

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Mernik, N., 2015. Izdelava energetske izkaznice za tri enostanovanjske stavbe iz treh različnih časovnih obdobj. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Košir, M.): 45 str.

Datum arhiviranja: 16-12-2015

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Mernik, N., 2015. Izdelava energetske izkaznice za tri enostanovanjske stavbe iz treh različnih časovnih obdobj. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Košir, M.): 45 pp.

Archiving Date: 16-12-2015

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**VISOKOŠOLSKI STROKOVNI  
ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE  
STOPNJE OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

**NUŠA MERNIK**

**IZDELAVA ENERGETSKE IZKAZNICE ZA TRI  
ENOSTANOVANJSKE STAVBE IZ TREH RAZLIČNIH  
ČASOVNIH OBDOBIJ**

Diplomska naloga št.: 112/OG-MO

**ENERGY CERTIFICATE FOR SINGLE FAMILY  
HOUSES FROM THREE DIFERENT TIME PERIODES**

Graduation thesis No.: 112/OG-MO

**Mentor:**

doc. dr. Mitja Košir

Ljubljana, 25. 11. 2015

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Podpisana Nuša Mernik, izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Izdelava energetske izkaznice za tri enostanovanjske stavbe iz treh različnih časovnih obdobj«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Slovenske Konjice, 5.11.2015

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>620.9:699.86(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Nuša Mernik</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Mitja Košir</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Izdelava energetske izkaznice za tri enostanovanjske stavbe iz treh različnih časovnih obdobj</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Dipl. nal.-VSŠ</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>45 str., 48 pregl., 6 graf., 26 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>računska energetska izkaznica, potrebna letna toplota za ogrevanje, energetska učinkovitost stavb, vpliv energetskega ukrepa</b>

### **Izvilleček**

V diplomski nalogi so opisane in analizirane tri tipične enostanovanjske hiše, ki so bile zgrajene leta 1967, 1999 in leta 2015. Za vse tri hiše je izdelana računsko energetska izkaznica, za starejši dve pa so predlagani tudi ukrepi za povečanje energetske učinkovitosti. Opisana je energetska problematika s poudarkom na stavbah, zakonodaja, ki ureja področja povezana z energetsko problematiko ter zakonodaja s področja energetskih izkaznic s poudarkom na Sloveniji in deloma Evropski Uniji. Orodji za izdelavo diplomske naloge sta bila računalniška programa TEDI in TOST. Program TEDI omogoča izračun toplotne prehodnosti konstrukcijskih sklopov, program TOST pa je namenjen izračunu podatkov za energetsko bilanco stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. Glavni namen diplomske naloge je bil izračun energetske učinkovitosti stavb ter primerjava dobljenih rezultatov. Računsko je bilo dokazano, da je nova hiša (2015) v primerjavi s starejšima energijsko zelo varčna. Porabi kar štiridesetkrat manj toplote za ogrevanje na kvadratni meter uporabne površine kot najstarejša hiša (1967) ter desetkrat manj kot hiša, ki je bila zgrajena leta 1999. Razvidno je, da že minimalna toplotna izolacija močno zmanjša potrebe po toploti, ter da je v zadnjih letih prišlo do velikega napredka v uporabi izolativnih materialov.

**BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>620.9:699.86(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Nuša Mernik</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Mitja Košir, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Energy certificate for single family houses from three different time periodes</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis - Higher professional studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>45 p., 48 tab., 6 graph., 26 fig.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>calculated energy performance certifikate, annual heating requirements, energy efficiency of buildings, efficiency of energy measures</b>

**Abstract**

The thesis describes and analyses the three typical single family houses, which were built in 1967, 1999 and 2015. A calculated energy performance certificate was done for all three houses. Measures were also proposed for the older two houses to increase energy efficiency. It describes issues focusing on legislation governing the areas related to energy issues and energy certificates with an emphasis on Slovenia and partly on the European Union. The computer programs TEDI and TOST were used to develop the Thesis. TEDI allows us to calculate the heat transfer coefficient of construction and TOST is used to calculate energy balance in accordance to Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah taking into account SIST EN ISO 13790 and TSG-1-004-2010. The main purpose of this study was to calculate the energy efficiency of buildings and to compare the obtained results. Analyses showed that the new house (2015) is very energy efficient in comparison with older houses. It spends forty times less heating energy per square meter of usable area as the oldest house (1967), and ten times less than the house built in 1999. It turns out that already minimal thermal insulation greatly reduces heat demand of the house, and that we have witnessed significant progress in use of insulation materials in last fifteen years.

## **ZAHVALA**

Za usmeritve in pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Mitji Koširju. Zahvaljujem se družinam Gorjup-Tamše, Kidrič in Macuh-Ratković za izročeno projektno dokumentacijo ter za pripravljenost za sodelovanje pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se tudi vsem družinskim članom ter fantu Vitu, za strpnost in podporo tekom celotnega študija.

**KAZALO VSEBINE**

<b>IZJAVE</b> .....	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK</b> .....	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT</b> .....	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA</b> .....	<b>V</b>
<b>OKRAJŠAVE IN SIMBOLI</b> .....	<b>XII</b>
<b>1 UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1 Cilji .....	2
1.2 Metoda dela .....	2
<b>2 ENERGETSKA IZKAZNICA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Pregled zakonodaje na področju energetskih izkaznic .....	4
2.1.1 Vrste energetskih izkaznic in energetski kazalniki .....	5
<b>3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANIH OBJEKTOV</b> .....	<b>8</b>
3.1 Hiša Gorjup Tamše (1967) .....	8
3.2 Hiša Kidrič (1999) .....	9
3.3 Hiša Macuh Ratković (2015) .....	10
<b>4 REI ZA ENOSTANOVANJSKO HIŠO GORJUP TAMŠE (1967)</b> .....	<b>11</b>
4.1 Splošni podatki .....	11
4.2 Klimatski podatki .....	11
4.3 Računska podobdobja .....	12
4.4 Nočna izolacija in senčenje .....	12
4.5 Podatki o conah .....	12
4.5.1 Osnovni podatki o conah .....	13
4.5.2 Prezračevanje .....	14
4.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla .....	14
4.5.4 Predelni konstrukcijski sklopi med conami .....	16
4.6 Predstavitev rezultatov .....	16
4.6.1 Energetska bilanca stavbe .....	16
4.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice .....	18
4.7 Izboljšava energetske učinkovitosti stavbe .....	19
4.7.1 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice po ukrepih .....	22
<b>5 REI ZA ENOSTANOVANJSKO HIŠO KIDRIČ (1999)</b> .....	<b>23</b>
5.1 Splošni podatki .....	23
5.2 Klimatski podatki .....	23
5.3 Računska podobdobja .....	24
5.4 Nočna izolacija in senčenje .....	24



5.5 Podatki o conah.....	24
5.5.1 Osnovni podatki o conah.....	26
5.5.2 Prezračevanje.....	26
5.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla .....	27
5.5.4 Predelni konstrukcijski sklopi med conami .....	28
5.6 Predstavitev rezultatov .....	28
5.6.1 Energetska bilanca stavbe .....	28
5.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice .....	29
5.7 Izboljšava energetske učinkovitosti stavbe .....	31
5.7.1 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice po ukrepih.....	33
<b>6 REI ENOSTANOVANJSKO HIŠO MACUH-RATKOVIĆ (2015).....</b>	<b>35</b>
6.1 Splošni podatki.....	35
6.2 Klimatski podatki .....	35
6.3 Računska podobdobja .....	37
6.4 Nočna izolacija in senčenje .....	37
6.5 Podatki o conah.....	37
6.5.1 Osnovni podatki o conah.....	38
6.5.2 Prezračevanje.....	38
6.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla .....	39
6.6 Predstavitev rezultatov .....	40
6.6.1 Energetska bilanca stavbe .....	40
6.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice .....	40
<b>7 PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZIRANIH STAVB.....</b>	<b>42</b>
<b>8 ZAKLJUČEK.....</b>	<b>45</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>46</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Razred energetskih učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe .....	6
Preglednica 2: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema .....	11
Preglednica 3: Klimatskih podatki .....	12
Preglednica 4: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih .....	12
Preglednica 5: Prikaz delitve kondicioniranih in nekondicioniranih con.....	13
Preglednica 6: Prikaz osnovnih podatkov con .....	14
Preglednica 7: Podatki o prezračevanju con .....	14
Preglednica 8: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe.....	15
Preglednica 9: Vhodni podatki za tla pod terenom .....	15
Preglednica 10: Prikaz linijskih toplotnih mostov .....	15
Preglednica 11: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope.....	16
Preglednica 12: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele.....	16
Preglednica 13: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti .....	17
Preglednica 14: Podatki o velikosti in obliki stavbe.....	17
Preglednica 15: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje .....	17
Preglednica 16: Prikaz podatkov o debelini TI in toplotni prehodnosti U pred in po ukrepu, ter prikaz podatkov o največji dovoljeni toplotni prehodnosti U <sub>max</sub> določenega KS .....	20
Preglednica 17: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine stavbe, in o energetske razredu stavbe, pred in po ukrepih.20	
Preglednica 18: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje .....	21
Preglednica 19: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema.....	23
Preglednica 20: Klimatski podatki .....	24
Preglednica 21: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih .....	24
Preglednica 22: Prikaz delitve kondicioniranih in nekondicioniranih con.....	25
Preglednica 23: Prikaz osnovnih podatkov con .....	26
Preglednica 24: Podatki o prezračevanju con .....	26
Preglednica 25: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe.....	27
Preglednica 26: Vhodni podatki za tla na terenu .....	27
Preglednica 27: Prikaz linijskih toplotnih mostov .....	27
Preglednica 28: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope.....	28
Preglednica 29: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele.....	28
Preglednica 30: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti .....	28
Preglednica 31: Podatki o velikosti in obliki stavbe.....	29
Preglednica 32: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje .....	29
Preglednica 33: Prikaz podatkov o debelini TI in toplotni prehodnosti U pred in po ukrepu, ter prikaz podatkov o največji dovoljeni toplotni prehodnosti U <sub>max</sub> določenega KS .....	31
Preglednica 34: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine stavbe, in o energetske razredu stavbe, pred in po ukrepih.32	
Preglednica 35: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje .....	32

Preglednica 36: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema za ogrevanje in za pripravo tople vode .....	35
Preglednica 37: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema za hlajenje .....	35
Preglednica 38: Klimatski podatki .....	36
Preglednica 39: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih .....	36
Preglednica 40: Prikaz osnovnih podatkov con .....	38
Preglednica 41: Podatki o mehanskem prezračevanju cone .....	38
Preglednica 42: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe.....	39
Preglednica 43: Vhodni podatki za tla na terenu .....	39
Preglednica 44: Prikaz linijskih toplotnih mostov .....	39
Preglednica 45: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope.....	39
Preglednica 46: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti .....	40
Preglednica 47: Podatki o velikosti in obliki stavbe .....	40
Preglednica 48: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje .....	40

## KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine, pred in po ukrepih. ....	21
Grafikon 2: Prikaz podatkov o vplivu ukrepov na velikost izgub in dobitkov .....	21
Grafikon 3: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine, pred in po ukrepih. ....	32
Grafikon 4: Prikaz podatkov o vplivu ukrepov na velikost izgub in dobitkov .....	33
Grafikon 5: Prikaz izgub in dobitkov ter primerjava med hišami.....	42
Grafikon 6: Primerjava energetskih kazalnikov REI obravnavanih stavb .....	44

## KAZALO SLIK

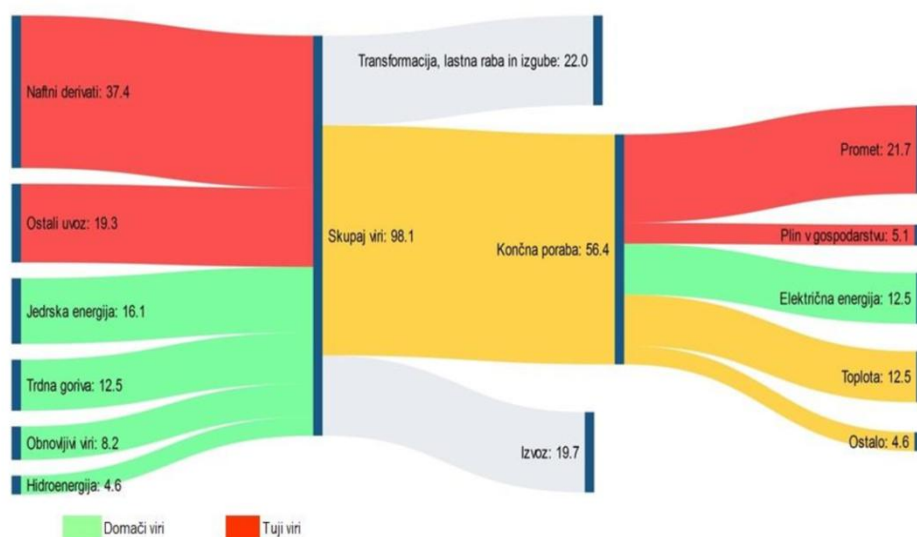
Slika 1: Prikaz oskrbe in končne rabe energije iz domačih in tujih (uvoženih) virov v Sloveniji v letu 2013 [1].....	1
Slika 2: Enostanovanjska hiša Gorjup-Tamše (1967).....	8
Slika 3: Enostanovanjska hiša Kidrič (1999) .....	9
Slika 4: Enostanovanjska hiša Macuh-Ratkovič (2015).....	10
Slika 5: Lokacija objekta [13].....	11
Slika 6: Prečni prerez objekta in prikaz razdelitve objekta v cone.....	13
Slika 7: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje .....	18
Slika 8: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku....	18
Slika 9: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku .....	19
Slika 10: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje po ukrepih .....	22
Slika 11: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe po ukrepih na barvnem poltraku.....	22
Slika 12: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe po ukrepih na barvnem poltraku .....	22
Slika 13: Lokacija objekta [13].....	23
Slika 14: Tloris pritličja in prikaz razdelitve objekta v cone .....	25
Slika 15: Tloris mansarde in prikaz razdelitve objekta v cone.....	25
Slika 16: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje .....	30
Slika 17: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku..	30
Slika 18: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku .....	30
Slika 19: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje po ukrepih .....	33
Slika 20: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe po ukrepih na barvnem poltraku.....	33
Slika 21: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe po ukrepih na barvnem poltraku .....	34
Slika 22: Lokacija objekta [13].....	36
Slika 23: Prečni prerez objekta in prikaz cone.....	37
Slika 24: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje .....	41
Slika 25: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku..	41
Slika 26: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO2 zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku .....	41

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

AB	Armiran beton
EI	Energetska izkaznica
EU	Evropska Unija
KS	Konstruktivni sklop
MEI	Merjena energetska izkaznica
OVE	Obnovljivi viri energije
PGD	Projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja
PURES 2010	Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah
REI	Računska energetska izkaznica
TM	Toplotni most
TSG-004	Tehnična smernica TSG-1-004-2010 Učinkovita raba energije

## 1 UVOD

Leta 2014 je medvladni panel za podnebne spremembe objavil zadnje poročilo, v katerem ugotavlja, da obstaja nevarnost, da bi se do leta 2100 povprečna temperatura na zemeljskem površju povečala za 1,4-5,8°C, kar bi lahko imelo ogromen vpliv na okolje, gospodarstvo in družbo. Evropski svet je odločil, da bo Evropska Unija (EU) sodelovala v novem globalnem sporazumu v okviru UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change) 2015 s ciljem, da se izpusti toplogrednih plinov do leta 2030 zmanjšajo za 40% v primerjavi z letom 1990. [1] Proizvodnja toplote in električne energije je v letu 2011 v Sloveniji predstavljala 32% izpustov toplogrednih plinov, promet pa 29%. Oskrba z električno energijo temelji na jedrskem, hidro in fosilnih virih (približno tretjinska porazdelitev proizvodnje), oskrba s toploto pa temelji na rabi biomase, kurilnem olju, premogu in zemeljskem plinu. Delež sončnih elektrarn, malih HE in bioplinarn leta 2013 ni dosegal niti 2% proizvodnje električne energije. [1] Po drugi strani pa Slovenija uvozi za dobri 2 milijardi EUR fosilnih goriv na leto, za kar je v veliki meri kriv promet. Kar nekaj bremena pa lahko pripišemo tudi proizvodnji toplote in električne energije (slika 1). Zaradi odvisnosti od uvoza je slovensko gospodarstvo izpostavljeno nestanovitnim globalnim energetskim trgom. Če bi uspeli uvoz zmanjšati in ga nadomestiti z domačimi energenti, bi to lahko imelo pozitivne vplive na konkurenčnost slovenskega gospodarstva, saj je dolgoročno oskrba z energijo iz nizkoogljičnih virov cenejša v primerjavi z energijo fosilnih virov, ki vključuje eksterne stroške. [1]



Slika 1: Prikaz oskrbe in končne rabe energije iz domačih in tujih (uvoženih) virov v Sloveniji v letu 2013 [1]

Stavbe obsegajo 40 % skupne porabe energije v EU. Ker število stavb narašča, lahko pričakujemo še večje potrebe po energiji. Raba energije iz obnovljivih virov in zmanjšanje porabe energije v stavbnem sektorju sta pomembna ukrepa, ki sta potrebna za zmanjšanje energetske odvisnosti EU in emisij toplogrednih plinov. [2] Manjša poraba energije na tem področju je zato prednostna naloga v okviru ciljev „20-20-20“ na področju energetske učinkovitosti. [3] To pomeni, da se je EU zavezala, da bo do leta 2020 s povečanjem energetske učinkovitosti za 20% zmanjšala rabo primarne energije, za isti odstotek zmanjšala emisije toplogrednih plinov ter, da bo delež obnovljivih virov energije (OVE) dosegel vrednost 20% v primarni energijski bilanci. [3] Večji delež OVE bi prispeval k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov iz proizvodnje in porabe energije poleg tega bi se s tem zmanjšala tudi odvisnost EU od uvoza fosilnih goriv (predvsem nafte in zemeljskega plina). [3]

V obdobju od leta 2006 do 2011 so se drobnoprodajne cene v povprečju zvišale za več kot 17%, od tega v skupini stanovanje za skoraj 38%. V tej skupini so se v teh šestih letih najbolj zvišale cene goriv in energije (52%). Daljinska energija in plin sta se podražila za 65%, težka goriva za 61% in električna energija za 46%. [4] Sklepam, da so ljudje ravno zaradi podražitev začeli iskati cenejše energetske vire za ogrevanje svojih hiš in stanovanj. Statistični urad Republike Slovenije (SURS) navaja, da se je v oskrbi z energijo v Sloveniji delež OVE od leta 2003 do leta 2013 povečal za 6%, sedaj znaša 17%. Med njimi prevladujeta les in druga trdna biomasa (51%). Največ lesa se porabi v gospodinjstvih predvsem za ogrevanje prostorov in pripravo sanitarne vode. [5] Letna poraba energije za ogrevanje starejše stavbe, zgrajene pred letom 1995, znaša preko 200kWh/m<sup>2</sup>, kar je ogromno v primerjavi z nizkoenergijskimi hišami, ki porabijo le okoli 55kWh/m<sup>2</sup>. [6] Zaradi zmanjšanja stroškov ogrevanja se lastniki stavb odločajo za obnovo, saj že minimalna debelina toplotne izolacije za 40% zniža ogrevalne stroške. [7]

V diplomski nalogi bom izdelala energetske izkaznice za tri enostanovanjske hiše iz različnih časovnih obdobj. Najstarejša hiša je bila zgrajena leta 1967 in razen manjših del, ni bila deležna obnove. Druga hiša je bila zgrajena leta 1999, ko je že veljal Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezračevanju objektov ter pripravi tople vode (Ur.l. SRS, št:31/84). Tretja, najnovejša hiša, je bila zgrajena to leto (2015) po uveljavitvi nove, strožje zakonodaje. Med izgradnjo najstarejše hiše in druge po starosti je minilo več kot 30 let, med izgradnjo druge najstarejše in nove hiše pa le okoli 15 let. Zanimivo bo spremljati, koliko je napredovala gradnja v 30 letih in koliko v zadnjih 15 letih iz vidika porabe energije.

## 1.1 Cilji

Diplomska naloga obsega izdelavo računske energetske izkaznice za tri enostanovanjske hiše iz različnih časovnih obdobj. In sicer za stavbi zgrajeni leta 1967 in 1999 ter za enostanovanjsko montažno tipsko hišo podjetja Marles, zgrajeno to leto (2015), ki je projektirana glede na obstoječo zakonodajo. V diplomski nalogi želim prikazati razlike v energetske učinkovitosti analiziranih hiš. Pričakujem, da bosta hiši, ki sta zgrajeni leta 1967 in 1999 mnogo manj energetske učinkoviti od nove hiše, zato bom za starejši hiši predlagala tudi ukrepe za večjo energetske učinkovitost.

## 1.2 Metoda dela

Pred začetkom izdelave diplomske naloge sem se seznanila z veljavno zakonodajo in pravilniki. Nato sem poiskala tri primerne stavbe, za katere sem lahko pridobila potrebne podatke. Pogoj je bil, da so stavbe iz različnih časovnih obdobj. Po analizi podatkov sem se lotila izračunov s pomočjo programske opreme. S programom TEDI [8] sem izračunala toplotno prehodnost določenega konstrukcijskega sklopa (KS), nato pa sem za izračun energetske bilance stavbe uporabila program TOST [9], ki temelji na Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2010) upoštevajoč standard SIST EN ISO 13790 [10] in Tehnično smernico TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (TSG-004) [11]. Za enostanovanjske stavbe se izdelava računske energetske izkaznice (REI) na podlagi izračunanih kazalnikov rabe energije stavbe. Podlaga za izdelavo REI je dokumentacija, ki odraža dejansko stanje stavbe in predstavlja izkaz energijskih lastnosti stavbe. Pri samem izračunu se upoštevajo lastnosti stavbnega pohištva, sestava zunanijh sten, tal in stropov, vrsta ter način ogrevanja in hlajenja, priprava tople sanitarne vode ter razsvetljava. [12] Najprej se s programom TEDI izračuna toplotna prehodnost določenega KS. Poleg izračuna toplotne prehodnosti nam program TEDI omogoča analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. [8] Ko pridobimo podatke o toplotni prehodnosti KS, začnemo z uporabo programa TOST, s katerim se izračuna podatke, ki so potrebni za



končno poročilo oz. za izdelavo računske energetske izkaznice. Najprej sem vnesla splošne podatke o stavbi, podatke o mejnih vrednosti, vrsti dokumentacije, načinu upoštevanja toplotnih mostov, zemljini, vrsti energentov in učinkovitosti sistemov za ogrevanje, hlajenje ter pripravo sanitarne vode. Za izračun klimatskih podatkov moramo vnesti koordinate objekta, ki jih najdemo na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje in prostor-Atlas okolja. [13] Program nam omogoča tudi izračun z upoštevanjem štirih različnih obdobij, vendar se za stanovanjske stavbe upošteva enaka zasedenost skozi celotno leto. V kolikor ima stavba nočno izolacijo in senčenje, lahko tudi to upoštevamo v izračunu. [9] Obravnavano stavbo sem razdelila v cone, kondicionirane, ki so ogrevane in/ali hlajene, ter nekondicionirane, ki niso ogrevane in hlajene. Za vsako cono posebej sem vnesla podatke, ki jih zahteva program, torej podatke o uporabni površini in neto prostornini ter podatek o vrsti konstrukcije glede na toplotno kapaciteto. Določila sem še projektno notranjo temperaturo za poletje in zimo ter povprečno moč dobitkov notranjih virov. Izbrala sem vrsto prezračevanja in v tabeli v navodilih za program TOST [9] poiskala vrednosti o minimalni in dejanski izmenjavi zraka z zunanjim okoljem. Nato sem vnesla podatke o zunanji steni (netransparentni del) in strehi (površina in toplotna prehodnost) ter podatke o morebitnih toplotnih mostovih. Za okna in vrata (transparentni KS) me je zanimala njihova površina, lega glede na strani neba in toplotna prehodnost. Pri podatkih za tla sem vnesla različne vrednosti, glede na to ali so tla na ali pod terenom (v diplomski nalogi nisem obravnavala primera, da bi bila tla nad terenom). Zanimala me je površina tal ter celotni obod tal, ki je izpostavljen stiku z zemljino, toplotni upor tal in debelina zunanje stene. Za predelne KS med dvema conama sem izračunala površino ter toplotno prehodnost. V kolikor imamo dva različna KS med dvema conama, upoštevamo povprečno vrednost njunih karakteristik. [9] Na koncu sem vnesla še podatke o porabi vode (število dni zagotavljanja tople vode) ter razsvetljavi (gostota moči svetilk). V rubriki rezultatov si lahko nato ogledamo glavne rezultate skladne s PURES-om 2010. Omogočen nam je vpogled v podrobnostih letnih specifičnih izgub, dobitkov in potrebne toplote za ogrevanje po conah in sezonah. Prav tako imamo vpogled v razčlenjeno porabo vseh vrst energije (potrebna, končna in primarna). Na podlagi rezultatov pridobimo podatke potrebne za izdelavo REI. Nekatere podatke sem lahko pridobila iz PGD in ogleda objekta, za nekatere pa sem uporabila uporabniški priročnik za program TOST [9], v katerem so za določene primere podane predlagane vrednosti. V priročniku so podane razlage različnih faktorjev in koeficientov, ki jih je potrebno vnesti v program.

## 2 ENERGETSKA IZKAZNICA

Energetska izkaznica (EI) stavbe je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Ukrep je namenjen boljši informiranosti potrošnika, oziroma tistega, ki želi stavbo oz. stanovanje kupiti ali najeti. Ker je stavba velik porabnik energije, je smiselno, da pred nakupom ali najemom preverimo, kako energetske varčna oz. potratna je. EI vsebuje pomembne informacije za kupca ali najemnika o tem, kakšne stroške za energijo v stavbi lahko pričakuje, saj je strošek za energijo v stavbi relativno velik, prav tako pa so običajno velike tudi potrebne investicije, če bi želeli stavbo prenoviti. Potrebno je poudariti, da EI poleg označevanja razreda oz. določitve energetske učinkovitosti stavbe vsebuje tudi priporočene ukrepe, s katerimi se lahko ta učinkovitost poveča. EI podaja tudi pomembne informacije o tem, s katerimi ukrepi lahko zmanjšamo porabo energije v stavbi in kateri ukrepi bi bili najbolj učinkoviti. Ta priporočila niso splošna in se nanašajo na stavbo, za katero je izdelana EI.

EI ni obvezna za vse stavbe, pridobiti jo je potrebno le, če bomo stavbo (ali stanovanje) prodajali ali oddajali v nov najem za dlje kot 1 leto. EI je potrebno pridobiti za vse nove stavbe in za vse javne stavbe s površino večjo od 500 m<sup>2</sup>, od 9. julija 2015 pa bo ta površina 250 m<sup>2</sup>. Energetska izkaznica tudi ni potrebna za stavbe ali posamezne dele stavb, ki so že oddani. Zakon predvideva tudi izjeme, npr. stavbe, ki so varovane v skladu s predpisi o varstvu kulturne dediščine, ali ki se uporabljajo za obredne namene ali verske dejavnosti in še nekaj drugih. [12] Lastnik stavbe oziroma njenega dela mora pri njeni prodaji ali oddaji v najem kupcu najpozneje pred sklenitvijo pogodbe, predložiti veljavno EI. EI je sestavni del projekta izvedenih del in jo mora investitor novozgrajene stavbe pridobiti pred vložitvijo zahteve za izdajo uporabnega dovoljenja, oziroma sestavni del projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja. V primeru, da investitor stavbo ali njen del prodaja ali oddaja v najem še pred pridobitvijo uporabnega dovoljenja. V zadnjem primeru mora investitor kupcu oziroma najemniku pred pridobitvijo uporabnega dovoljenja predložiti dokaz o energetske učinkovitosti, po pridobitvi uporabnega dovoljenja pa mu mora predložiti še EI. [13] Energetske izkaznice stavb na podlagi Energetskega zakona izdelujejo neodvisni strokovnjaki (z licenco) kot pooblaščen pravne ali fizične osebe na zahtevo stranke. Izdajo pa jo le pooblaščen pravne osebe-izdajatelji, ki jim pooblastilo za izdajo energetske izkaznice stavbe podeli pristojni minister po izvedenem javnem natečaju. Podlaga za izračun EI je dokumentacija, ki odraža dejansko stanje stavbe. V ta namen se lahko uporabi izkaz energijskih lastnosti stavbe, ki je sestavni del dokazila o zanesljivosti objekta, pripadajoči elaborat o energetske učinkovitosti stavbe, načrti stavbe, projekt izvedenih del ter druga razpoložljiva dokumentacija in podatki o stavbi. Pri izdelavi EI strokovnjaki pridobijo med drugim tudi dimenzije stavbe, površino sten, sestavo zunanje stene in debeline materialov stene, površino stanovanja, površino, lastnosti in orientacijo oken, senčenje objektov, lastnosti ogrevalnih sistemov in drugo. EI ima veljavnost 10 let, vendar se lahko novo izkaznico izdela tudi preden poteče 10 let. [14] Register EI vodi ministrstvo, pristojno za energijo, podatki iz registra pa se povežejo s podatki iz katastra stavb. Cena EI je sestavljena iz stroška izdelave EI s strani izdajatelja in prispevka za izdajo EI. Osnova prispevka za izdajo EI je odvisna od namembnosti, velikosti stavbe in števila posameznih enot stavbe, za katero se izkaznica izda in jo določi vlada. [13] Najvišje cene za izdajo EI določa Uredba o določitvi najvišjih cen za izdajo EI (Ur. l. RS, št. 15/2014). [14] Cena izdelave energetske izkaznice za enostanovanjsko hišo do velikosti 200m<sup>2</sup> je okoli 250€ [15].

### 2.1 Pregled zakonodaje na področju energetske izkaznic

Energetski zakon (EZ-1) [16] je opredelil zahtevo, da »morajo biti vse nove stavbe skoraj nič-energijske«. Izraz »skoraj nič-energijska stavba« v tem zakonu pomeni stavbo z zelo visoko energetske učinkovitostjo oziroma zelo majhno količino potrebne energije za delovanje, pri čemer je potrebna energija v veliki meri proizvedena iz OVE na kraju samem ali v bližini.

Zahteva začne veljati 31. decembra 2020. Za nove stavbe, ki so v lasti Republike Slovenije ali samoupravnih lokalnih skupnosti in jih uporabljajo osebe javnega sektorja pa začne zahteva veljati dve leti prej. [16] S tem je nakazano, da bo vodilno vlogo odigral javni sektor, čigar organizacije bodo lahko po letu 2018 kupovale le energetske varčne stavbe, poleg tega pa bo moral od začetka leta 2014 vsako leto prenoviti 3% skupne tlorisne površine stavb v lasti in rabi osrednje vlade. [16] Navedena določila Energetskega zakona predstavljajo prenos zahtev glede skoraj nič-energijskih stavb iz direktive 2010/13/EU Evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb. Skladno z direktivo 2010/31/EU je Slovenija junija 2010 na podlagi Zakona o graditvi objektov (ZGO-1) sprejela PURES 2010, ki uvaja metodologijo za izračun kazalnikov energijske učinkovitosti stavbe in podaja minimalne zahteve za energijsko učinkovitost za novogradnje in večjo prenavo obstoječih stavb, predpisuje pa tudi minimalne zahteve v primeru vzdrževanja in tehničnih izboljšav. PURES 2010 postavlja stroge minimalne zahteve za toplotno zaščito ovojja (neprosojni del ter okna in vrata) in za največjo dovoljeno letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe, kar skupaj s predpisanim 25% deležem obnovljivih virov v celotni končni energiji za delovanje sistemov v stavbi in s tehničnimi zahtevami za sisteme predstavlja ključni del minimalnih zahtev za energijsko učinkovite stavbe. Predpisuje pa tudi za 10% strožje zahteve vsem javnim stavbam. [16]

Direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/ES) (EPBD) je zahtevala uvedbo EI stavb v državah EU in sicer najkasneje do leta 2006 (oziroma do leta 2009, če v državi primanjkuje usposobljenih neodvisnih strokovnjakov). Prenovljena direktiva EPBD-r (2010/31/EU) pa je prinesla zahteve po večji razširjenosti EI za stavbe v javnem sektorju, obvezno navedbo razreda energijske učinkovitosti pri trženju stavb ter večji poudarek na zagotavljanju kakovosti energetskega certificiranja stavb. Energetske izkaznico je v naš pravni red uvedel že Energetski zakon iz leta 2006 (Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-B) (Ur. l. RS št. 118/2006) ter nadalje v letu 2012 novela EZ-E (Ur. l. RS št. 10/2012). Tako se EI ne uvajajo z novim Energetskim zakonom (EZ-1), ki je stopil v veljavo 22. marca 2014 (Ur. l. RS št. 17/2014), pač pa jih novi zakon le še podrobneje ureja. Uvedba EI stavbe predstavlja zadnji korak prenosa Direktive EU o energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji in je tudi pogoj za nadaljnje črpanje evropskih sredstev. V Sloveniji je uvedba energetske izkaznice stavbe podprta z naslednjo zakonodajo [16]:

- Energetski zakon (EZ-1) (2014) [15],
- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetske izkaznic stavb (2014) [12],
- Pravilnik o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetske izkaznic (2010) [19],
- Pravilnik o spremembi Pravilnika o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetske izkaznic (2013) [18],
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010 [21] in TSG-004 (2010) [11],
- Uredba o določitvi najvišjih cen za izdajo energetske izkaznice (2014) [22].

### 2.1.1 Vrste energetske izkaznic in energetske kazalniki

Obstajata dve vrsti EI, in sicer računsko in merjeno EI. Razlikujeta se po metodologiji izdelave. Računska energetska izkaznica (REI) se izdelava na podlagi izračunanih energetske kazalnikov, merjena energetska izkaznica (MEI) pa na podlagi meritev rabe energije. Zaradi tega razloga se razlikujejo njuni energetske kazalniki ter sama oblika in izgled EI.

### 2.1.1.1 Računska energetska izkaznica (REI)

REI se izdelava na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije stavbe, ki se določijo po računski metodologiji, ki temelji na PURES-u 2010. Računski postopek za izdelavo energetske izkaznice se uporablja za vse novogradnje, celovite obnove objektov in obstoječe stanovanjske stavbe, ki so namenjene za prodajo ali najem. Izdelava obsega pregled stavbe in naprav, analizo podatkov o stavbi in rabi energije, izračun potrebnih energijskih kazalnikov in vpis podatkov v register. Podlaga za izdelavo REI je dokumentacija, ki odraža dejansko stanje stavbe in predstavlja izkaz energijskih lastnosti stavbe, npr. elaborat o energetske učinkovitosti stavbe ali načrta stavbe. Pri samem izračunu se upoštevajo lastnosti stavbnega pohištva, sestava zunanjih sten, tal in stropov, vrsta in način ogrevanja in hlajenja, priprava tople sanitarne vode ter razsvetljava. Metodologija računa omogoča določitev potrebne toplote za ogrevanje in hlajenje ter dovedene energije za delovanje objekta.

Izračunani energijski kazalniki za računsko energetska izkaznico so:

- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine  $Q_{NH}/A_u$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (kg/m<sup>2</sup>a).

Prvi energijski kazalnik se razvrsti v razred (preglednica 1), ostali trije pa se prikažejo na barvnem poltraku glede na porabo energije oziroma emisij CO<sub>2</sub> [14].

Preglednica 1: Razred energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe

Razred energetske učinkovitosti		Letna potrebna toplota za ogrevanje	
	A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a	
	A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a	
	B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a	
	B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a	
	C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a	
	D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a	
	E	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a	
F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a		
G	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a		

### 2.1.1.2 Merjena energetska izkaznica (MEI)

MEI se izdaja za obstoječe nestanovanjske stavbe ali nestanovanjske dele stavb in se izdelava na podlagi meritev rabe energije, splošnih podatkov in razpoložljivi dokumentaciji o stavbi. Uporabijo se izmerjene vrednosti porabe energije za obdobje zadnjih treh zaključenih let, če pa ti podatki niso na voljo, se uporabijo podatki zadnjih dveh ali zadnjega koledarskega leta pred izdelavo energetske izkaznice. Naročnik mora izdajatelju EI posredovati podatke v obliki računov ter druge dokumentacije in načrtov obstoječega stanja stavbe. Neodvisni strokovnjak opravi pregled stavbe oziroma posameznega dela ter pregled naprav in

prevzemnopredajnega mesta dobave ali oddaje energije in preveri ustreznost posredovanih podatkov.

Izmerjeni energijski kazalniki za merjeno energetska izkaznico so:

- letna dovedena energija na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letna dovedena električna energija na enoto kondicionirane površine stavbe (kWh/m<sup>2</sup>a),
- letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine (kWh/m<sup>2</sup>a).

Energijski kazalniki se prikažejo na barvnem poltraku energetske izkaznice. [12]

### 3 PREDSTAVITEV OBRAVNAVANIH OBJEKTOV

#### 3.1 Hiša Gorjup Tamše (1967)

Enostanovanjska hiša (slika 2) stoji v centru Slovenskih Konjic (GKX:132874, GKY:532772). Je pritlična, delno podkletena, z izdelano mansardo. Temelji so betonski z vgrajenim večjim kamenjem. Nosilni zidovi in predelne stene v pritličju so iz polne opeke NF formata in fino ometane. Nosilni zidovi so debeline 33cm, notranje stene pa med 25 in 30cm. Nad kletjo je armirano-betonska (AB) stropna plošča, nad pritličjem pa je strop izdelan iz lesenih tramov, med katerimi je izolacija (leš). Stopnice, ki vodijo v klet so betonske, tiste, ki vodijo v mansardo pa so lesene. Predelne stene v mansardi so izdelane iz heraklit plošč, ki so na obeh straneh ometane. Finalna obdelava tal v pritličju in mansardi je iz lesa (parket), v kleti so položene keramične ploščice. Streha je dvokapna, z naklonom 38°. Stavba je orientirana s slemenom v smeri vzhod-zahod, okna pa so razporejena predvsem na južni fasadi. Hiša je toplotno popolnoma neizolirana. Okna so lesena, vezana z dvojno zasteklitvijo. Na oknih ni nameščenih senčil. Za ogrevanje uporabljajo 26kW peč na lesno biomaso, na katero sta priključena 1000l zalogovnik in 140l grelnik vode. V hiši je nameščenih 14 radiatorjev. Ogrevajo pritličje in mansardo, klet in podstrešje sta neogrevana. Hiša do sedaj ni bila deležna večje obnove, vendar so v času izdelave diplomske naloge na hiši zamenjali okna v pritličju in kleti. Zaradi realnejših rezultatov sem v izračunih upoštevala lastnosti starega stavbnega pohištva.



Slika 2: Enostanovanjska hiša Gorjup-Tamše (1967)

### 3.2 Hiša Kidrič (1999)

Enostanovanjska hiša (slika 3) stoji v centru Slovenskih Konjic (GKX:132824, GKY:533704). Zasnovana je v obliki črke T in je pritlična z izdelano mansardo. Temelji so AB in ležijo na komprimiranem nasutju, prav tako so AB stebri, nosilci, vezi in stopnišče. Obodne stene so debele 30 cm, notranje pa 20cm in so zgrajene iz opečnih modularnih blokov. Talna AB plošča je debela 12cm, AB plošča nad pritličjem pa 14 cm. Streha je dvokapna z nižjim prečnim slemenom in z naklonom strešin 37°. Ostrešje je leseno. Na tleh je plavajoči estrih debeline 5cm na stiroporu debeline 5cm. Finalna obdelava tal je parket ali keramika (hodnik, kopalnice) V garaži je zariban beton. Stene in stropovi so ometani z grobim in finim ometom, kitani in pobarvani s polidisperzijsko barvo. Notranja obloga ostrešja je izvedena z ognjevarnimi mavčnimi ploščami in prav tako premazana s polidisperzijsko barvo. Fasada je debela 5 cm in obložena s parno zaporo. Omet je cementni in pobarvan z vodoodbojno silikatno barvo. Med zunanjimi prekladami in AB ploščo nad pritličjem je toplotna dilatacija iz stiropora debeline 2cm. Kritina je opečna. Stavbno pohištvo zunanjega ovoja je iz PVC, zasteklitev je v »termopan« izvedbi. Na vseh oknih so notranje žaluzije. Notranja vrata so tipska, na kotlovnici so tudi ognjevarna. Hišo ogrevajo s 25kW uplinjevalnim kotlom na lesno biomaso, ki ima 87% izkoristek. Vgrajene imajo tudi toplotno črpalko in 1500l zalogovnik tople vode. V hiši je nameščenih 15 radiatorjev, na hodniku ter v obeh kopalnicah pa imajo vgrajeno talno gretje.



Slika 3: Enostanovanjska hiša Kidrič (1999)

### 3.3 Hiša Macuh Ratković (2015)

Enostanovanjska hiša (slika 4) stoji v centru Slovenskih Konjic (GKX:132457, GKY:532679). Je pravokotna, pritlična, z izdelano mansardo. Hiša je montažna in zasnovana kot nizkoenergijski objekt. Temeljenje je izvedeno z AB ploščo debeline 25 cm, ki leži na trdi toplotni izolaciji iz ekstrudiranega polistirena, pod katerim je utrjena gramozna blazina. Pritličje je izvedeno v velikostenskem montažnem sistemu Marles MEGA N14 [23]. Sestavne dele hiše so izdelali v proizvodnji. Tiste stene, ki so sestavljene iz lesene okvirne konstrukcije, so obojestransko obložene z mavčno vlaknenimi ploščami, ki so bandažirane, kitane in barvane. Obodne stene pa so obložene s toplotno izolacijsko fasado, ki je zaključena s fino zrnatim dekorativnim tankoslojnim fasadnim ometom. Strešna konstrukcija je lesena, z naklonom strešin 38°. Podlaga vsem talnim oblogam je klasični estrih. Finalna obdelava tal pa je parket ali keramika (kopalnica). Stavbno pohištvo je leseno, okna in balkonska vrata so opremljena s troslojno izolacijsko zasteklitvijo. Hiša se ogreva s toplotno črpalko (zrak-voda) in ima izvedeno talno gretje. Toplotna črpalka ima nazivno grelni moč 6kW, COP faktor 3,65 ter ima vgrajen 300l zalogovnik tople vode.



Slika 4: Enostanovanjska hiša Macuh-Ratković (2015)



## 4 REI ZA ENOSTANOVANJSKO HIŠO GORJUP TAMŠE (1967)

### 4.1 Splošni podatki

S programom TOST sem skladno s PURES 2010 za mejne vrednosti učinkovite rabe energije v izračunu upoštevala vrednosti, ki veljajo od 1. januarja 2015. [9]

Podatke za izračun sem pridobila iz projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) in z ogledom objekta. Toplotne mostove sem upoštevala po standardu SIST EN ISO 14683 [24], pri čemer je potrebno poudariti, da je delovanje programa zasnovano tako, da se zanemari vse točkovne toplotne mostove in, da pri izračunih toplotnih mostov med conami upoštevamo le tiste pri tleh, med ogrevanimi in neogrevanimi conami. Za toplotno prevodnost zemljine  $\lambda_G$  sem upoštevala vrednost 2,0 (W/mK). [9]

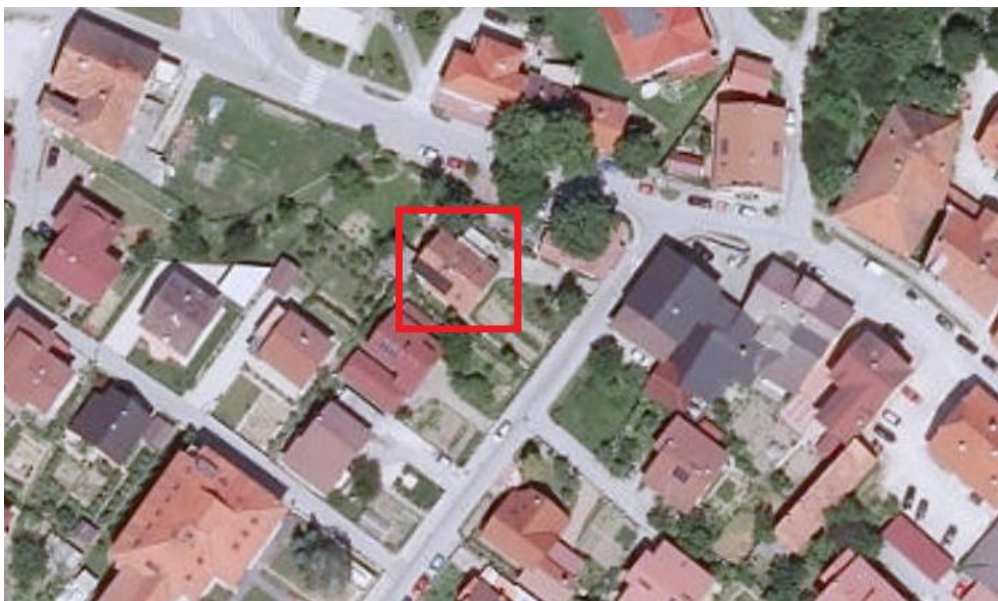
Za ogrevanje stavbe in pripravo tople vode se uporablja lesna biomasa. Ker podatki o učinkovitosti kotla, razvoda in radiatorjev niso poznani, sem glede na oceno po ogledu stavbe, uporabila podatke podane v preglednici 2. Stavba ni hlajena, zato teh podatkov pri rezultatih nisem upoštevala.

Preglednica 2: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema

Ogrevanje, topla voda	Učinkovitost
<b>Generacija</b>	
Standardni kotel, razred B	0,80
<b>Distribucija</b>	
Izolirane cevi, znotraj ogrevanih in neogrevanih prostorov	0,80
<b>Emisija</b>	
Radiatorji, ploskovno ogrevanje, razred B	0,78
Pipe	1,00

### 4.2 Klimatski podatki

Na podlagi podanih koordinat program iz podatkovne baze izbere ustrezne podnebne podatke. Koordinati stavbe sta GKX: 132874 in GKY: 532772 [13] (slika 5). Klimatske lastnosti lokacije so prikazane v preglednici 3 in 4.



Slika 5: Lokacija objekta [13]

Preglednica 3: Klimatskih podatki

Temperturni primanjkljaj DD (dan K)	3500
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,3
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1139
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	255
Začetek ogrevalne sezone (dan)	255
Konec ogrevalne sezone (dan)	145

Preglednica 4: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

Mesec/Vhodni podatki	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m <sup>2</sup> , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	117	33	62	177	78	31
Februar	1,0	188	44	93	230	120	28
Marec	5,0	308	71	164	259	172	31
April	9,0	408	104	208	234	197	30
Maj	14,0	537	132	264	234	235	25
Junij	17,0	567	152	261	217	253	0
Julij	19,0	642	146	282	253	285	0
Avgust	18,0	524	113	249	268	236	0
September	15,0	360	85	171	258	173	18
Oktober	9,0	227	63	112	215	119	31
November	4,0	127	42	71	145	68	30
December	1,0	92	30	52	131	55	31
Ogrevalna sezona	5,8	2119	547	1081	1737	1106	255

### 4.3 Računska podobdobja

Program TOST omogoča izračun z upoštevanjem štirih različnih podobdobj, vendar pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni in je potrebno upoštevati 24-urna dnevno uporabo stavbe. [11]

### 4.4 Nočna izolacija in senčenje

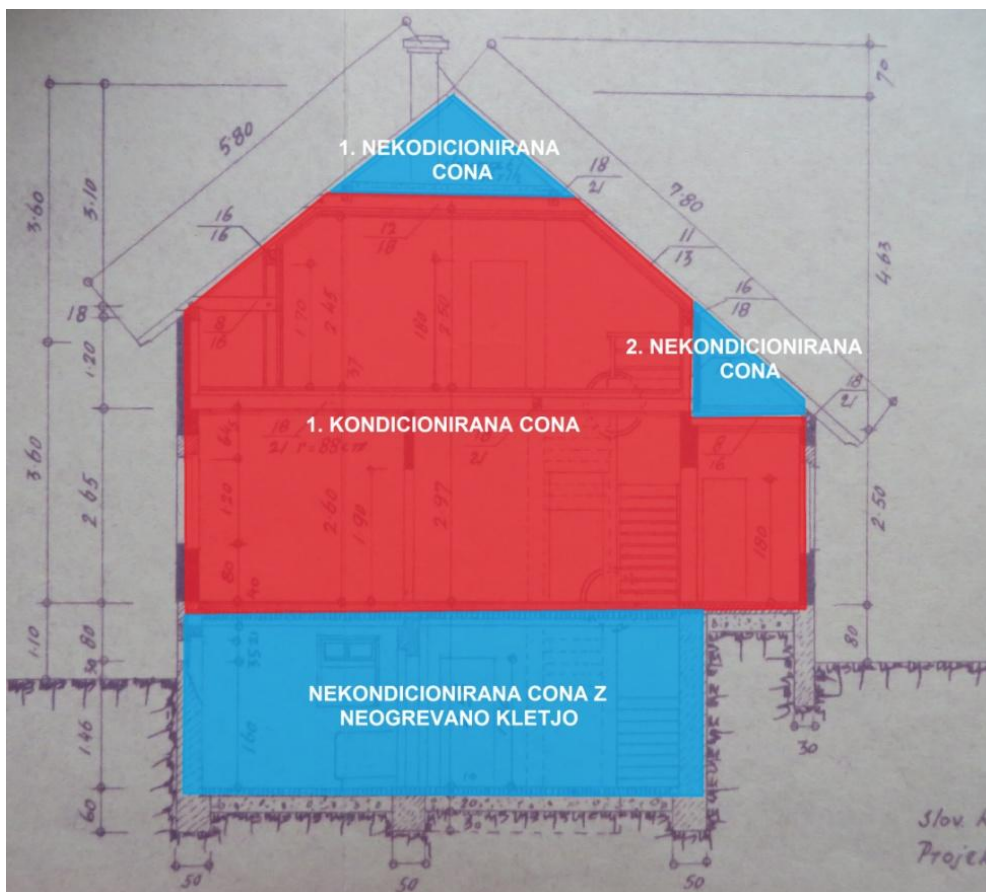
Na obravnavani stavbi ni nočne izolacije in senčil. Faktorja osenčenosti zaradi zunanjih ovir nisem upoštevala, saj v neposredni bližini stavbe ni objekta, zaradi katerega bi bila stavba osenčena. Senčenje zaradi razgibanosti stavbe, sem predpostavila kot idealno, kar pomeni, da se predpostavi, da so vse površine maksimalno osončene, saj je stavba enostavne oblike.

### 4.5 Podatki o conah

Kondicionirana cona je del prostora z uravnanimi pogoji z dano nastavljeno vrednostjo temperature ali temperatur, v kateri se predpostavljajo enotne bivalne navade, razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive in temperaturo uravnava enoten sistem ogrevanja, hlajenja in/ali prezračevanja in klimatizacije ali različni sistemi z enakimi energijskimi karakteristikami. [11] Kondicionirana cona v stavbi zajema pritličje in mansardo hiše, nekondicionirane cone pa so klet, podstrešje ter podstrešje nad verando (preglednica 5 in slika 6). Podstrešje bi načeloma lahko predstavljajo le eno nekondicionirano cono, vendar sta stropova nad verando in mansardo različna, zato je različna tudi njuna toplotna prevodnost, zaradi česar sem podstrešje razdelila na dve nekondicionirani coni.

Preglednica 5: Prikaz delitve kondicioniranih in nekondicioniranih con

Kondicionirane cone	
1. Kondicionirana cona	Pritličje, mansarda
Nekondicionirane cone	
1. Nekondicionirana cona	Podstrešje
2. Nekondicionirana cona	Podstrešje nad verando
Nekondicionirana cona z neogrevano kletjo	Klet



Slika 6: Prečni prerez objekta in prikaz razdelitve objekta v cone

#### 4.5.1 Osnovni podatki o conah

Zunanja površina stavbe  $A$  ( $m^2$ ) omejuje bruto kondicionirano prostornino stavbe  $V$  ( $m^3$ ), skozi njo prehaja toplota v okolico. Pri določanju površine  $A$  upoštevamo zunanje mere stavbe. Za izračun toplotnih izgub zaradi prezračevanja potrebujemo podatek o neto ogrevani prostornini stavbe  $V_e$  ( $m^3$ ), ki jo izračunamo po enačbi (1). Uporabna površina stavbe  $A_u$  predstavlja notranjo tlorisno površino kondicioniranih prostorov. Za izračun uporabne površine stavbe sem uporabila enačbo (2). [9]

$$V_e = 0,8V \quad (1)$$

$$A_u = 0,85A \quad (2)$$

Efektivno toplotno kapaciteto stavbe  $C$  (MJ/K) izračuna program sam na podlagi vrste konstrukcije glede na toplotno kapaciteto, ki sem jo za stavbo izbrala. Ta stavba je glede na toplotno kapaciteto srednja ( $C=21,77$  MJ/K). [9]

Osnovni podatki o conah so prikazani v preglednici 6.

Za stanovanjske stavbe se za določitev letne potrebne toplote za ogrevane stavbe upošteva notranja projektna temperatura 20°C in za določitev letnega potrebnega hlada za hlajenje notranja projektna temperatura v času hlajenja 26°C. Pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni, zato so podatki isti za dan, noč, vikend in za obdobje nezasedenosti. [11]

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi. [11] Povprečno moč dobitkov notranjih virov  $\phi_i$  (W) sem izračunala po standardu SIST EN ISO 13790, kjer se priporoča vrednost 5W/m<sup>2</sup> uporabne površine. [9]

Preglednica 6: Prikaz osnovnih podatkov con

Vhodni podatki/Vrsta cone	1. Kond. cone		1. Nekond. cone	2. Nekond. cone	Nekond. cone z neogrevano kletjo
Neto prostornina $V_e$ (m <sup>3</sup> )	381,6		16,37	7,79	168,89
Neto uporabna površina $A_u$ (m <sup>2</sup> )	131,95		26,76	9,2	62,74
Efektivna toplotna kapaciteta cone C (MJ/K)	21,77				
Projektna notranja temperatura (°C)	Poleti	Pozimi			
	20	26			
Povprečna moč dobitkov notranjih virov $\phi_i$ (W)	659,75				

#### 4.5.2 Prezračevanje

Prezračevanje je v celotni stavbi naravno. Ni razlik v prezračevanju med dnevom, nočjo, vikendom in obdobjem nezasedenost. Podatek o urni izmenjavi zraka z zunanjim okoljem n ( $h^{-1}$ ) sem dobila na podlagi standarda SIST EN ISO 13790, kjer sem izbrala ustrezno vrednost n, glede na tesneje stavbe in razred zaščitenosti pred vetrom (preglednica 7).

Preglednica 7: Podatki o prezračevanju con

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Kond. cone	1.Nekond. cone	2.Nekond. cone	Nekond. cone z neogrevano kletjo
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n ( $h^{-1}$ )	1,1	1,5	1,5	0,7
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem n ( $h^{-1}$ )	0,5	-	-	0,5

#### 4.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla

Podatke o vrednosti toplotne prehodnosti U (W/m<sup>2</sup>K) za stene, streho, prikazane v preglednici 8 ter toplotne prehodnosti tal, prikazane v preglednici 9, sem pridobila z izračunom v programu TEDI. Toplotne mostove sem določila za vsako cono posebej, in sicer na podlagi standarda SIST EN ISO 14683 [25] ter na podlagi listine [26]. Linijski toplotni mostovi so prikazani v preglednici 10.

Preglednica 8: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Kondicionirana cona	1.Nekondicionirana cona	2.Nekondicionirana cona	Nekondicionirana cona z neogrevano kletjo
<b>Zunanja stena</b>				
Površina netransparentnega dela ( $m^2$ )	148,51	4,68	2,1	79,19
Toplotna prehodnost U ( $W/m^2K$ )	1,598	1,598	1,598	2,075
<b>Streha</b>				
Površina netransparentnega dela ( $m^2$ )	47,7	47,7	11,48	-
Toplotna prehodnost U ( $W/m^2K$ )	2,037	2,037	2,037	-

Pri izračunih neogrevane cone z neogrevano kletjo potrebujemo podatke o globini tal kleti pod nivojem terena (z), višini zgornje površine kleti nad nivojem terena (h), debelini ( $d_w$ ) in toplotni prehodnosti ( $U_w$ ) zunanje stene nad nivojem terena, toplotni prehodnosti stene proti terenu ( $U_{bw}$ ), površini tal kleti ( $A_{bf}$ ), skupnem toplotnem uporu tal ( $R_{bf,t}$ ), celotnem obodu tal, ki je izpostavljen stiku z zemljino (P) ter podatek o urni izmenjavi zraka kleti z zunanjim okoljem (n). Vse podatke sem izračunala na podlagi načrta hiše, podatek o urni izmenjavi zraka z zunanjim okoljem sem privzela iz tabele. [9] Podatki so prikazani v preglednici 9.

Preglednica 9: Vhodni podatki za tla pod terenom

Vrsta tal/Vhodni podatki	$d_w$ (m)	$U_w$ ( $W/m^2K$ )	$U_{bw}$ ( $W/m^2K$ )	$A_{bf}$ ( $m^2$ )	P (m)	$R_{bf,t}$ ( $m^2K/W$ )	z (m)	h (m)	n ( $h^{-1}$ )
Tla pod terenom	0,41	2,075	2,578	62,74	34,54	0,194	1,46	1,10	0,5

Preglednica 10: Prikaz linijskih toplotnih mostov

Topl. most pri zunanji steni	Tip toplotnega mostu	$\Psi$ ( $W/mK$ )	l (m)
1. Kondicionirana cona	pri predelnih stenah	0,15	60,46
	v vogalu	0,10	31,42
	pri balkonu	0,25	9,00
	pri medetažni konstrukciji	0,15	75,72
	pri strehi	0,4	46,28
	pri oknih	0,15	63,00
1. Nekondicionirana cona	-	-	-
2. Nekondicionirana cona	-	-	-
Nekondicionirana cona z neogrevano kletjo	pri predelnih stenah	0,15	26,50
	pri tleh	0,8	36,12
	pri oknih	0,15	17,00

Toplotno prehodnost stavbnega pohištva  $U_w$  ( $W/m^2K$ ) in prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela  $g_{gl,w}$  (-) sem določila s pomočjo preglednice [9] glede na vrsto oken. Ker faktor okvirja ni natančno poznan, sem privzela vrednost 0,3. Toplotni upor nočne izolacije  $R_{NI,w}$  ( $m^2K/W$ ) in prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil  $g_{g+shl,w}$  (-) sem v izračunih zanemarila, saj na stavbi ni senčil in nočne izolacije. Površine, orientacije in gradbeno fizikalne lastnosti stavbnega pohištva so prikazane v preglednici 11.

Preglednica 11: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope

Orientacija/Vhodni podatki	$A_w$ (m <sup>2</sup> )	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	$g_{gl,w}$ (-)	$F_{F,w}$ (-)
<b>1. Kondicionirana cona</b>				
J	11,24	2,8	0,76	0,3
S	3,72	2,8	0,76	0,3
V	2,96	2,8	0,76	0,3
Z	2,16	2,8	0,76	0,3
V	2,00	2,8	0,01	0,3
<b>1. Nekondicionirana cona</b>				
-	-	-	-	-
<b>2. Nekondicionirana cona</b>				
-	-	-	-	-
<b>Neogrevana cona z neogrevano kletjo</b>				
J	0,56	2,8	0,76	0,3
S	1,20	2,8	0,76	0,3
Z	0,56	2,8	0,76	0,3

#### 4.5.4 Predelni konstrukcijski sklopi med conami

Podatke o vrednosti toplotne prehodnosti  $U$  (W/m<sup>2</sup>K) za konstrukcijske sklope med posameznimi conami prikazane v preglednici 12, sem pridobila z izračunom v programu TEDI. Med 1. kondicionirano cono in 2. nekondicionirano cono sta dva različna konstrukcijska sklopa. Prvi je stena, med mansardo in podstrešjem, drugi pa strop med verando in podstrešjem. Za toplotno prehodnost  $U$ , sem vzela njuno povprečno vrednost. [9]

Preglednica 12: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele

Cone	1. Kond. cona	1. Nekond. cona	2. Nekond. cona	Nekond. cona z neogrevano kletjo
<b>Površina A (m<sup>2</sup>)</b>				
1. Kond. cona	-	26,76	14,29	62,74
1. Nekond. cona	26,76	-	-	-
2. Nekond. cona	14,29	-	-	-
Nekond. cona z neogrevano kletjo	62,76	-	-	-
<b>Toplotna prehodnost U (W/m<sup>2</sup>K)</b>				
1. Kond. cona	-	1,952	0,915	2,578
1. Nekond. cona	1,952	-	-	-
2. Nekond. cona	0,915	-	-	-
Nekond. cona z neogrevano kletjo	2,578	-	-	-

## 4.6 Predstavitev rezultatov

### 4.6.1 Energetska bilanca stavbe

Objekt za svoje obratovanje potrebuje energijo za ogrevanje, hlajenje, pripravo tople sanitarne vode in ostale notranje porabnike. Energetska bilanca je podatek o celotni količini porabljene energije, ki jo objekt porabi v določenem časovnem obdobju. Na podlagi izračuna je možno določiti tudi potrebno moč naprave za ogrevanje in hlajenje objekta ter pripravo sanitarne vode ob upoštevanju lokacije, orientacije, lastnosti toplotnega ovoja in notranjih virov. [26]

Ko v program TOST vnesemo vse ustrezne podatke, nam ta kot rezultat poda diagnozo o ustreznosti objekta in glavne rezultate, skladne s PURES-om 2010. Poda nam podrobne podatke o letnih specifičnih izgubah in dobitkih ter potrebne toplote za ogrevanje po conah in sezonah. Prav tako nam poda podrobno razčlenjene podatke o porabi vseh vrst energije po conah. [9]

V preglednici 13 so prikazani izračunani kazalniki energetske učinkovitosti stavbe ter primerjani z največjimi dovoljenimi vrednostmi, dovoljenimi po PURES-u 2010.

Preglednica 13: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti

	Izračun	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,51	0,37
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	430,88	54,45
Letni potrebni hlad za hlajenje na enoto neto uporabne površine $Q_{NC}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	0	50,00
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine $Q_p/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	114,56	210,40

V preglednici 14 so podani geometrijski podatki o stavbi, v preglednici 15 pa izgube in dobitki pri ogrevanju (hlajenja v stavbi ni prisotnega).

Preglednica 14: Podatki o velikosti in obliki stavbe

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	131,95
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	381,60
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	320,37
Oblikovni faktor $f_o=A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,84

Preglednica 15: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje

Izgube/dobitki	Ogrevanje (kWh/m <sup>2</sup> )
Transmisijske izgube	424,02
Ventilacijske izgube	80,45
Skupne izgube	504,47
Notranji dobitki	40,1
Solarni dobitki	44,60
Skupni dobitki	84,71

»Energetska učinkovitost stavbe« pomeni izračunano ali izmerjeno količino energije, potrebno za zadovoljevanje potreb po energiji, povezanih z običajno uporabo stavbe, ki med drugim vključuje energijo za ogrevanje, hlajenje, prezračevanje, toplo vodo in razsvetljavo. [2]

Energetska učinkovitost stavbe je dosežena, če je poleg ostalih zahtev, ki so določene s PURES-om 2010, najmanj 25 odstotkov celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi zagotovljenih z uporabo obnovljivih virov energije. [21]

Iz preglednice 13 je razvidno, da vrednosti koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe in letne potrebne toplote za ogrevanje močno presegata največje dovoljene vrednosti določene s PURES-om 2010. Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub predstavlja razmerje med količnikom transmisijских toplotnih izgub  $H_T$  in celotno zunanjo površino stavb  $H_T(A)$  [21]. Njegovo veliko vrednost lahko pripišemo popolni neizoliranosti stavbe ter prisotnosti toplotnih mostov (TM), zaradi česar pride do velikih transmisijских izgub. Transmisijske izgube brez upoštevanja TM (razen TM v vogalih) znašajo 384,61 kWh/m<sup>2</sup>, z upoštevanjem TM pa znašajo 424,02 kWh/m<sup>2</sup>. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur [21], v tem primeru je to 20 °C pozimi in 26 °C

poleti. Ob velikih transmisijskih izgubah na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe vplivajo tudi ventilacijske izgube ter relativno majhni dobitki zaradi sončnega obsevanja.

Kljub izpolnjevanju pogoja o uporabi obnovljivih virov v vsaj 25 odstotkih celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi, je zaradi preseganja vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (preglednica 13), obravnavana stavba ENERGETSKO NEUČINKOVITA.

#### 4.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice

Prikaz kazalnikov računske energetske izkaznice, skladno s »Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb«. [12]

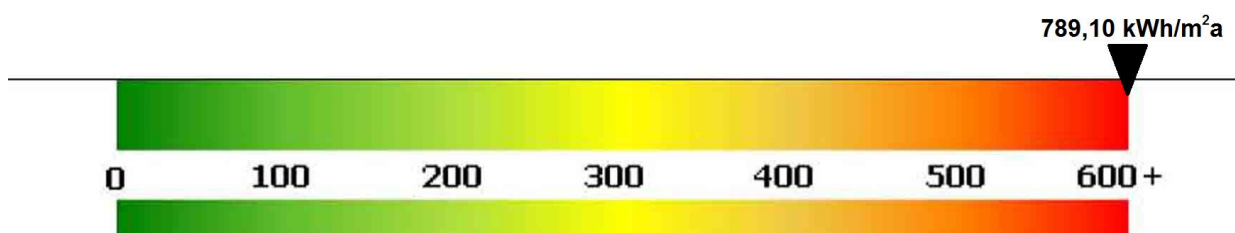
Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_{NH}/A_u$  znaša 430,88 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja potrebno toploto, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja. [21] Glede na vrednost se stavba uvršča v energetski razred G (slika 7).

Razred energetske učinkovitosti		Letna potrebna toplota za ogrevanje
	A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
	A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
	B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
	B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
	C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
	D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
	E	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
	F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
	<b>G</b>	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Slika 7: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje

Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  znaša 789,10 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja končno energijo dovedeno sistemom v stavbi za pokrivanje potreb po ogrevanju, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljava (slika 8). [12]

Do tako velike vrednosti dovedene energije za delovanje stavbe pride zaradi slabe učinkovitosti ogrevalnega sistema (kotla, razvoda in radiatorjev), saj prispeva skoraj polovico vrednosti, drugo polovico prispeva letna potrebna toplota za ogrevanje.

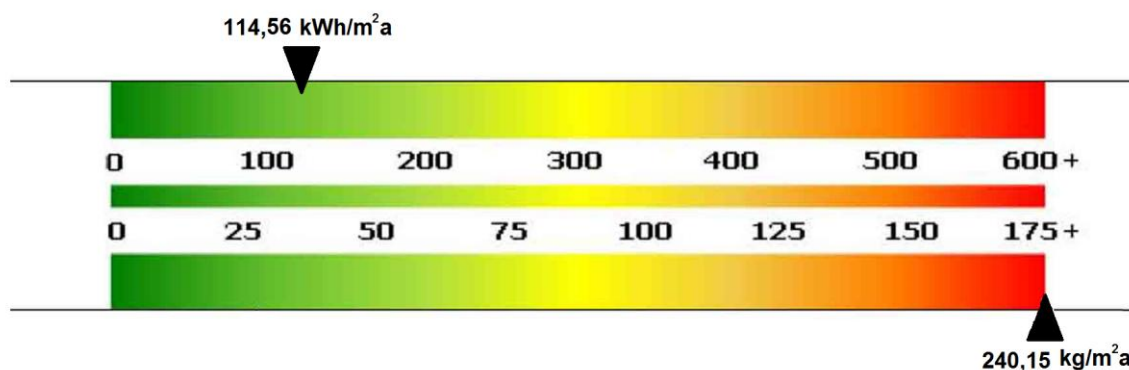


Slika 8: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku



Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  znaša 114,56 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja celotno primarno energijo, ki zajema letno primarno energijo sistema za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja, letno primarno energijo sistema za pripravo tople vode in letno primarno energijo za razsvetljavo. Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi [21] (slika 9).

Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe znašajo 240,15 kg/m<sup>2</sup>a in pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe [12] (slika 9).



Slika 9: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku

#### 4.7 Izboljšava energetske učinkovitosti stavbe

Za izboljšanje energetske učinkovitosti predlagam spodnja ukrepa, glede na smiselnost in izvedljivost.

##### 1. ukrep

Vgradnja toplotne izolacije (TI) na vse zunanje stene, streho, tla pod terenom ter na medetažne konstrukcije, ki mejijo na ogrevano cono.

##### 2. ukrep

Zamenjava oken in vhodnih vrat z energetsko učinkovitejšimi.

S programom TEDI sem izračunala debelino TI, ki zadosti pogojem trenutne zakonodaje, glede toplotne prehodnosti določenih konstrukcijskih sklopov stavbe. [11]

Podatki o trenutni toplotni prehodnosti, največji dovoljeni toplotni prehodnosti, ter podatek o trenutni debelini in potrebni debelina TI so prikazani v preglednici 16. V isti preglednici so prikazani tudi podatki o toplotni prehodnosti posameznega konstrukcijskega sklopa po vgraditvi TI.

Preglednica 16: Prikaz podatkov o debelini TI in toplotni prehodnosti U pred in po ukrepu, ter prikaz podatkov o največji dovoljeni toplotni prehodnosti  $U_{max}$  določenega KS

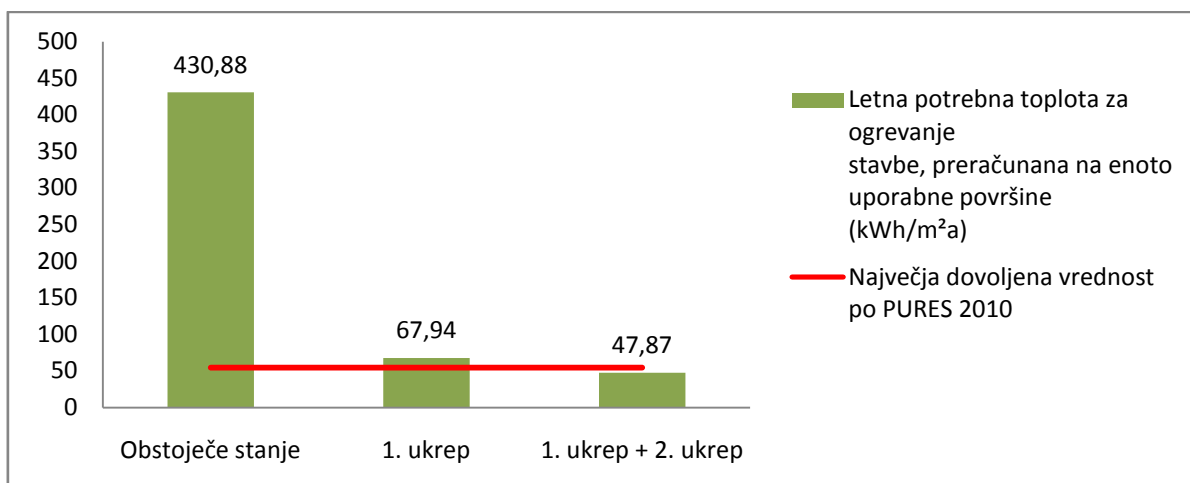
Konstrukcijski sklop	Obstoječe stanje pred ukrepom			$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> K)	Stanje po ukrepu		
	Debelina TI (cm)	$\lambda$ (W/mK)	U (W/m <sup>2</sup> K)		Debelina TI (cm)	$\lambda$ (W/mK)	U (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanja stena	-	-	1,598	<b>0,280</b>	12	0,039	0,261
Zunanja stena proti terenu	-	-	2,075	<b>0,300</b>	14	0,043	0,268
Medetažna konstrukcija (klet-pritličje)	-	-	2,578	<b>0,280</b>	14	0,043	0,274
Medetažna konstrukcija (pritličje-podstrešje)	-	-	0,233	<b>0,200</b>	4	0,043	0,191
Strop (mansarda-podstrešje)	-	-	1,952	<b>0,200</b>	16	0,034	0,192
Streha	-	-	2,037	<b>0,200</b>	16	0,034	0,192
Tla pod terenom	-	-	5,145	<b>0,350</b>	10	0,034	0,319

Na podlagi novih vrednosti toplotnih prehodnosti sem naredila ponoven izračun energetske bilance stavbe v programu TOST. Pri izračunih sem upoštevala, da se zaradi vgradnje TI nekateri toplotni mostovi odpravijo, ter da se ob tem poveča tesnjenje stavbe. Odpravijo se toplotni mostovi zaradi predelnih sten in medetažne konstrukcije, toplotni most pri strehi in tleh ter toplotni mostovi pri oknih. Že ob 1. ukrepu se poraba potrebne energije za ogrevanje zmanjša za 84,23%, vendar s tem še ne zadostimo kriterijem energetske učinkovitosti stavbe [21]. V primeru, da je stavbno pohištvo staro in energetsko potratno, kot v tem primeru, je smotrno, da ob vgradnji TI zamenjamo tudi to, z energetsko učinkovitejšim. Za zamenjavo sem izbrala lesena okna s trojno zasteklitvijo (Jelovica Ekostar), ki imajo toplotno prehodnost  $U_w=0,88$  W/m<sup>2</sup> [27]. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela  $g_{gl,w}$  (-) sem določila s pomočjo preglednice [9], in sicer sem uporabila vrednost 0,53. Vhodna vrata sem zamenjala z vrati, ki imajo toplotno prehodnost 0,9 W/m<sup>2</sup>K (Inotherm Exclusiv) [28]. Zamenjava stavbnega pohištva zmanjša porabo potrebne toplote za ogrevanje za 4,64%, kar prispeva majhen delež v primerjavi z vgradnjo TI, vendar s tem ukrepom ravno zadostimo pogojem energetske učinkovitosti stavbe. [21] Po sprejetju 1. ukrepa se stavba uvršča v energetski razred D, po sprejetju 2. ukrepa pa v energetski razred C (preglednica 17 in grafikon 1).

Preglednica 17: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine stavbe, in o energetskem razredu stavbe, pred in po ukrepih.

	Stanje pred ukrepi	1. ukrep	1. ukrep+2. ukrep
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ stavbe, preračunana na enoto uporabne površine $A_u$ stavbe (kWh/m <sup>2</sup> a)	430,88	67,94	47,87
Energetski razred	E	D	C

Na grafikonu 1 so prikazani podatki o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine (kWh/m<sup>2</sup>a), ter vpliv ukrepov na zmanjšanje le-te.

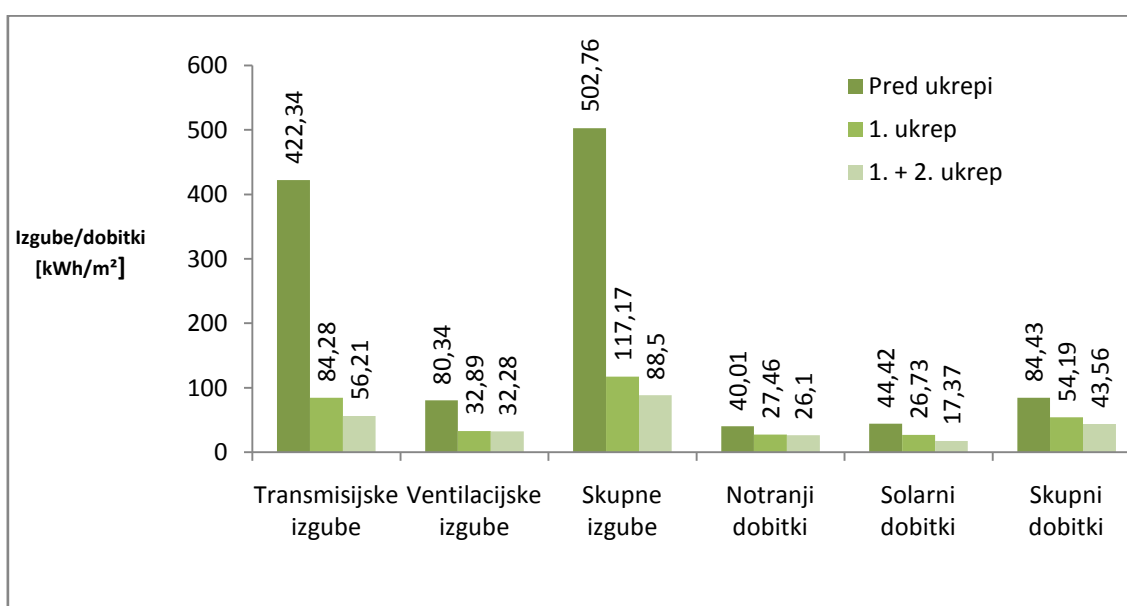


Grafikon 1: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine, pred in po ukrepih.

Vrednost koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H'_T$  se po ukrepih zmanjša za 84,11%, in sicer iz 1,51 W/m²K na 0,24 W/m²K. V preglednici 18 so prikazani podatki o izgubah in dobitkih pri ogrevanju po ukrepih. Razlika v izgubah in dobitkih pred in po sprejetju ukrepov, je prikazana na grafikonu 2.

Preglednica 18: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje

Izgube/dobitki	Ogrevanje (kWh/m²)	
	1. ukrep	1. + 2. ukrep
Transmisijske izgube	84,28	56,42
Ventilacijske izgube	32,89	32,35
Skupne izgube	117,17	88,77
Notranji dobitki	27,46	26,25
Solarni dobitki	26,73	17,53
Skupni dobitki	54,19	43,78



Grafikon 2: Prikaz podatkov o vplivu ukrepov na velikost izgub in dobitkov

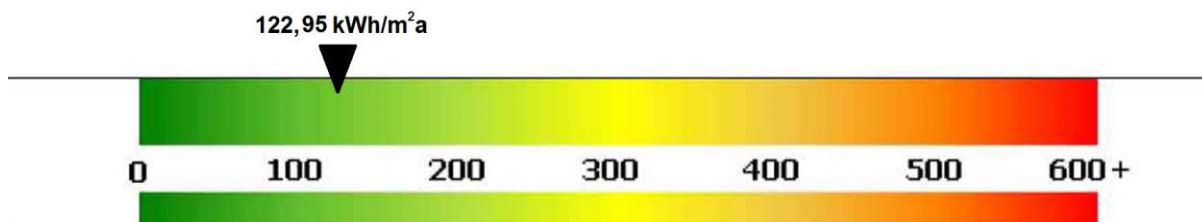
#### 4.7.1 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice po ukrepih

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_{NH}/A_u$  po ukrepih znaša 47,87 kWh/m<sup>2</sup>a. Glede na vrednost, se stavba uvršča v energetski razred C (slika 10).

Razred energetske učinkovitosti	Letna potrebna toplota za ogrevanje
A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>C</b>	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
E	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
G	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Slika 10: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje po ukrepih

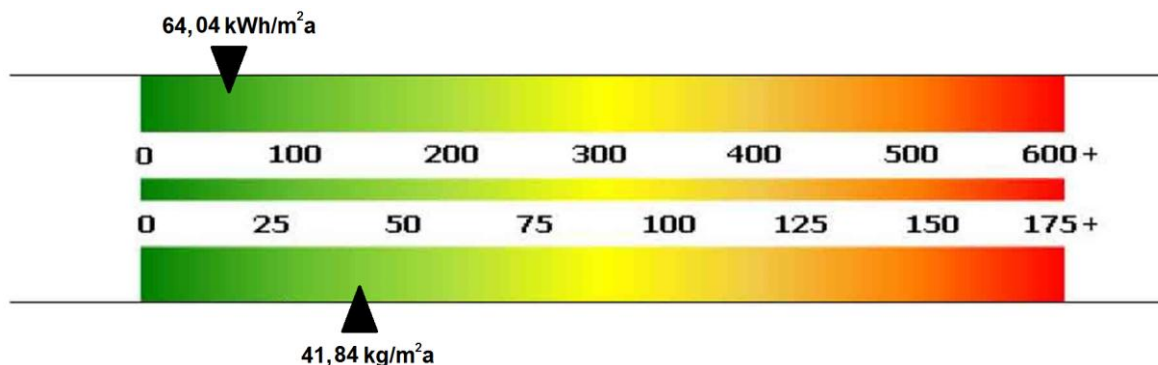
Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  po ukrepih znaša 122,95 kWh/m<sup>2</sup>a (slika 11).



Slika 11: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe po ukrepih na barvnem poltraku

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  po ukrepih znaša 64,04 kWh/m<sup>2</sup>a (slika 12).

Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe po ukrepih znašajo 41,84 kg/m<sup>2</sup>a (slika 12).



Slika 12: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe po ukrepih na barvnem poltraku

## 5 REI ZA ENOSTANOVANJSKO HIŠO KIDRIČ (1999)

### 5.1 Splošni podatki

S programom TOST, sem skladno s PURES 2010 za mejne vrednosti učinkovite rabe energije, v izračunu upoštevala vrednosti, ki veljajo od 1. januarja 2015. [9]

Podatke za izračun sem pridobila iz PGD in z ogledom objekta. Toplotne mostove sem upoštevala po standardu SIST EN ISO 14683 [24], pri čemer je potrebno poudariti, da je delovanje programa zasnovano tako, da se zanemari vse točkovne toplotne mostove in, da pri izračunih toplotnih mostov med conami upoštevamo le tiste pri tleh, med ogrevanimi in neogrevanimi conami. Za toplotno prevodnost zemljine  $\lambda_G$  sem upoštevala vrednost 2,0 (W/mK). [9]

Za ogrevanje stavbe in pripravo tople vode se uporablja lesna biomasa. Ker podatki o učinkovitosti kotla, razvoda in radiatorjev niso poznani, sem glede na oceno po ogledu, uporabila podatke podane v preglednici 19. Stavba ni hlajena, zato teh podatkov pri rezultatih nisem upoštevala.

Preglednica 19: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema

Ogrevanje, topla voda	Učinkovitost
<b>Generacija</b>	
Standardni kotel, razred A	0,80
<b>Distribucija</b>	
Izolirane cevi, znotraj ogrevanih prostorov	0,95
<b>Emisija</b>	
Radiatorji, ploskovno ogrevanje, razred A	0,96
Pipe	1,00

### 5.2 Klimatski podatki

Na podlagi podanih koordinat program iz podatkovne baze izbere ustrezne podnebne podatke. Koordinati stavbe sta GKX: 132824 in GKY: 533704 (slika 13). [13] Klimatske lastnosti lokacije so prikazane v preglednici 20 in 21.



Slika 13: Lokacija objekta [13]

Preglednica 20: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3500
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,5
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1139
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	245
Začetek ogrevalne sezone (dan)	260
Konec ogrevalne sezone (dan)	140

Preglednica 21: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

Mesec/Vhodni podatki	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m <sup>2</sup> , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	117	33	62	177	78	31
Februar	1,0	188	44	93	230	120	28
Marec	5,0	308	71	164	259	172	31
April	9,0	408	104	208	234	197	30
Maj	14,0	537	132	264	234	235	20
Junij	18,0	567	152	261	217	253	0
Julij	19,0	642	146	282	253	285	0
Avgust	19,0	524	113	249	268	236	0
September	15,0	360	85	171	258	173	13
Oktober	10,0	227	63	112	215	119	31
November	4,0	127	42	71	145	68	30
December	1,0	92	30	52	131	55	31
Ogrevalna sezona	5,5	1927	511	1010	1656	1039	245

### 5.3 Računska podobdobja

Program TOST omogoča izračun z upoštevanjem štirih različnih podobdobj, vendar pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni in je potrebno upoštevati 24-urna dnevno uporabo stavbe. [11]

### 5.4 Nočna izolacija in senčenje

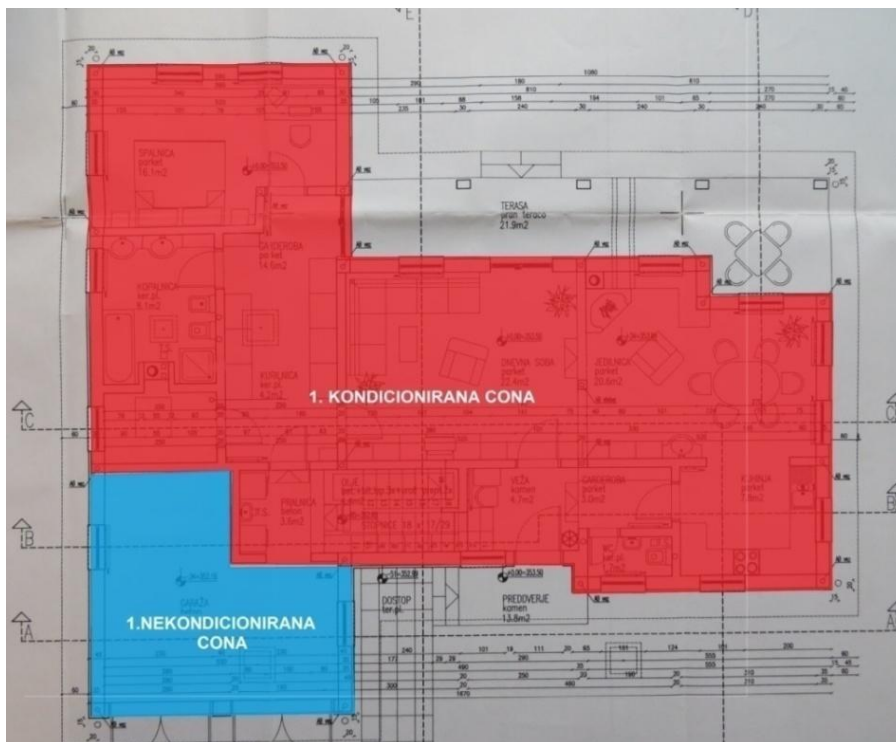
Na obravnavani stavbi ni nočne izolacije in senčil. Faktorja osenčenosti zaradi zunanjih ovir nisem upoštevala, saj v neposredni bližini stavbe ni objekta, zaradi katerega bi stavba bila osenčena. Senčenje zaradi razgibanosti stavbe, sem predpostavila kot idealno, kar pomeni, da se predpostavi, da so vse površine maksimalno osončene, saj je stavba enostavne oblike.

### 5.5 Podatki o conah

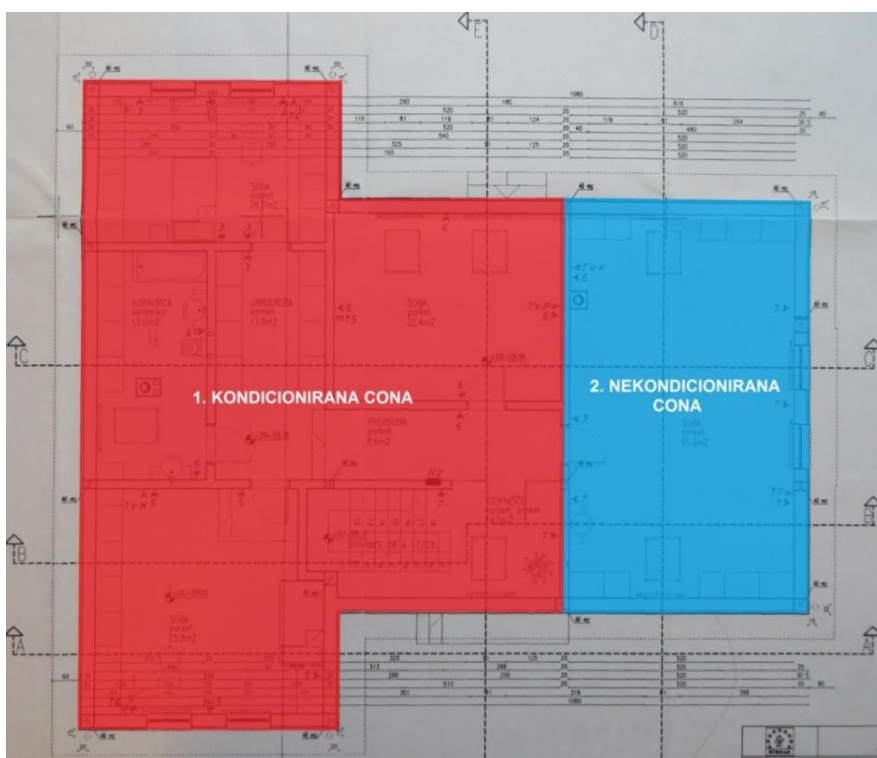
Kondicionirana cona je del prostora z uravnanimi pogoji z dano nastavljeno vrednostjo temperature ali temperatur, v kateri se predpostavljajo enotne bivalne navade, razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive in temperaturo uravnava enoten sistem ogrevanja, hlajenja in/ali prezračevanja in klimatizacije ali različni sistemi z enakimi energijskimi karakteristikami. [11] Kondicionirana cona v stavbi zajema del pritličja in mansarde hiše, nekondicionirani coni pa sta garaža v pritličju in shramba, ki je del mansarde (slika 14 in 15).

Preglednica 22: Prikaz delitve kondicioniranih in nekondicioniranih con

Kondicionirane cone	
1. Kondicionirana cona	Del pritličja in mansarde
Nekondicionirane cone	
1. Nekondicionirana cona	Garaža
2. Nekondicionirana cona	Shramba



Slika 14: Tloris pritličja in prikaz razdelitve objekta v cone



Slika 15: Tloris mansarde in prikaz razdelitve objekta v cone

### 5.5.1 Osnovni podatki o conah

Podatke o uporabni površini  $A_u$  sem razbrala iz PGD, neto ogrevano prostornino  $V_e$  pa sem izračunala na podlagi podatkov iz PGD.

Efektivno toplotno kapaciteto stavbe  $C$  (MJ/K) izračuna program sam na podlagi vrste konstrukcije glede na toplotno kapaciteto, ki sem jo izbrala za stavbo. Ta stavba je glede na toplotno kapaciteto teška ( $C=61,28$  MJ/K). [9]

Za stanovanjske stavbe se za določitev letne potrebne toplote za ogrevane stavbe upošteva notranja projektna temperatura  $20^{\circ}\text{C}$  in za določitev letnega potrebnega hlada za hlajenje notranja projektna temperatura v času hlajenja  $26^{\circ}\text{C}$ . Pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni, zato so podatki isti za dan, noč, vikend in za obdobje nezasedenosti. [11]

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi. [11] Povprečno moč dobitkov notranjih virov  $\phi_i$  (W) sem izračunala po standardu SIST EN ISO 13790, kjer se priporoča vrednost  $5\text{W}/\text{m}^2$  uporabne površine. [9]

Osnovni podatki o conah so prikazani v preglednici 23.

Preglednica 23: Prikaz osnovnih podatkov con

Vhodni podatki/Vrsta cone	1. Kond. cona		1. Nekond. cona	2. Nekond. cona
Neto prostornina $V_e$ ( $\text{m}^3$ )	682,92		43,90	164,92
Neto uporabna površina $A_u$ ( $\text{m}^2$ )	235,70		22,00	45,60
Efektivna toplotna kapaciteta cone $C$ (MJ/K)	61,28		-	-
Projektna notranja temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Poleti	Pozimi	-	-
	20	26	-	-
Povprečna moč dobitkov notranjih virov $\phi_i$ (W)	1176		-	-

### 5.5.2 Prezračevanje

Prezračevanje je v celotni stavbi naravno. Ni razlik v prezračevanju med dnevom, nočjo, vikendom in obdobjem nezasedenost. Podatek o urni izmenjavi zraka z zunanjim okoljem  $n$  ( $\text{h}^{-1}$ ) sem dobila na podlagi standarda SIST EN ISO 13790 [10], kjer sem izbrala ustrezno vrednost  $n$ , glede na tesneje stavbe in razred zaščitenosti (preglednica 24).

Preglednica 24: Podatki o prezračevanju con

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Kond. cona	1.Nekond. cona	2.Nekond. cona
Vrsta prezračevanja	Naravno	Naravno	Naravno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,6	0,6	0,6
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,5	-	-



### 5.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla

Podatke o vrednosti toplotne prehodnosti  $U$  ( $W/m^2K$ ) za stene, streho, prikazane v preglednici 25 ter toplotne prehodnosti tal, prikazane v preglednici 26, sem pridobila z izračunom v programu TEDI. V preglednici 26 so prikazani podatki o debelini zunanje stene nad nivojem terena ( $d_w$ ), skupnem toplotnem uporu tal ( $R_{f,t}$ ) ter celotnem obodu tal, ki je izpostavljen stiku z zemljino ( $P$ ). Toplotne prehodnosti  $U$  so sicer že bile podane v PGD, ampak sem jih na podlagi sestave KS izračunala še sama. V programu TEDI so podane točno določene vrednosti toplotnega upora materiala in na podlagi teh podatkov program izračuna toplotno prehodnost KS-ja. Zaradi tega je prišlo do manjših odstopanj med podanimi vrednostmi toplotne prehodnosti in vrednostmi izračunanimi s programom TEDI. Zaradi objektivnejše primerjave toplotne prehodnosti pred in po ukrepu za izboljšanje energetske učinkovitosti stavbnega ovoja, sem uporabila podatke, ki sem jih dobila s programom, saj v nasprotnem primeru podatki o debelini TI in njenem vplivu ne bi bili merodajni. Toplotne mostove sem določila za vsako cono posebej in sicer na podlagi standarda SIST EN ISO 14683 [24]. Vrednosti toplotnih mostov pri zunanji steni so podane v preglednici 27.

Preglednica 25: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe

Vhodni podatki/Oznaka cone	1.Kondicionirana cona	1.Nekondicionirana cona	2.Nekondicionirana cona
<b>Zunanja stena</b>			
Površina netransparentenga dela ( $m^2$ )	154,05	43,1	5,64
Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ )	0,475	0,475	0,475
<b>Streha</b>			
Površina netransparentenga dela ( $m^2$ )	253,48	-	92,87
Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ )	0,230	-	0,230

Preglednica 26: Vhodni podatki za tla na terenu

Vrsta tal/Vhodni podatki	$d_w$ (m)	$P$ (m)	$R_{f,t}$ ( $m^2K/W$ )
Tla na terenu	0,37	49,13	1,6

Preglednica 27: Prikaz linijskih toplotnih mostov

Topl. most pri zunanji steni	Tip toplotnega mostu	$\Psi$ ( $W/mK$ )	$l$ (m)
1. Kondicionirana cona	v vogalu (zunanji)	-0,05	21,90
	v vogalu (notranji)	0,05	14,60
	pri oknih	0,2	49,13
	pri tleh	0,6	87,44
2. Nekondicionirana cona	v vogalu (zunanji)	-0,05	15,40
	pri oknih	0,2	25,68
	pri tleh	0,6	7,30
2. Nekondicionirana cona	pri oknih	0,2	8,08

Toplotno prehodnost stavbnega pohištva  $U_w$  ( $W/m^2K$ ) in prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela  $g_{gl,w}$  (-) sem določila s pomočjo preglednice [9], glede na vrsto oken. Ker faktor okvirja ni natančno poznan, sem privzela vrednost 0,3. Toplotni upor nočne izolacije  $R_{NI,w}$  ( $m^2K/W$ ) in prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil  $g_{g+shl,w}$  (-) sem v izračunih zanemarila, saj na stavbi ni senčil in nočne

izolacije. Površine, orientacije in gradbeno fizikalne lastnosti stavbnega pohišstva so prikazane v preglednici 28.

Preglednica 28: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope

Orientacija/Vhodni podatki	$A_w$ (m <sup>2</sup> )	$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	$g_{gl,w}$ (-)	$F_{F,w}$ (-)
<b>1. Kondicionirana cona</b>				
J	11,72	3,0	0,76	0,3
S	4,08	3,0	0,76	0,3
S	2,48	2,8	0,01	0,3
V	4,19	3,0	0,76	0,3
Z	6,68	3,0	0,76	0,3
<b>1. Nekondicionirana cona</b>				
S	9,66	2,8	0,01	0,3
V	1,02	3,0	0,76	0,3
Z	1,02	3,0	0,76	0,3
<b>2. Nekondicionirana cona</b>				
J	1,02	3,0	0,76	0,3
S	1,02	3,0	0,76	0,3
Z	1,13	3,0	0,76	0,3

#### 5.5.4 Predelni konstrukcijski sklopi med conami

Podatke o vrednosti toplotne prehodnosti  $U$  (W/m<sup>2</sup>K) za konstrukcijske sklope med posameznimi conami, prikazane v preglednici 29, sem pridobila z izračunom v programu TEDI. Med 1. kondicionirano in 1. nekondicionirano cono ter med 1. kondicionirano in 2. nekondicionirano cono sta dva različna konstrukcijska sklopa. Prvi KS je notranja stena, drugi KS so tla med etažama. Za toplotno prehodnost  $U$ , sem vzela njuno povprečno vrednost. [9]

Preglednica 29: Vhodni podatki za konstrukcijske sklope med conami za netransparentne dele

Cone	1. Kond. cona	1. Nekond. cona	2. Nekond. cona
<b>Površina A (m<sup>2</sup>)</b>			
1. Kond. cona	-	40,81	78,54
1. Nekond. cona	40,81	-	-
2. Nekond. cona	78,54	-	-
<b>Toplotna prehodnost U (W/m<sup>2</sup>K)</b>			
1. Kond. cona	-	1,07	1,07
1. Nekond. cona	1,07	-	-
2. Nekond. cona	1,07	-	-

### 5.6 Predstavitev rezultatov

#### 5.6.1 Energetska bilanca stavbe

V preglednici 30 so prikazani izračunani kazalniki energetske učinkovitosti stavbe ter primerjani z največjimi dovoljenimi vrednostmi, dovoljenimi po PURES-u 2010.

Preglednica 30: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti

	Izračun	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,54	0,36
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	131,18	61,86
Letni potrebni hlad za hlajenje na enoto neto uporabne površine $Q_{NC}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	0	50,00
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine $Q_p/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	51,44	218,55

V preglednici 31 so podani geometrijski podatki o stavbi, v preglednici 32 pa izgube in dobitki pri ogrevanju (hlajenja v stavbi ni prisotnega).

Preglednica 31: Podatki o velikosti in obliki stavbe

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	235,70
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	682,92
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	667,72
Oblikovni faktor $f_o=A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,98

Preglednica 32: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje

	Ogrevanje (kWh/m <sup>2</sup> )
Transmisijske izgube	141,19
Ventilacijske izgube	40,80
Skupne izgube	182,99
Notranji dobitki	30,50
Solarni dobitki	23,66
Skupni dobitki	54,16

Iz preglednice 30 je razvidno, da vrednosti koeficienta specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe in letne potrebne toplote za ogrevanje močno presejata največje dovoljene vrednosti določene s PURES-om 2010. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub predstavlja razmerje med količnikom transmisijskih toplotnih izgub  $H_T$  in celotno zunanjo površino stavb  $H_T(A)$  [21]. Njegovo veliko vrednost lahko pripišemo popolni neizoliranosti stavbe ter prisotnosti TM, zaradi česar pride do velikih transmisijskih izgub. Transmisijske izgube brez upoštevanja TM (razen TM v vogalih) znašajo 123,66 kWh/m<sup>2</sup>, z upoštevanjem TM pa znašajo 141,19 kWh/m<sup>2</sup>. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe, je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur [21], v tem primeru je to 20 °C pozimi in 26 °C poleti. Ob velikih transmisijskih izgubah na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe vplivajo tudi ventilacijske izgube ter relativno majhni dobitki zaradi sončnega obsevanja.

Kljub izpolnjevanju pogoja o uporabi obnovljivih virov v vsaj 25 odstotkih celotne končne energije za delovanje sistemov v stavbi, je zaradi preseganja vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto neto uporabne površine (preglednica 30), obravnavana stavba ENERGETSKO NEUČINKOVITA.

### 5.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice

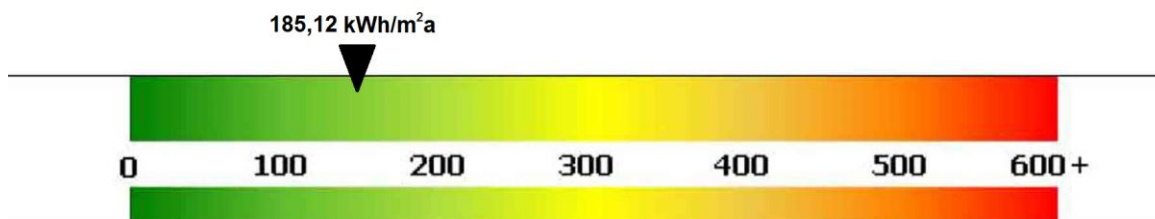
Prikaz kazalnikov računske energetske izkaznice, skladno s »Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb«. [12]

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_{NH}/A_u$  znaša 131,18 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja potrebno toploto, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja. [21] Glede na vrednost, se stavba uvršča v energetski razred E (slika 16).

Razred energetske učinkovitosti		Letna potrebna toplota za ogrevanje	
	A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a	
	A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a	
	B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a	
	B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a	
	C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a	
	D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a	
	<b>E</b>	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a	
F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a		
G	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a		

Slika 16: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje

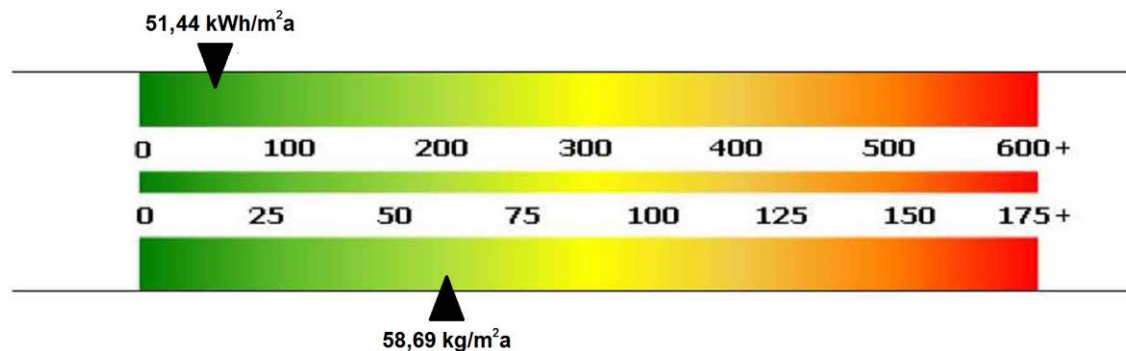
Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  znaša 185,12 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja končno energijo dovedeno sistemom v stavbi za pokrivanje potreb po ogrevanju, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljava (slika 17). [12]



Slika 17: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  znaša 51,44 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja celotno primarno energijo, ki zajema letno primarno energijo sistema za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja, letno primarno energijo sistema za pripravo tople vode in letno primarno energijo za razsvetljava. Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi [21] (slika 18).

Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe znašajo 58,69 kg/m<sup>2</sup>a in pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe [12] (slika 18).

Slika 18: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku

## 5.7 Izboljšava energetske učinkovitosti stavbe

Za izboljšanje energetske učinkovitosti predlagam spodnja ukrepe, glede na smiselnost in izvedljivost.

### 1. ukrep

Vgradnja toplotne izolacije na vse zunanje stene, streho in tla, ter na medetažne konstrukcije, ki mejijo na ogrevano cono .

### 2. ukrep

Zamenjava oken in vhodnih vrat z energetsko učinkovitejšimi.

S programom TEDI sem izračunala debelino TI, ki zadosti pogojem trenutne zakonodaje, glede toplotne prehodnosti določenih konstrukcijskih sklopov stavbe. [11]

Podatki o trenutni toplotni prehodnosti, največji dovoljeni toplotni prehodnosti, ter podatek o trenutni debelini in potrebni debelina TI so prikazani v preglednici 33. V isti preglednici so prikazani tudi podatki o toplotni prehodnosti posameznega konstrukcijskega sklopa po vgraditvi TI.

1. kondicionirana cona meji proti 1. in 2. nekondicionirani coni. Proti 1 nekondicionirani coni meji s predelno steno in medetažno konstrukcijo (tla nad neogrevanim prostorom), ki ima predpisano maksimalno toplotno prehodnost 0,280 W/m<sup>2</sup>K. Proti 2. neogrevani coni meji s predelno steno ter medetažno konstrukcijo (strop proti neogrevanem prostoru), ki ima predpisano maksimalno toplotno prehodnost 0,200 W/m<sup>2</sup>K. [9]

Preglednica 33: Prikaz podatkov o debelini TI in toplotni prehodnosti U pred in po ukrepu, ter prikaz podatkov o največji dovoljeni toplotni prehodnosti  $U_{max}$  določenega KS

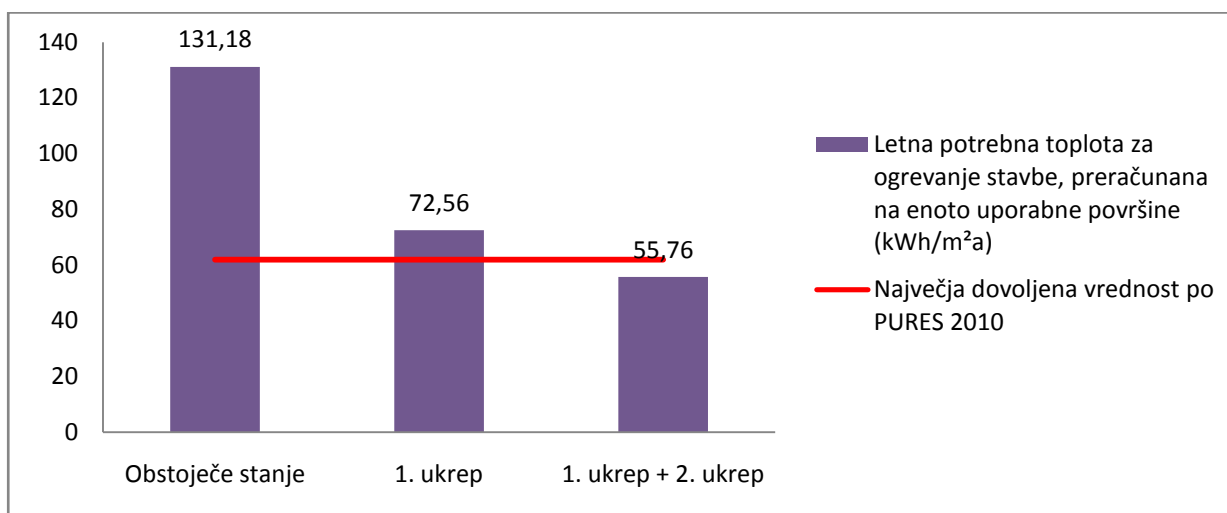
Konstrukcijski sklop	Obstoječe stanje pred ukrepom			U <sub>max</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	Stanje po ukrepu		
	Debelina TI (cm)	λ (W/mK)	U (W/m <sup>2</sup> K)		Debelina TI (cm)	λ (W/mK)	U (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanja stena	5	0,039	0,475	<b>0,280</b>	12	0,039	0,256
Notranja stena	-	-	1,602	<b>0,280</b>	12	0,034	0,256
Medetažna konstrukcija (pritličje-mansarda)	5	0,034	0,540	<b>0,280/0,200</b>	11/17	0,034	0,276/0,186
Streha	15	0,039	0,23	<b>0,200</b>	18	0,039	0,195
Tla na terenu	4	0,034	0,626	<b>0,350</b>	10	0,034	0,298

Na podlagi novih vrednosti toplotnih prehodnosti sem naredila ponoven izračun energetske bilance stavbe v programu TOST. Pri izračunih sem upoštevala odpravo nekaterih toplotnih mostov ter povečanje tesnjenja stavbe. Odpravijo se toplotni mostovi okoli oken ter toplotni most pri tleh. Že ob 1. ukrepu se poraba potrebne energije za ogrevanje zmanjša za 44,69%, vendar s tem še ne zadostimo kriterijem energetske učinkovitosti stavbe [21]. V primeru, da je stavbno pohištvo staro in energetsko potratno, kot v tem primeru, je smotrno, da ob vgradnji TI zamenjamo tudi to, z energetsko učinkovitejšim. Za zamenjavo sem izbrala lesena okna s trojno zasteklitvijo (Jelovica Ekostar), ki imajo toplotno prehodnost  $U_w=0,88$  W/m<sup>2</sup> [27]. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela  $g_{gl,w}$  (-) sem določila s pomočjo preglednice [9], in sicer sem uporabila vrednost 0,53. Vhodna vrata sem zamenjala z vrati, ki imajo toplotno prehodnost 0,9 W/m<sup>2</sup>K (Inotherm Exclusiv) [28], garažna vrata pa z vrati s toplotno prehodnostjo 0,5 W/m<sup>2</sup>K (Arcont Novoferm ISO 45) [29]. Zamenjava stavbnega pohištva zmanjša porabo potrebne toplote za ogrevanje še za 12,80% in s tem ukrepom ravno zadostimo pogojem energetske učinkovitosti stavbe. [21] Po sprejetju 1.

ukrepa se stavba uvršča v energetske razred D, po sprejetju 2. ukrepa pa se uvršča v energetske razred C (preglednica 34 in grafikon 3).

Preglednica 34: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine stavbe, in o energetskem razredu stavbe, pred in po ukrepih.

	Stanje pred ukrepi	1. ukrep	1. ukrep+2. ukrep
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ stavbe, preračunana na enoto uporabne površine $A_u$ stavbe (kWh/m <sup>2</sup> a)	131,18	72,56	55,76
Energetski razred	E	D	C

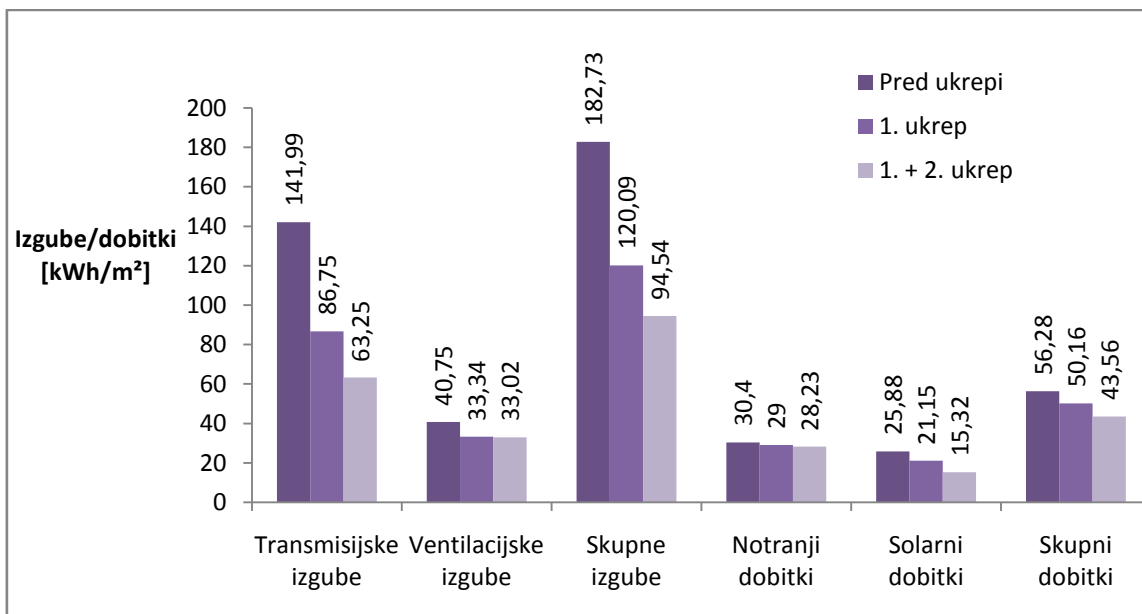


Grafikon 3: Prikaz podatkov o letni potrebni toploti za ogrevanje stavbe, preračunane na enoto uporabne površine, pred in po ukrepih.

Vrednost koeficienta specifičnih transmisivskih toplotnih izgub stavbe  $H'_T$  se po ukrepih zmanjša za 50%, in sicer iz 0,54 W/m<sup>2</sup>K na 0,27 W/m<sup>2</sup>K. V preglednici 35 so prikazani podatki o izgubah in dobitkih pri ogrevanju po ukrepih. Razlika v izgubah in dobitkih pred in po sprejetju ukrepov, je prikazana na grafikonu 4.

Preglednica 35: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje

Izgube/dobitki	Ogrevanje (kWh/m <sup>2</sup> )	
	1. ukrep	1. + 2. ukrep
Transmisivske izgube	86,75	63,64
Ventilacijske izgube	33,34	33,07
Skupne izgube	120,09	96,71
Notranji dobitki	29,00	28,36
Solarni dobitki	21,15	14,32
Skupni dobitki	50,16	42,68



Grafikon 4: Prikaz podatkov o vplivu ukrepov na velikost izgub in dobitkov

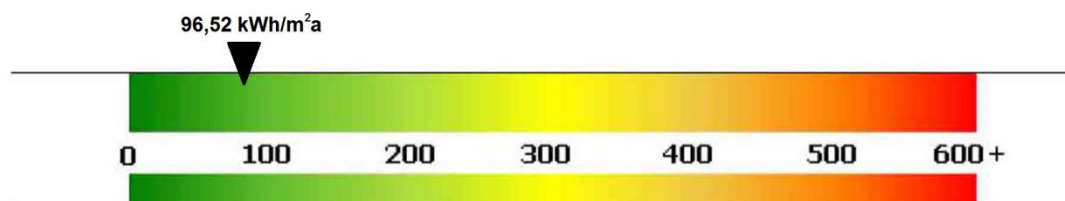
### 5.7.1 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice po ukrepih

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_{NH}/A_u$  po ukrepih znaša 47,36 kWh/m<sup>2</sup>a . Glede na vrednost, se stavba uvršča v energetski razred C (slika 19).

Razred energetske učinkovitosti	Letna potrebna toplota za ogrevanje
A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>C</b>	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
E	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
G	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Slika 19: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje po ukrepih

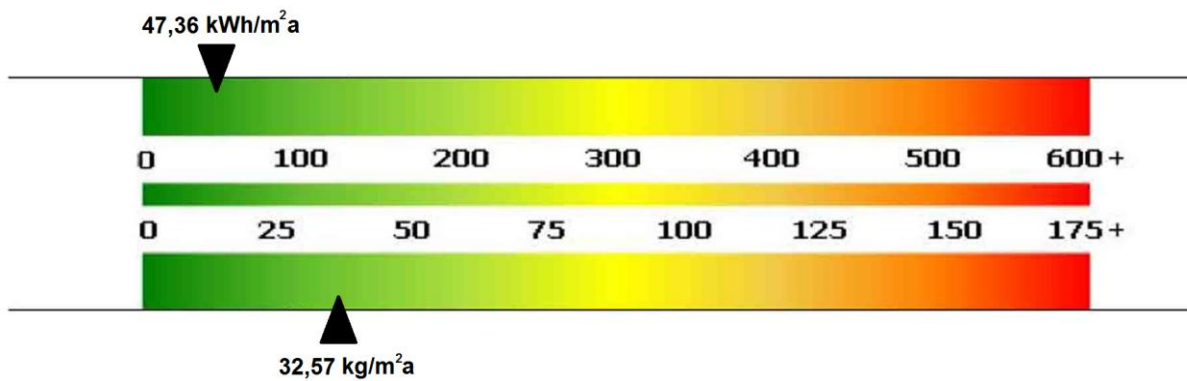
Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  po ukrepih znaša 96,52 kWh/m<sup>2</sup>a (slika 20).



Slika 20: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe po ukrepih na barvnem poltraku

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  po ukrepih znaša 47,36 kWh/m<sup>2</sup>a (slika 21).

Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe po ukrepih znašajo 32,57 kg/m<sup>2</sup>a (slika 21).



Slika 21: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe po ukrepih na barvnem poltraku



## 6 REI ENOSTANOVANJSKO HIŠO MACUH-RATKOVIĆ (2015)

### 6.1 Splošni podatki

S programom TOST, sem skladno s PURES 2010 za mejne vrednosti učinkovite rabe energije, v izračunu upoštevala vrednosti, ki veljajo od 1. januarja 2015. [9]

Podatke za izračun sem pridobila iz PGD in z ogledom objekta. Toplotne mostove sem upoštevala po standardu SIST EN ISO 14683 [24], pri čemer je potrebno poudariti, da je delovanje programa zasnovano tako, da se zanemari vse točkovne toplotne mostove in, da pri izračunih toplotnih mostov med conami upoštevamo le tiste pri tleh, med ogrevanimi in neogrevanimi conami. Za toplotno prevodnost zemljine  $\lambda_G$  sem upoštevala vrednost 2,0 (W/mK). [9]

Za ogrevanje in hlajenje stavbe ter pripravo tople vode uporabljajo toplotno črpalko (energent je električna energija). Podatki o učinkovitosti toplotne črpalke, razvoda ter naprave za ploskovno ogrevanje in hlajenje, sem določila glede na oceno po ogledu, ter uporabila podatke podane v preglednici 36 in 37.

Preglednica 36: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema za ogrevanje in za pripravo tople vode

Ogrevanje in topla voda	Učinkovitost
<b>Generacija</b>	
Toplotna črpalka	2,00
<b>Distribucija</b>	
Izolirane cevi, znotraj ohlajevanih prostorov	0,95
<b>Emisija</b>	
Radiatorji, ploskovno ogrevanje, razred A	0,96
Pipe	1,00

Preglednica 37: Podatki o vrsti energenta in učinkovitosti posameznega sistema za hlajenje

Hlajenje	Učinkovitost
<b>Generacija</b>	
Toplotna črpalka, razred A	3,50
<b>Distribucija</b>	
Izolirane cevi, znotraj ogrevanih prostorov	0,95
<b>Emisija</b>	
Ploskovno hlajenje, razred A	0,96

### 6.2 Klimatski podatki

Na podlagi podanih koordinat program iz podatkovne baze izbere ustrezne podnebne podatke. Koordinati stavbe sta GKX: 132457 in GKY: 532679 [13] (slika 22). Klimatske lastnosti lokacije so prikazane v preglednici 38 in 39.



Slika 22: Lokacija objekta [13]

Preglednica 38: Klimatski podatki

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3500
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,3
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1139
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	255
Začetek ogrevalne sezone (dan)	255
Konec ogrevalne sezone (dan)	145

Preglednica 39: Podatki o povprečni temperaturi, globalnem sončnem sevanju po orientacijah in ogrevanju po mesecih

Mesec/Vhodni podatki	Povprečna temperatura (°C)	Globalno sončno sevanje po orientacijah (MJ/m <sup>2</sup> , 90°)					Ogrevanje (dnevi)
		Horizont.	S	V	J	Z	
Januar	-1,0	117	33	62	177	78	31
Februar	1,0	188	44	93	230	120	28
Marec	5,0	308	71	164	259	172	31
April	9,0	408	104	208	234	197	30
Maj	14,0	537	132	264	234	235	25
Junij	17,0	567	152	261	217	253	0
Julij	19,0	642	146	282	253	285	0
Avgust	18,0	524	113	249	268	236	0
September	15,0	360	85	171	258	173	18
Oktober	9,0	227	63	112	215	119	31
November	4,0	127	42	71	145	68	30
December	1,0	92	30	52	131	55	31
Ogrevalna sezona	5,8	2119	547	1081	1737	1106	255

### 6.3 Računska podobdobja

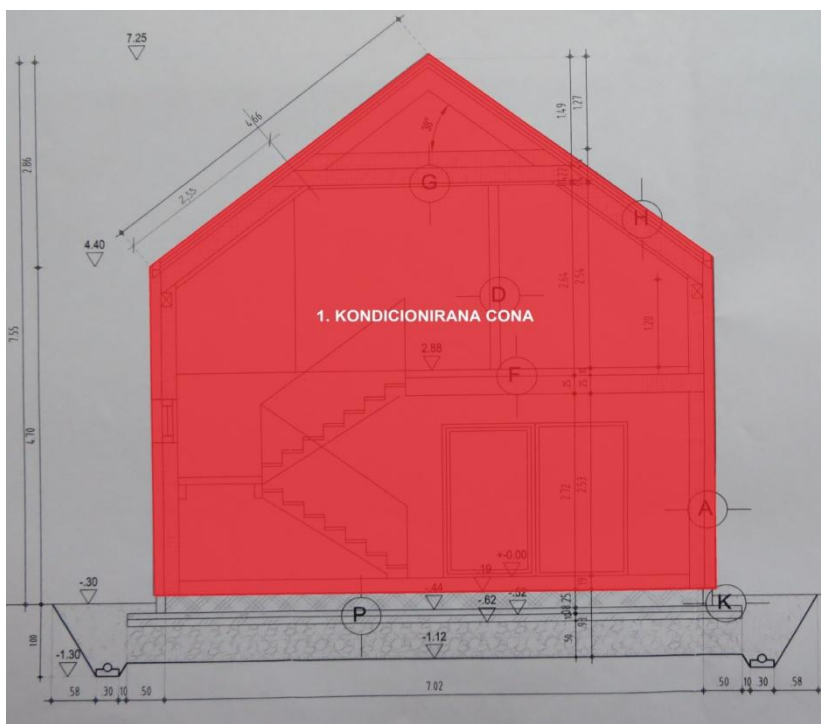
Program TOST omogoča izračun z upoštevanjem štirih različnih obdobij, vendar pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni in je potrebno upoštevati 24-urna dnevno uporabo stavbe. [11]

### 6.4 Nočna izolacija in senčenje

Na obravnavani stavbi so nameščene zunanje žaluzije. Upoštevala sem, da se senčila uporabljajo od maja do avgusta in sicer na oknih, ki se nahajajo na južni, vzhodni in zahodni fasadi (preglednica 42). Faktorja osenčenosti zaradi zunanjih ovir nisem upoštevala, saj v neposredni bližini stavbe ni objekta, zaradi katerega bi stavba bila osenčena. Senčenje zaradi razgibanosti stavbe sem predpostavila kot idealno, kar pomeni, da se predpostavi, da so vse površine maksimalno osenčene, saj je stavba enostavne oblike.

### 6.5 Podatki o conah

Kondicionirana cona je del prostora z uravnavanimi pogoji z dano nastavljeno vrednostjo temperature ali temperatur, v kateri se predpostavljajo enotne bivalne navade, razlike notranje temperature po prostoru so zanemarljive in temperaturo uravnava enoten sistem ogrevanja, hlajenja in/ali prezračevanja in klimatizacije ali različni sistemi z enakimi energijskimi karakteristikami. [11] Hišo lahko obravnavamo kot eno kondicionirano cono, saj kondicionirana cona obsega več kot 80% celotne stavbe [11] (slika 23).



Slika 23: Prečni prerez objekta in prikaz cone

### 6.5.1 Osnovni podatki o conah

Podatke o uporabni površini  $A_u$  in neto ogrevani prostornini  $V_e$  sem razbrala iz PGD.

Efektivno toplotno kapaciteto stavbe  $C$  (MJ/K) izračuna program sam na podlagi vrste konstrukcije glede na toplotno kapaciteto, ki sem jo izbrala za stavbo. Ta stavba je glede na toplotno kapaciteto težka ( $C=22,68$  MJ/K). [9]

Za stanovanjske stavbe se za določitev letne potrebne toplote za ogrevane stavbe upošteva notranja projektna temperatura  $20^\circ\text{C}$  in za določitev letnega potrebnega hlada za hlajenje notranja projektna temperatura v času hlajenja  $26^\circ\text{C}$ . Pri standardnih pogojih rabe stanovanjske stavbe prekinjeno ogrevanje in hlajenje nista predvideni, zato so podatki isti za dan, noč, vikend in za obdobje nezasedenosti. [11]

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi. [11] Povprečno moč dobitkov notranjih virov  $\phi_i$  (W) sem izračunala po standardu SIST EN ISO 13790, kjer se priporoča vrednost  $5\text{W/m}^2$  uporabne površine. [9]

Osnovni podatki o conah so prikazani v preglednici 40.

Preglednica 40: Prikaz osnovnih podatkov con

Vhodni podatki/Vrsta cone	1. Kond. cona	
Neto prostornina $V_e$ ( $\text{m}^3$ )	429,63	
Neto uporabna površina $A_u$ ( $\text{m}^2$ )	137,48	
Efektivna toplotna kapaciteta cone $C$ (MJ/K)	22,68	
Projektna notranja temperatura ( $^\circ\text{C}$ )	Poleti	Pozimi
	20	26
Povprečna moč dobitkov notranjih virov $\phi$ (W)	687,40	

### 6.5.2 Prezračevanje

Prezračevanje je mehansko. Ni razlik v prezračevanju med dnevom, nočjo, vikendom in obdobjem nezasedenost. Točnih podatkov glede prezračevanja nisem mogla pridobiti, zato sem jih inženirsko ocenila na podlagi ogleda stavbe in navodil [9]. Podatki so prikazani v preglednici 41.

Preglednica 41: Podatki o mehanskem prezračevanju cone

Vrsta prezračevanja	Hibridno
Urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,00
Min. urna izmenjava zraka z zunanjim okoljem $n$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,00
Količina odtoka zraka $V_{ex}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0,04
Količina dotoka zraka $V_{su}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0,05
Količina pretoka zraka pri naravnem prezračevanju $V_0$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0,01
Projektna vrednost količine pretoka zraka prezračevalnega sistema $V_{t,d}$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0,05
Del časovnega obdobja, ko so ventilatorji vključeni $\beta$ (-)	0,75
Učinkovitost rekuperacijskega sistema $\eta_v$ (-)	0,92
Urna izmenjava zraka pri tlačni razliki 50 Pa $n_{50}$ ( $\text{h}^{-1}$ )	0,4
Koeficient zaščite proti vetru $e$ (-)	0,07
Koeficient izpostavljenosti vetru $f$ (-)	15,00

### 6.5.3 Stene, streha, transparentni konstrukcijski sklopi in tla

Podatke o vrednosti toplotne prehodnosti  $U$  ( $W/m^2K$ ) za stene, streho, prikazane v preglednici 42 ter toplotne prehodnosti tal, prikazane v preglednici 43, sem pridobila iz PGDI. V preglednici 43 so prikazani podatki o debelini zunanje stene nad nivojem terena ( $d_w$ ), skupnem toplotnem uporu tal ( $R_{f,t}$ ) ter celotnem obodu tal, ki je izpostavljen stiku z zemljinjo ( $P$ ). Toplotne mostove sem določila na podlagi standarda SIST EN ISO 14683 [24]. Vrednosti toplotnih mostov pri zunanji steni so podane v preglednici 44.

Preglednica 42: Prikaz vhodnih podatkov za stene in strehe

Vhodni podatki/oznaka cone	Kondicionirana cona
<b>Zunanja stena</b>	
Površina netransparentnega dela ( $m^2$ )	160,49
Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ )	0,140
<b>Streha</b>	
Površina netransparentnega dela ( $m^2$ )	108,96
Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ )	0,120

Preglednica 43: Vhodni podatki za tla na terenu

Vrsta tal/Vhodni podatki	$d_w$ (m)	$P$ (m)	$R_{f,t}$ ( $m^2K/W$ )
Tla na terenu	0,34	35,18	5,56

Preglednica 44: Prikaz linijskih toplotnih mostov

Topl.most pri zunanji steni	Tip toplotnega mostu	$\Psi$ ( $W/mK$ )	$l$ (m)
Kondicionirana cona	v vogalu (zunanji)	-0,050	30,20

Podatke o toplotni prehodnosti stavbnega pohištva  $U_w$  ( $W/m^2K$ ) in prehoda celotnega sončnega sevanja transparentnega dela  $g_{gl,w}$  (-) sem pridobila iz PGD. Ker faktor okvirja ni natančno poznan, sem privzela vrednost 0,3. Toplotni upor nočne izolacije  $R_{NI,w}$  ( $m^2K/W$ ) sem v izračunih zanemarila. Prehod celotnega sončnega sevanja transparentnega dela ob uporabi senčil  $g_{g+sh,w}$  (-) sem izračunala po enačbi iz navodil [9], pri tem sem upoštevala, da je naklon žaluzij večji od  $60^\circ$  ( $g_s=0,2$ ).

Površine, orientacije in gradbeno fizikalne lastnosti stavbnega pohištva so prikazane v preglednici 45.

Preglednica 45: Vhodni podatki za transparentne konstrukcijske sklope

Orientacija/Vhodni podatki	$A_w$ ( $m^2$ )	$U_w$ ( $W/m^2K$ )	$g_{gl,w}$ (-)	$F_{F,w}$ (-)	$g_{g+sh,w}$ (-)			
					dan	noč	vikend	nezasedeno
J	14,06	0,89	0,54	0,3	0,11	-	0,11	0,11
S	2,88	0,89	0,54	0,3	-	-	-	-
S	3,12	1,3	0,01	0,3	-	-	-	-
V	11,17	0,89	0,54	0,3	0,11	-	0,11	0,11
Z	3,19	0,89	0,54	0,3	0,11	-	0,11	0,11

## 6.6 Predstavitev rezultatov

### 6.6.1 Energetska bilanca stavbe

V preglednici 46 so prikazani izračunani kazalniki energetske učinkovitosti stavbe ter primerjani z največjimi dovoljenimi vrednostmi, dovoljenimi po PURES-u 2010.

Preglednica 46: Prikaz rezultatov energetske učinkovitosti in največjih dovoljenih vrednosti

	Izračun	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe $H_T$ ( $W/m^2K$ )	0,27	0,38
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$ ( $kWh/m^2a$ )	14,98	56,88
Letni potrebni hlad za hlajenje na enoto neto uporabne površine $Q_{NC}/A_u$ ( $kWh/m^2a$ )	8,09	50,00
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine $Q_p/A_u$ ( $kWh/m^2a$ )	70,92	213,06

V preglednici 47 so podani geometrijski podatki o stavbi, v preglednici 48 pa izgube in dobitki pri ogrevanju (hlajenja v stavbi ni prisotnega).

Preglednica 47: Podatki o velikosti in obliki stavbe

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ ( $m^2$ )	137,48
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ ( $m^3$ )	429,63
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ ( $m^2$ )	378,07
Oblikovni faktor $f_o=A/V_e$ ( $m^{-1}$ )	0,88

Preglednica 48: Prikaz izgub in dobitkov stavbe za ogrevanje

	Ogrevanje ( $kWh/m^2$ )	Hlajenje ( $kWh/m^2$ )
Transmissijske izgube	44,51	37,83
Ventilacijske izgube	3,83	2,64
Skupne izgube	48,34	40,47
Notranji dobitki	19,65	22,09
Solarni dobitki	17,04	20,15
Skupni dobitki	36,69	42,24

Iz preglednice 43 je razvidno, da nobena izmed vrednosti ne presega največje dovoljene vrednosti določene s PURES-om 2010. Prav tako je zadoščeno pogoju, da je najmanj 25% celotne končne energije zagotovljene iz obnovljivih virov energije in sicer 48% iz toplote okolja (povzeto iz PGD), torej je hiša ENERGETSKO UČINKOVITA.

### 6.6.2 Energetski kazalniki računske energetske izkaznice

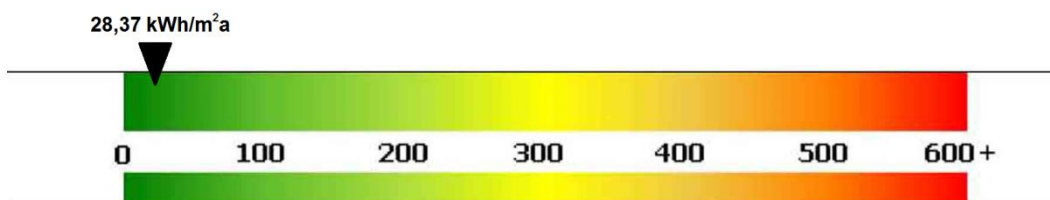
Prikaz kazalnikov računske energetske izkaznice, skladno s »Pravilnikom o metodologiji izdelave in izdaje energetskih izkaznic stavb«. [12]

Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_{NH}/A_u$  znaša 14,98  $kWh/m^2a$  in predstavlja potrebno toploto, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja. [21] Glede na vrednost, se stavba uvršča v energetski razred A2 (slika 24).

Razred energetske učinkovitosti	Letna potrebna toplota za ogrevanje
A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
<b>A2</b>	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
D	nad 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
E	nad 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
F	nad 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
G	nad 210 do vključno 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Slika 24: Energetski razred stavbe glede na letno potrebno toploto za ogrevanje

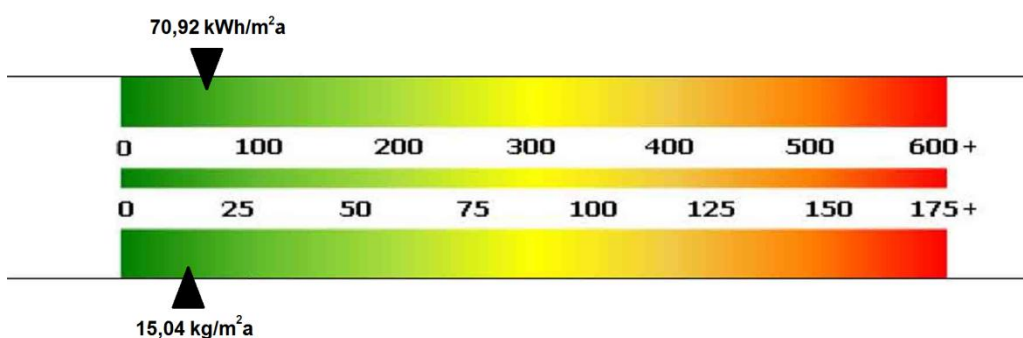
Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q/A_u$  znaša 28,37 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja končno energijo dovedeno sistemom v stavbi za pokrivanje potreb po ogrevanju, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljavo (slika 25). [12]



Slika 25: Vrednost letne dovedene energije za delovanje stavbe na barvnem poltraku

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe  $Q_p/A_u$  znaša 70,92 kWh/m<sup>2</sup>a in predstavlja celotno primarno energijo, ki zajema letno primarno energijo sistema za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja, letno primarno energijo sistema za pripravo tople vode in letno primarno energijo za razsvetljavo. Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi [21] (slika 26).

Letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe znašajo 15,04 kg/m<sup>2</sup>a in pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe (slika 26).



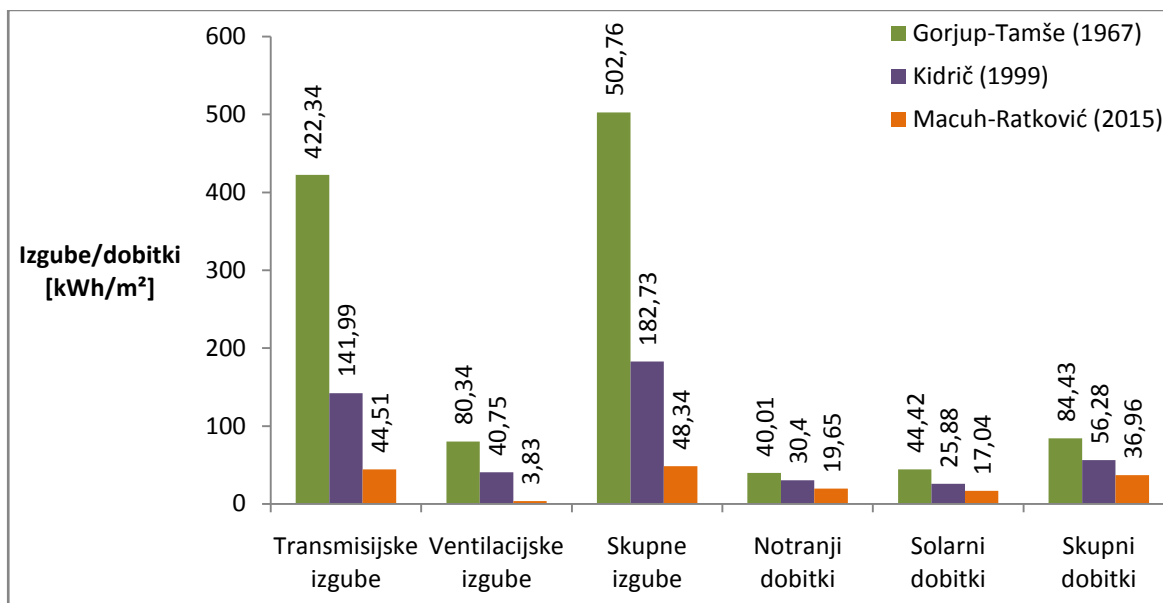
Slika 26: Vrednost letne primarne energije za delovanje stavbe ter vrednost letne emisije CO<sub>2</sub> zaradi delovanja stavbe na barvnem poltraku

## 7 PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZIRANIH STAVB

Celotna raba energije v stavbi je odvisna od transmisijskih in ventilacijskih izgub ter od solarnih dobitkov in dobitkov notranjih virov. Po izračunih ima hiša zgrajena leta 1967 več kot desetkrat večje transmisijske izgube od hiše zgrajene leta 2015, ter približno trikrat večje od hiše zgrajene leta 1999. Velike vrednosti transmisijskih izgub lahko pripišemo neizoliranosti stavbnega ovoja stare hiše. Hiša zgrajena leta 2015 nima ventilacijskih izgub, saj je hiša dobro izolirana, nima toplotnih mostov (razen geometrijskih toplotnih mostov v vogalih), ima vgrajeno kvalitetno, energetsko učinkovito stavbno pohištvo ter je prezračevana mehansko (z rekuperatorjem). Najstarejša hiša (1967) ima dvakrat več ventilacijskih izgub kot hiša zgrajena leta 1999. Ventilacijske izgube so tako velike zaradi slabega tesnjenja stavbnega ovoja (predvsem stavbnega pohištva in stika med stavbnim pohištvom in konstrukcijskimi sklopi zunanjih sten).

Prispevek notranjih virov zajema notranje toplotne vire zaradi ljudi, naprav, procesov, materialnih tokov in razsvetljave v stavbi. [11] Povprečno moč dobitkov notranjih virov  $\phi_i$  (W) sem izračunala po standardu SIST EN ISO 13790, kjer se priporoča vrednost  $5W/m^2$  uporabne površine [9]. Največ notranjih dobitkov ima najstarejša hiša (1967) ter najmanj nova (2015). Prav tako ima največ solarnih dobitkov hiša zgrajena leta 1967, najmanj pa hiša zgrajena leta 2015. Zaradi slabše prepustnosti sončne svetlobe skozi okna s trojno zasteklitvijo ter vgrajenih senčil ima nova hiša (2015) najmanj solarnih dobitkov, kljub temu, da ima več transparentnih površin kot najstarejša hiša (1967). Smiselno je, da stavba prejme čim več solarnih dobitkov v času ogrevalne sezone, na kar vpliva lokacija objekta ter orientacija in naklon oken. V poletnem času lahko z uporabo senčil, predvsem na južni strani objekta, zmanjšamo solarne dobitke ter tako privarčujemo pri hlajenju objekta.

Primerjava hiš, glede na vrednost posameznih izgub in dobitkov v času ogrevalne sezone, pred uvedbo ukrepov, je prikazana v grafikonu 5. Potrebno je opozoriti, da ima vsaka od stavb tudi lastno dolžino ogrevalne sezone (ta niha v odvisnosti od lokacije in zasnove stavb), zato direktna primerjava vrednosti dobitkov in izgub med tremi stavbami ni možna.



Grafikon 5: Prikaz izgub in dobitkov ter primerjava med hišami

Glede na vrednost letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine se stavba uvrsti v energetski razred. Letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe predstavlja potrebno toploto, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur v obdobju ogrevanja [19], to



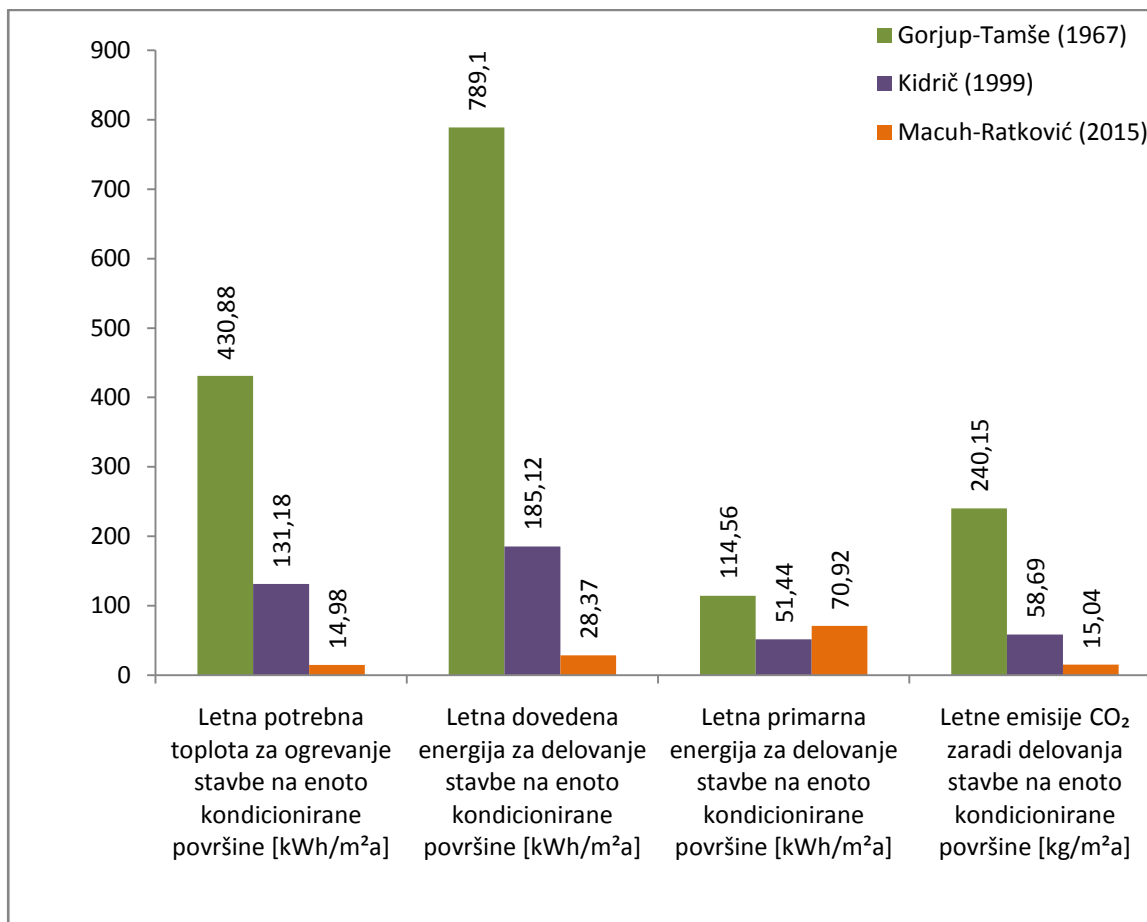
pomeni, da je predpostavljena temperatura v poletnem času  $26^{\circ}\text{C}$  in pozimi  $20^{\circ}\text{C}$ . Najstarejša stavba (1967) se s porabo  $430,88\text{ kWh/m}^2\text{a}$  uvršča v zadnji energetski razred, t.j. energetski razred G. Stavba zgrajena leta 1999 se s porabo  $131,18\text{ kWh/m}^2\text{a}$  uvršča v energetski razred E, nova hiša (2015) pa se s porabo  $14,98\text{ kWh/m}^2\text{a}$  uvršča v energetski razred A2. Do takšnih razlike v vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto kondicionirane površine pride v največji meri zaradi razlik v izoliranosti stavbnega ovoja, nekaj pa lahko pripišemo tudi razliki v kvaliteti stavbnega pohištva. Poudariti je potrebno tudi, da sta prvi dve stavbi naravno prezračevani, zadnja pa je prezračevana mehansko z vračanjem toplote, zato prihaja tudi do razlik v prezračevalnih izgubah.

Letna dovedena energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe predstavlja končno energijo dovedeno sistemom v stavbi za pokrivanje potreb po ogrevanju, pripravo tople vode, hlajenje, prezračevanje, klimatizacijo in razsvetljava. [12] Po pričakovanju največ energije za delovanje stavbe porabi najstarejša hiša (1967), porabi kar  $789,10\text{ kWh/m}^2\text{a}$ , ter najmanj nova hiša (2015), in sicer  $28,37\text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Najstarejša hiša (1967) zaradi velikih izgub (transmisijskih in ventilacijskih) porabi ogromno energije za ogrevanje, prav tako pa porabi več energije za ogrevanje vode, saj ima vgrajene naprave za pripravo tople vode s slabšim izkoristkom. Starejši hiši sta naravno prezračevani, nova (2015) pa je mehansko, zato nekaj energije porabi tudi za ta namen. V izračunih sem upoštevala, da vse hiše uporabljajo enako razsvetljava, in sicer  $8\text{ W/m}^2$ , zato ta vrednost ne doprinese k razliki v letni dovedeni energiji med stavbami.

Letna primarna energija za delovanje stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe predstavlja celotno primarno energijo, ki zajema letno primarno energijo sistema za ogrevanje in hlajenje, letno primarno energijo za delovanje sistema mehanskega prezračevanja, letno primarno energijo sistema za pripravo tople vode in letno primarno energijo za razsvetljava. Primarna energija je energija primarnih nosilcev energije, pridobljena z izkoriščanjem naravnih energetskih virov, ki niso izpostavljeni še nobeni tehnični pretvorbi [21]. Največ primarne energije za delovanje stavbe porabi najstarejša hiša (1967), in sicer zopet na račun ogrevanja. Najmanj primarnih virov porabi hiša zgrajena leta 1999, saj za ogrevanje stavbe porabi približno enako primarnih virov kot nova stavba (2015), saj ima zelo učinkovit sistem za ogrevanje in pridobivanje tople vode. Največja razlika je v porabi primarne energije za pripravo tople vode. Nova hiša (2015) po izračunih porabi desetkrat več primarne energije za pripravo tople vode kot starejši hiši, kar je posledica visokega konverzijskega faktorja za izračun letne primerne energije. Nova hiša (2015) za pripravo tople vode uporablja toplotno črpalko, katere energent je električna energija, starejši hiši pa uporabljata kotel na trda goriva, katerih energent je lesna biomasa. Letna primarna energija za delovanje stavbe se določi tako, da se letna dovedena energija za delovanje sistemov v stavbi pomnoži s faktorjem pretvorbe]. Konverzijski faktor za električno energijo ima vrednost 2,5 za lesno biomaso pa 0,1. [11]

Letne emisije  $\text{CO}_2$  zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe. [12] Največ emisij zopet pridela najstarejša hiša (1967), najmanj pa nova (2015), kar je skladno s predhodnimi ugotovitvami o preostalih kazalnikih REI, prav tako je enak tudi vzrok visokih letnih emisij  $\text{CO}_2$  najstarejše hiše (1967), to je velika poraba toplote za ogrevanje stavbe, zaradi velikih izgub (transmisijskih in ventilacijskih).

Primerjava med energetskimi kazalniki REI med obravnavanimi hišami so prikazani na grafikonu 6.



Grafikon 6: Primerjava energetskih kazalnikov REI obravnavanih stavb

## 8 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bila izdelava REI treh enostanovanjskih hiš, ki so bile zgrajene v različnih časovnih obdobjih ter analiza in primerjava energetske kazalniki. Za starejši hiši sem pripravila predloge za doseganje energetske učinkovitosti po PURES-u 2010.

Obravnavala sem stavbe zgrajene leta 1967, 1999 in leta 2015. Hiša, zgrajena leta 1967, je bila zgrajena v času pomanjkanja gradbenega materiala, prav tako takrat za tisto obdobje ni bila običajna vgradnja izolacijskih materialov, kar se tudi odraža v njenih energetskih lastnostih. Hiša, zgrajena leta 1999, je tipična predstavnica hiš zgrajenih v devetdesetih letih 20. stoletja, ko je bil že v veljavi Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezračevanju objektov ter pripravi tople vode [30] iz leta 1984, ki že predvideva minimalno izolacijo objekta zaradi zmanjšanja specifičnih toplotnih izgub. Hiša, zgrajena leta 2015, je montažna in zgrajena kot nizkoenergijski objekt in ustreza definiciji pasivne hiše, za katero je predpisana največja dovoljena poraba energije za ogrevanje, ki znaša 15 kWh/m<sup>2</sup>. Vse tri hiše so zgrajene v centru Slovenskih Konjic, tako da so klimatski podatki primerljivi.

Kot sem predvidevala je najstarejša hiša (1967) v primerjavi z novejšima energijsko zelo potratna. V primerjavi z novo hišo (2015), stara porabi skoraj štiridesetkrat več toplote za ogrevanje na kvadratni meter uporabne površine. Zanimivo je, da stara hiša (1967) porabi približno trikrat več toplote za ogrevanje od hiše zgrajene leta 1999, ta hiša pa še vedno porabi desetkrat več od nove hiše (2015). Iz tega je razvidno, da že minimalna toplotna izolacija močno zmanjša potrebe po toploti, ter da je v zadnjih petnajstih letih prišlo do velikega napredka v uporabi izolativnih materialov. Hiše sem na podlagi energetske kazalniki REI razvrstila v energetske razrede. Najstarejša hiša (1967) za ogrevanje porabi 430,88 kWh/m<sup>2</sup> ter tako za osemkrat presega vrednost, ki je dovoljena po PURES-u 2010. S tem se uvršča v zadnji energijski razred, t.j. energijski razred G. Hiša, zgrajena leta 1999 za ogrevanje porabi 131,18 kWh/m<sup>2</sup> ter skoraj za trikrat presega vrednost dovoljeno po PURES-u 2010. To jo uvršča v energijski razred E. Nova hiša (2015) se uvršča v energijski razred A2 s porabo toplote za ogrevanje 14,98 kWh/m<sup>2</sup>.

Ugotovila sem, da na energetske učinkovitost stavbe najbolj vplivajo transmisijske izgube, ki so odvisne od toplotne prehodnosti stavbnega ovoja ter toplotne prehodnosti transparentnega dela stavbe (oken). Zaradi tega je najbolj učinkovit ukrep za zmanjšanje porabe toplote za ogrevanje vgradnja TI na vse netransparentne dele (stene, strehe, tla) ter zamenjava stavbnega pohištva. Pri najstarejši hiši (1967) bi se poraba potrebne toplote za ogrevanje s tema dvema ukrepoma zmanjšala za 88,87% pri hiši, zgrajeni leta 1999 pa z istima ukrepoma za 57,49%. S tem bi se obe stavbi uvrstili v energetske razred C. Če bi želeli še zmanjšati porabo toplote za ogrevanje stavbe, bi lahko uvedli še dodatne ukrepe za izboljšanje energetske učinkovitosti. V tem primeru bi predlagala vgradnjo izolativnih rolet, ki bi poleti čez dan služile kot senčilo in bi s tem zmanjšali solarne dobitke v poletnih mesecih ter tako zmanjšali pregrevanje hiše, v zimskih mesecih pa bi jih uporabljali kot nočno izolacijo oken, s čimer bi preprečili transmisijske izgube skozi transparentne dele stavbe.

V kolikor bi obseg diplomske naloge dopuščal, bi bilo zanimivo analizirati energetske sanacije iz stroškovnega vidika. Menim, da veliko ljudi, ki razmišlja o prenovi hiše, zanima predvsem strošek te investicije ter njegova povratna doba. Glede na dejstvo, da že minimalna TI zmanjša stroške ogrevanja za 40% [7] ter da cene energentov v zadnjih letih naraščajo [4], menim da je energetska sanacija starih, neizoliranih objektov vsaj zaželena, če že ne nujna.

## VIRI

- [1] Predlog usmeritev za pripravo energetskega koncepta Slovenije, dokument za javno razpravo. Ministrstvo za infrastrukturo, 2. junij 2015
- [2] Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev), Uradni list Evropske unije, L 153
- [3] Energetska učinkovitost in energetske izkaznice. 2015. Ukrepi za zmanjšanje odvisnosti. <http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-odvisnost/ukrepi-za-zmanjsanje-odvisnosti/> (Pridobljeno 3. 9. 2015.)
- [4] Cene v Sloveniji, Statistični urad Republike Slovenije, junij 2012
- [5] V letu 2013 je les predstavljal polovico porabljenih obnovljivih virov energije v Sloveniji. 2015. Statistični urad Republike Slovenije. <http://www.stat.si/StatWeb/prikazinovico?id=5243&idp=5&headerbar=4> (Pridobljeno 3. 9. 2015.)
- [6] Grobovšek, B. 2015. Solarni sistemi za ogrevanje naselij. <http://gcs.gizrmk.si/Svetovanje/Clanki/Grobovsek/PT211.htm> (Pridobljeno 3. 9. 2015.)
- [7] Energetska izkaznica stavbe. 2015. Stavbi ovoj. <http://www.energetska-izkaznica.si/energetska-ucinkovitost/stavbni-ovoj/> (pridobljeno 3.9.2015.)
- [8] Krainer, A., Predan, R.. 2012. Računalniški program TEDI. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- [9] Krainer, A., Predan, R.. 2012. Računalniški program TOST, Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
- [10] SIST EN ISO 13790:2008 - Energy performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling
- [11] Tehnična smernica TSG-01-004: 2010, Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor. 2010
- [12] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Ur.l. RS št., 92/2014
- [13] Atlas okolja. 2015. [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Pridobljeno 18. 7. 2015.)
- [14] Ministrstvo za infrastrukturo, Portal energetika, Energetske izkaznice stavb, Osnovne informacije. <http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)
- [15] Energetski zakon EZ-1. Ur.l. RS, št. 17/2014
- [16] Ministrstvo za infrastrukturo. 2015. Portal energetika, Energetska izkaznica stavbe-informacije za državljane. <http://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/energetske-izkaznice-stavb/za-drzavljanee/> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)
- [17] Energetska izkaznica stavbe. 2015. Izdelava in cena. <http://www.energetska-izkaznica.eu/izdelava-in-cena-energetske-izkaznice/> (Pridobljeno 5. 9. 2015.)
- [18] Akcijski načrt za skoraj nič-energijske stavbe za obdobje do leta 2020 (AN sNES). 2015. Ministrstvo za infrastrukturo

[19] Pravilnik o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic. Ur.l. RS, št.6/2010

[20] Pravilnik o spremembi pravilnika o usposabljanju, licencah in registru licenc neodvisnih strokovnjakov za izdelavo energetskih izkaznic. Ur.l. RS, št. 23/2013

[21] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ur.l. RS, št. 52/2010

[22] Uredba o določitvi najvišjih cen za izdajo energetske izkaznice. Ur.l. RS. št 15/201423-

[23] Marles. 2015. Tehnične vsebine. Konstrukcijski sistemi. Mega N 14.  
<http://www.marles.com/hise/tehnice-vsebine/konstrukcijski-sistemi/mega-n14> (Pridobljeno 11. 9. 2015.)

[24] SIST EN ISO 14683:2007 - Thermal bridges in building construction-Linear thermal transmittance-Simplified methods and default values

[25] Szikra, S., 2012. Linear Heat Transmission (thermal bridges, ground losses) and Thermal capacity. Budapest of Technology and Economics, Faculty of Architecture, Department of Building Energetics and Service System,

[26] Energetska bilanca. 2015. PasivnaGradnja.si.  
[http://issuu.com/pasivnogradnja.si/docs/pasivnogradnja.si\\_-\\_energetska\\_bilanca/2?e=7829230/2041138](http://issuu.com/pasivnogradnja.si/docs/pasivnogradnja.si_-_energetska_bilanca/2?e=7829230/2041138) (Pridobljeno 23. 9. 2015.)

[27] Jelovica. 2015. Lesena okna Ekostar. <http://www.jelovica-okna.si/lesena-okna-ekostar2.html> (Pridobljeno 19. 9. 2015.)

[28] Inotherm. 2015. Program Exclusiv. <http://www.inotherm.si/vhodna-vrata/program-exclusiv> (Pridobljeno 19. 9. 2015.)

[29] Arcont. 2015. Garažna vrata. Novoferm ISO 45. <http://www.okna-vrata.si/vrata/garazna-vrata/garazna-vrata-izolirana/vrste-garaznih-vrat#novoferm-iso-45> (Pridobljeno 19. 9. 2015.)

[30] Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezračevanju objektov ter pripravi tople vode. Ur.l. SRS št.31/1984, str. 1739. [http://www.e-konstrukcije.si/user\\_files/vsebina/Zakonodaja/SRS\\_84\\_31\\_1470.pdf](http://www.e-konstrukcije.si/user_files/vsebina/Zakonodaja/SRS_84_31_1470.pdf) (Pridobljeno 24. 9. 2015.)



## PRILOGA A: SESTAVA KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV IN NJIHOVA TOPLOTNA PREHODNOST

### Konstruktivski sklopi enostanovanjske hiše Gorjup-Tamše (1967)-obstoječe stanje

- TLA POD TERENOM

TLA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Cementni estrih	0,03	1,40
Beton iz kamnitega agregata	0,10	2,33
Kamnito nastuje	0,20	-
<b><math>U_{\max}=0,350</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=5,145 W/m<sup>2</sup>K</b>

- ZUNANJA STENA PROTI TERENU

STENA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Cementna malta (podaljšana cementna malta)	0,01	1,40
Zid iz naravnega kamna (kamenje v betonu)	0,4	1,16
<b><math>U_{\max}=0,300</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=2,075 W/m<sup>2</sup>K</b>

- ZUNANJA STENA

STENA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Cementna malta (podaljšana cementna malta)	0,01	1,40
Polna opeka	0,33	0,76
Plemenita fasadna malta (fasadni omet)	0,01	0,70
<b><math>U_{\max}=0,280</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=1,598 W/m<sup>2</sup>K</b>

- MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA

TLA NAD NEOGREVANIMI PROSTORI (tla nad kletjo)	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Parket	0,01	0,21
Betoni iz kamnitega agregata (AB MB220)	0,38	2,33
Cementna malta (podaljšana cementna malta)	0,01	1,40
<b><math>U_{\max}=0,280</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=2,578 W/m<sup>2</sup>K</b>

- STROP PROTI NEOGREVANEMU PROSTORU

STROP (proti podstrešju nad verando)	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Perlitno nasutje (leš)	0,21	0,055
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Mavčna malta na trstiki (trstika in apnena malta)	0,01	0,47
<b><math>U_{\max}=0,200</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=0,233 W/m<sup>2</sup>K</b>

STROP (proti podstrešju)	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Mavčna malta na trstiki (trstika in apnena malta)	0,01	0,47
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Hor. zračna plast toplotni tok navzgor, e=0.82 (zrak)	0,01	0,714
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Cementni estrih (ilovnati estrih)	0,03	1,40
<b>U<sub>max</sub>=0,200 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=1,952 W/m<sup>2</sup>K</b>

- POŠEVNA STREHA NAD OGREVANIM PROSTOROM

STREHA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Mavčna malta na trstiki (trstika in apnena malta)	0,01	0,47
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Hor. zračna plast, toplotni tok navzgor, e=0.82 (zrak)	0,01	0,714
Les-smreka (lesene deske)	0,02	0,14
Kontraletve	-	-
Letve	-	-
Opeka	-	-
<b>U<sub>max</sub>=0,200 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=2,037 W/m<sup>2</sup>K</b>

### Konstrukcijski sklopi enostanovanjske hiše Kidrič (1999)-obstoječe stanje

- TLA NA TERENU

TLA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Hrastov parket	0,02	0,21
Cementni estrih	0,10	1,40
FRAGMAT EPS 150 (stiropor)	0,04	0,034
Bitumen (bitumenski premaz)	0,01	0,17
Betoni iz kamnitega agregata (podbeton)	0,15	2,33
Komprimirano nasutje	0,25	-
<b>U<sub>max</sub>=0,350 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=0,626 W/m<sup>2</sup>K</b>

- ZUNANJA STENA

STENA	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Cementna malta (omet)	0,02	1,40
Polna opeka	0,30	0,47
DEMIT-fasadne plošče	0,05	0,039
<b>U<sub>max</sub>=0,280 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=0,475 W/m<sup>2</sup>K</b>

- STENA PROTI NEOGREVANEMU PROSTORU

NOTRANJA STENA (proti neogrevanemu podstrešju)	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Cementna malta	0,02	1,40
Polna opeka	0,20	0,47
Cementna malta	0,02	1,40
<b>U<sub>max</sub>=0,280 W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=1,602 W/m<sup>2</sup>K</b>



- MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA

TLA NAD NEOGREVANIMI PROSTORI (tla nad garažo) in STROP PROTI NEOGREVANEMU PROSTORU	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
Parket	0,02	0,21
Cementni estrih (estrih)	0,06	1,40
PVC folija	-	
FRAGMAT EPS 150 (stiropor)	0,05	0,034
AB plošča	0,14	2,33
Cementna malta (omet)	0,02	1,40
<b><math>U_{max}=0,280</math> W/m<sup>2</sup>K (tla)</b>		<b>U=0,540 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b><math>U_{max}=0,200</math> W/m<sup>2</sup>K (strop)</b>		<b>U=0,540 W/m<sup>2</sup>K</b>

- POŠEVNA STREHA NAD OGREVANIM PROSTOROM ( $U_{max}=0,200$  W/m<sup>2</sup>K)

STREHA $U=2,037$ W/m <sup>2</sup> K > $U_{max}$	Debelina KS [m]	Toplotna prevodnost $\lambda$ [W/mK]
Polne mavčne plošče (gips plošča)	0,02	0,580
Kamena volna (Termotervol)	0,15	0,039
Hor. zračna plast toplotni tok navzgor, $e=0.82$	0,02	0,154
Les-smreka (lesna obloga)	0,02	0,140
Strešna lepenka	0,002	0,190
Strešnik	0,02	0,99
<b><math>U_{max}=0,200</math> W/m<sup>2</sup>K</b>		<b>U=2,037 W/m<sup>2</sup>K</b>

Opomba 1: V knjižnici toplotnih prevodnosti materialov v programu TEDI so le določeni materiali. V primeru, da v knjižnici ni bilo materiala, ki je naveden v PGD, sem poiskala material s podobnimi lastnostmi in ga uporabila v izračunih. V oklepaj sem zapisala material, ki je vgrajen v konstrukcijo oz. naveden v PGD.

Opomba 2: Materiali v tabelah so zapisani, kot si sledijo od tople proti hladnejši strani KS.