамбеном објекту потроши око 8 l воде по испирању. У Табели 18. су дати подаци о водокотлићу као и потрошња воде на годишњем нивоу. Ако се узме у обзир да се сваки члан домаћинства 5 пута дневно употреби водокотлић, просечна дневна потрошња воде за испирање тоалета износи 240 l воде на дневном нивоу, односно 87.6 m^3 (87,600 l) на годишњем нивоу.

Табела 18. Потрошња постојећег водокотлића

Тип водокотлића	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
Крушик – стандард	8	87,600

Уградњом новог водокотлића чија је једна од кључних одлика уштеда воде, могуће је за испирање тоалета уштедети велику количину воде као и новца, јер троши само 4 – 6 l воде (Табела 19.) [29]. За прорачун је узета средња вредност потрошње воде од 5 l.

Табела 19. Потрошња новог водокотлића [29]

Тип водокотлића	Цена водокотлића	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
PEŠTAN FLUENTA SET	13,608.00	5	54,750

Просечна цена воде по m^3 износи 61.23 динара. Уштеда која се постиже уградњом новог водокотлића, на годишњем нивоу износи 32.85 m^3 , односно 2,011.41 динара, док цена новог водокотлића износи 13,608.00 динара. Период отплате за ову меру побољшања енергетске ефикасности објекта је 6 година и 9 месеци.

5.3.2. Туш са малим протоком воде

Тушеви у просеку троше 9.5 l воде у току једног минута и као такви представљају једне од највећих потрошача воде у домаћинству. Тушеви нове генерације на врху млазница имају уграђени силиконски наставак који обезбеђује исту јачину притиска воде, при чему потрошњу смањује за 50 %. У Табели 20. су дати подаци о постојећој туш ручици као и потрошња воде на годишњем нивоу. Ако се узме у обзир да се сваки члан домаћинства (6 чланова) 5 минута дневно користи воду за туширање, просечна дневна потрошња воде износи 465 l воде на дневном нивоу, односно 96.36 m³ (96,360 l) на годишњем нивоу.

Табела 20. Потрошња постојеће туш ручице

Тип туш ручице	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
Туш – STAL SR-2254C	9.5	96,360

Куповином нове туш ручице која троши 5 l воде у току једног минута, остварује се уштеда од 47.4 %, што представља велику уштеду у потрошњи воде (Табела 21.) [30].

Табела 21. Потрошња нове туш ручице [30]

Тип туш ручице	Цена туша	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
Crometta 85 EcoSmart Hansgrohe	3,410.00	5	45,674

Просечна цена воде по m³ износи 61.23 динара. Уштеда која се постиже куповином нове туш ручице, на годишњем нивоу износи 50.69 m³, односно 3,103.75 динара, док цена нове туш ручице износи 3,410.00 динара. Период отплате за ову меру побољшања енергетске ефикасности објекта је једна година и 1 месец.

5.3.3. Енергетски ефикасна славина

Велике количине воде се троше преко славина које се налазе у анализираном стамбеном објекту. Инсталацијом нових производа може се смањити потрошња воде и електричне енергије, а такође побољшати комфор. Уградњом нове енергетски ефикасне славине, штеди се вода као и електрична енергија, без губитка воде током проласка кроз грејач. Ова чесма троши знатно мање воде, јер је греје директно из довода, без губитка. У Табели 22. дат је приказ потрошње воде на годишњем нивоу, који се добија коришћењем постојеће славине.

Табела 22. Потрошња постојеће славине

Тип славине	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
Батерија – ST8714	6	88,695

Уградњом две нове енергетски ефикасне славине троши се 1.5 l воде у току једног минута, остварује се велика уштеда у потрошњи воде, али такође смањује и финансијске трошкове, како за воду тако и за електричну енергију (Табела 23.) [31].

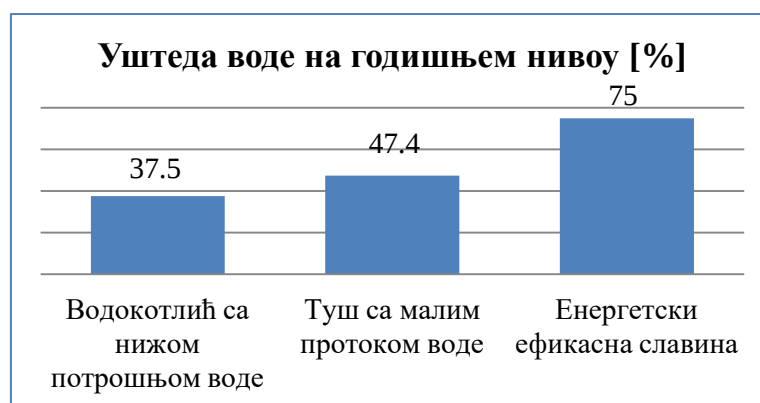
Табела 23. Потрошња нове славине [31]

Тип славине	Цена славине	Потрошња [l]	Потрошња на годишњем нивоу [l]
<i>Delimano</i> славина (2 ком.)	13,980.00	1.5	22,173.75

Просечна цена воде по m^3 износи 61.23 динара. Уштеда која се постиже куповином нове славине, на годишњем нивоу износи 60.52 m^3 , односно 4,073.01 динара, док цена две славине износи 13,980.00 динара. Период отплате за ову меру побољшања енергетске ефикасности објекта је 3 године и 5 месеци.

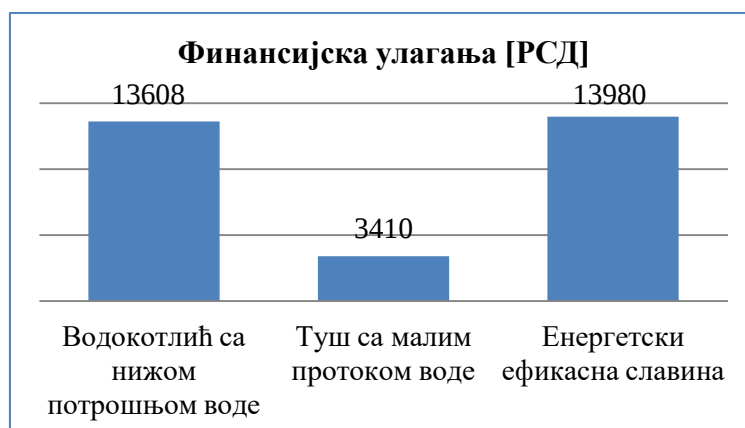
5.3.4. Економско поређење мера за смањење потрошње воде

На Слици 39. дат је приказ уштеде воде на годишњем нивоу у односу на претходну потрошњу за све три предложене мере за смањење потрошње воде. На графику се може видети да се највећа уштеда може постићи уградњом енергетски ефикасне славине.



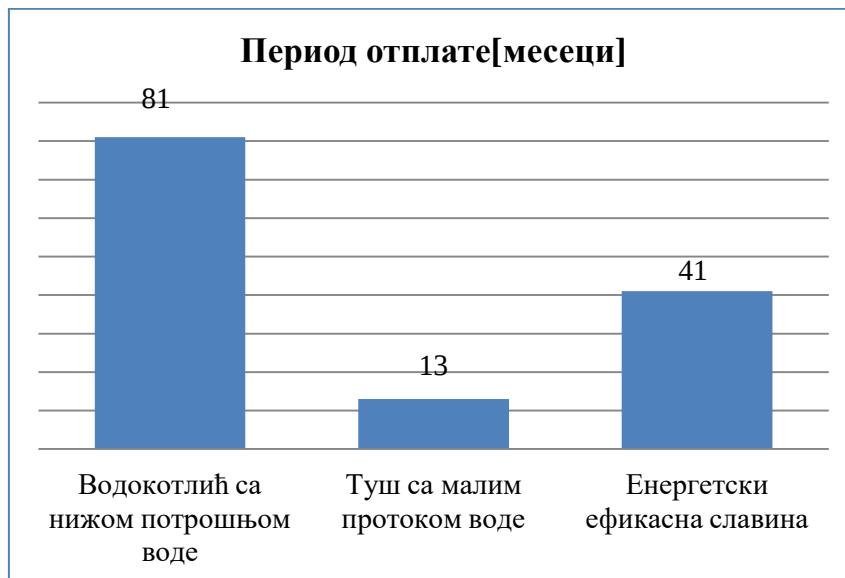
Слика 39. Уштеда воде на годишњем нивоу

Финансијска улагања за мере уштеде воде приказана су на Слици 40. Према подацима са графика може се закључити да се највише финансијских средстава мора издвојити за две енергетски ефикасне славине (13,980.00 динара), затим за водокотлић са нижом потрошњом воде (13,608.00 динара), док је најмање новчаних средстава потребно за туш са малим протоком воде (3,410.00 дин.).



Слика 40. Финансијска улагања

Период отплате за водокотлић са нижом потрошњом воде, туш са малим протоком воде и енергетски ефикасну славину, дат је на Слици 41. На слици се може видети да је највећи период отплате за водокотлић са нижом потрошњом воде 81 месец (6 година и 9 месеци), док је најкраћи период отплате за туш са малим протоком воде 13 месеци (годину дана и 1 месец).



Слика 41. Период отплате

На основу поређења економских анализа, може се закључити да је туш са малим протоком воде прихватљива инвестиција. Међутим иако енергетски ефикасне славине имају дужи период отплате, њихова енергетска уштеда је доста већа. Водокотлић са нижом потрошњом воде захтева улагање већих новчаних средстава, као и већи период отплате.

Уградњом новог водокотлића, туш ручице и енергетски ефикасних славина, потрошња воде се може смањити са 375.43 m³ на 225.39 m³, што представља смањење од 150.04 m³ (40 %). Период отплате за овакву инвестицију је 3 године и 4 месеца (Табела 24.).

Табела 24. Мере за уштеду воде

Уштеда воде на годишњем нивоу [m³]	150.04
Уштеда воде на годишњем нивоу [РСД]	9,186.95
Финсијска улагања	30,998 динара
Период отплате	3 године и 4 месеца

6. Закључак

Енергија се свакодневно троши у великим количинама, па је потребно пронаћи нове изворе енергије, усавршити енергетске технологије и повећати енергетску ефикасност. Енергенти се у великој мери користе у индустрији, транспорту, али и у стамбеном сектору. Улога енергетске ефикасности је кључна, како са становишта економског развоја, тако и у односу на решавање многих важних проблема животне средине.

Стамбени сектор представља релативно великог потрошача енергије, због тога је потребно посветити посебну пажњу унапређењу енергетске ефикасности у зградарству. У циљу уштеде енергије у стамбеном објекту и утврђивања адекватних мера енергетске ефикасности које се могу спровести, потребно је спровести анализу тренутног стања објекта.

У оквиру овог дипломског рада, приказан је енергетски биланс стамбеног једнопородичног објекта у насељу Стара радничка колонија у Крагујевцу. Анализом укупног биланса енергије потребне за грејање, и након уношења свих потребних параметара, добија се енергетски разред стамбеног објекта *F*. Узрок оваквог резултата представља лоша изолованост темеља. Да би се смањила потрошња топлотне енергије потребно је утицати на смањење трансмисионих губитака. Како би се смањили трансмисиони губици на темељу, једна од могућности мера је уградња плуте у слојеве темеља. Након уградње плуте у слојеве темеља анализирани објект прелази у енергетски разред *D*. На овај начин је знатно смањен коефицијент пролаза топлоте кроз темељ.

У домаћинству се потроши велика количина електричне енергије на расвету, постављањем *LED* сијалица уместо *IL* сијалица може се постићи уштеда како електричне енергије, тако и новца. Постављањем *LED* сијалица смањује се потрошња електричне енергије за око 44 % у односу на период када су се користиле и *IL* сијалице.

Просечна дневна потрошња воде по кориснику у анализираном стамбеном објекту износи 170 l. У дипломском раду су разматране три могуће мере за смањење трошкова воде: водокотлића са ниском потрошњом воде, туш са малим протоком воде и енергетски ефикасна славина. Техно-економском анализом, утврђено је да се највише исплати уградити енергетски ефикасну славину. Енергетски ефикасна славина има дужи период отплате него туш са малим протоком воде, али њена енергетска уштеда воде је знатно већа. Ова инвестиција се може исплатити за 3 године и 5 месеци. Уградњом нове славине троши се 1.5 l воде у току једног минута, остварује се велика уштеда у потрошњи воде, али такође смањује и финансијске трошкове, како за воду тако и за електричну енергију.

Штедња углавном подразумева одрицање одређеног комфора, док мере енергетске ефикасности не смеју да наруше осећај угодности. Унапређењем енергетске ефикасности у стамбеним објектима доприноси се заштити животне средине и смањењу емисије штетних гасова.

7. Литература

- [1] Енергетска ефикасност у зградама, интернет страница: <http://stanovanje.gov.rs/latinica/energetska-efikasnost.php>,
Приступљено: 29.03.2020.
- [2] Републички завод за статистику, *Годишњи енергетски биланс геотермалне енергије*. Београд, Република Србија, Службени гласник РС број 104/209, 2010.
- [3] Министарство заштите животне средине, *Привредни потенцијали и активности од значаја за животну средину Републике Србије 2018. године*. Агенција за заштиту животне средине, Београд 2019
- [4] *World Resources Institute*, интернет страница: <https://www.wri.org/>,
Приступљено: 02.04.2020.
- [5] *Eurostat Statistics Explained*, интернет страница: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Main_Page,
Приступљено: 02.04.2020.
- [6] *International Energy Agency*, интернет страница: <https://www.iea.org/>,
Приступљено: 05.04.2020.
- [7] Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде, *Водопривредна основа Републике Србије*, Институт за водопривреду „Јарослав Черни“ Београд, Република Србија, 2001.
- [8] *Potrošnja vode*, интернет страница: <https://www.znanje.org/i/i10/10iv01/10iv0111/potrosnja%20vode.htm>,
Приступљено: 05.04.2020.
- [9] *Energetski portal*, интернет страница: <https://www.energetskiportal.rs/da-li-svet-ostaje-bez-vode/>,
Приступљено: 05.04.2020.
- [10] *Voda*, интернет страница: <https://sites.google.com/site/voddaada/stednja>,
Приступљено: 21.06.2020.
- [11] *Food and Agriculture Organization of United Nations*, интернет страница: <http://www.fao.org/home/en/>,
Приступљено: 10.04.2020.
- [12] *International Water Association*, интернет страница: <https://iwa-network.org/>,
Приступљено: 25.06.2020.
- [13] Винковачки водовод и канализација, *Водом до уштеде*, 2009. година.
- [14] Стојиљковић М., Тодоровић М. *Основе енергетског билансирања зграде*, Тематско поглавље 8 – Обука за полагање стручног испита за област енергетске ефикасности зграда, Инжењерска комора Србије, Доступно на: http://www.ingkomora.org.rs/strucniispiti/download/ee/TP_8_Osnove_energetskog_balansiranja_zgrade_Mladen_Stojiljkovic.pdf.

[15] Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, *Metodologija provođenja energetskeg pregleda zgrada*, Zagreb, lipanj 2009.

[16] Rik DeGunther, *Energy Efficient Homes for Dummies*, Wiley Publishing Inc. Indianapolis, Indiana, 2008.

[17] Гордић Д. Енерго-еколошки менаџмент, скрипта за предавања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2020.

[18] *Knaufinsulation*, интернет страница: <https://www.knaufinsulation.rs/softveri>, Приступљено: 29.03.2020.

[19] *Google Earth*, интернет страница: <https://www.google.com/earth/>, Приступљено: 29.03.2020.

[20] *Graphisoft*, интернет страница: <http://www.graphisoft.com/archicad/>, Приступљено: 29.03.2020.

[21] Николић Д. Енергетска ефикасност објеката, скрипта за предавања, Факултет инжењерских наука, Крагујевац 2020.

[22] *ALFA PLAM*, интернет страница: <http://www.alfaplam.rs/>, Приступљено: 15.04.2020.

[23] *Slava Trans*, интернет страница: <https://slavatrans.com/>, Приступљено: 16.04.2020.

[24] *Servisinfo*, интернет страница: <http://www.servisinfo.com/cena-struje>, Приступљено: 21.06.2020.

[25] Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, *Правилник о енергетској сертификацији зграда*, Република Србија, Службени гласник РС број 61/2011.

[26] Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, *Правилник о условима, садржини и начину издавања сертификата о енергетским својствима зграда*, Република Србија, Службени гласник РС број 61/2011.

[27] *Gradnja*, интернет страница: <https://www.gradnja.rs/kako-se-izliva-cementna-kosuljica-video/>, Приступљено: 29.03.2020.

[28] *Info Market*, интернет страница: <http://www.infomarket.co.rs/pluta/indpl/indpl.htm>, Приступљено: 29.03.2020.

[29] *Kerametal*, интернет страница: <https://www.kerametal.rs/ugradni-vodokotlic-pestan-fluenta-set-3-u-1-bela-tipka>, Приступљено: 24.06.2020.

[30] *Fontana*, интернет страница: <https://www.fontana.rs/>, Приступљено: 24.06.2020.

[31] *Delimano*, интернет страница: <https://www.delimano.rs/>, Приступљено: 24.06.2020.

8. Прилози

Прилог 1

Упитник за прикупљање података о енергетским својствима стамбених зграда

Основне информације о објекту

Назив и врста зграде: Једнопородични стамбени објекат
Адреса: Миодрага Миљковића бр. 27
Име одговорне особе: Анђела Будимир
Телефон: 065/500-35-86
Тип објекта: Стамбени објекат
Зграда је заштићено културно добро: Да/Не
Тип власништва: Приватно
Година изградње: 1997. година
Извођач радова: /
Година последње реконструкције: /
Кратки опис изведене реконструкције: /
Број места за преузимање електричне енергије: 1
Број места за преузимање природног гаса: /
Број места за преузимање топлотне енергије: 1
Број места за преузимање воде из јавног водовода: 1
Број корисника објекта: 6
Укупна површина: 75.7 m ²
Грејана/хлађена површина: 64.1 m ²

Стварни климатски подаци

Локација: Крагујевац
Број степен дана грејања: 2610
Број дана грејне сезоне: 180
Средња температура грејног периода: 5.5
Унутрашња пројектна температура за зимски период: 20

Карактеристике термичког омотача

Спољни зидови			
Тип зида	Оријентација	Површина	Материјали
Зид 1	Запад	11.31	Продужени кречни малтер (2 см), опека шупља + продужени кречни малтер (25 см), полистирен плоче (8 см)и цементни малтер (2 см).
Зид 2	Запад	9.04	
Зид 3	Север	10.12	
Зид 4	Север	12.00	
Зид 5	Југ	14.19	
Зидови између грејаних просторија различитих корисника			
Зид 1	Исток	29.42	Продужени кречни малтер (2 см), опека шупља + продужени кречни малтер (19 см), XPS d<=8 см, глатки (3 см) и продужени кречни малтер (2 см)
Зид 2	Југ	10.26	

Кровна конструкција

Површина: 102.2 m ²
Материјали: Гипс картон плоче (1.25 cm), <i>Knaufinsulayion Homeseal LSD 5</i> (0.032 cm), стаклена вуна (10 cm), <i>Knaufinsulayion Homeseal LSD 5</i> (0.032 cm), цреп (2 cm)
Изолација: Да – Стаклена вуна

Под на тлу

Површина: 75.7 m ²
Материјали: Песак, шљунак (40 cm), бетон (30 cm), Битуменска хидроизолација (0.5 cm), цементна кошуљица (5 cm), паркет (2.2 cm)
Изолација: Да – Битуменска хидроизолација

Прозори и балконска врата

Број прозора: 6
Површина прозора: 8.135 m ²
Рам: Дрво, PVC
Стакло: Двоструко
Број балконских врата: 1
Површина балконских врата: 1.47 m ²

Спољна врата

Број врата: 1
Рам: PVC
Површина спољних врата: 1.89 m ²

Систем грејања

Начин грејања простора: Централно грејање
Носилац енергије: Котао
Тип и произвођач: <i>Alfa Plam COMMO 21</i>
Снага: 21 kW
Година уградње: 2018. година
Да ли постоји регулација: Да
Тип регулације: Аутоматска
Извор енергије за грејање: Пелет

Систем за добијање питке воде

Број славина: 3
Број славина са тушем: 1
Регулација славина: Ручна
Број водокотлића: 1

Припрема санитарне топле воде

Начин припреме санитарне топле воде: Централно
Тип бојлера: Акумулациони
Запремина: 80 l
Цурење у систему: Не
Намена санитарне топле воде: Лична хигијена, купање, прање судова
Ангажованост: Константа

Систем за снабдевање електричном енергијом

Врста: електромеханичко бројило
Број фаза: Три
Број тарифа (једнотарифно, двотарифно, вишетарифно): двотарифно
Произвођач и тип бројила: T2B Штевец
Константа мерења бројила: 150 обр/kWh.

Електрични уређаји

Укупна инсталисана снага свих уређаја у објекту: 10,451.94 kWh
Уређаја са највећом називном снагом: Комбинована веш машина
Специфична потрошња електричне енергије: 1,741.99 kWh/кориснику
Стање уређаја: Добро

Расвета

Укупна годишња потрошња: 426.74 kWh
Стање/старост расветних тела и система: Добро/Ново
Да ли постоји редовно одржавање система расвете у објекту: Да
Начин управљања расветом: Помоћу прекидача
Евиденција о постојању тајмера, сензора осветљења: Не

Прилог 2

3D модел анализираног стамбеног објекта

