

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:

Slekovec, A., 2014. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentor Košir, M.): 86 str.

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:

Slekovec, A., 2014. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Košir, M.): 86 pp.

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 ŠTUDIJ  
PRVE STOPNJE  
OPERATIVNEGA  
GRADBENIŠTVA**

Kandidatka:

**ANJA SLEKOVEC**

**PRIMERJALNA ANALIZA UKREPOV ZA  
ZMANJŠANJE PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE  
PRI PRENOVI STAVB**

Diplomska naloga št.: 49/OG-MK

**COMPARATIVE ANALYSIS OF MEASURES TO  
REDUCE HEATING ENERGY IN BUILDING  
RENOVATION**

Graduation thesis No.: 49/OG-MK

**Mentorica:**  
dr. Živa Kristl

**Predsednik komisije:**  
doc. dr. Tomo Cerovšek

**Somentor:**  
doc. dr. Mitja Košir

**Član komisije:**  
izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Ljubljana, 07. 04. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

## **IZJAVE**

Podpisana Anja Slekovec izjavljam, da sem avtorica diplomskega dela z naslovom »Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Bled, 21.02.2014

Anja Slekovec

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

<b>UDK:</b>	<b>697:699.86(043.2)</b>
<b>Avtorica:</b>	<b>Anja Slekovec</b>
<b>Mentorica:</b>	<b>doc. dr. Živa Kristl</b>
<b>Somentor:</b>	<b>doc. dr. Mitja Košir</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Primerjalna analiza ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>86 str., 102 pregl., 24 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>učinkovit ukrep, toplotna prehodnost, koeficient specifičnih transmisijskih izgub, energija za ogrevanje, transmisijske izgube, PURES 2010, zmanjšanje porabe energije za ogrevanje</b>

### **Izvleček**

V diplomski nalogi sem izvedla primerjalno analizo ukrepov za zmanjšanje porabe energije za ogrevanje pri prenovi stavb.

Zaradi dejstva, da stavbe v Evropski Uniji obsegajo 40 % skupne porabe energije, sta zmanjšanje porabe energije in raba energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju pomembna ukrepa, potrebna za zmanjšanje energetske odvisnosti Unije in emisij toplogrednih plinov [1]. Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije za leto 2012 so slovenska gospodinjstva porabila daleč največ energije za ogrevanje prostorov (62,2 %). Preostali delež se porabi za ogrevanje sanitarne vode, kuhanje, razsvetljavo ter uporabo električnih aparatov [3]. V nalogi želim analizirati in primerjati ukrepe, ki bodo pripomogli k znižanju porabe energije za ogrevanje v treh stanovanjskih hišah, zgrajenih v različnih časovnih obdobjih. Pri tem se omejim predvsem na ukrepe na stavbnem ovoju. Obstoječe stanje in učinkovitost ukrepov preverim s programskima orodjema TEDI in TOST, ki so ju razvili na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo, Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente. Ugotovim, da je poraba energije za ogrevanje v obstoječih stavbah kar nekajkrat višja od maksimalne dovoljene po PURES-u 2010. Na podlagi analize rezultatov je ugotovljeno, da se po PURES-u 2010 z izbranimi ukrepi na ovoju stavbe v diplomskem delu lahko približamo energetske učinkovitim stavbam že z ustrezno toplotno izolacijo zunanjega ovoja. Pri vseh obravnavanih stavbah smo tudi zadostili dovoljenemu koeficientu specifičnih transmisijskih izgub  $H'_T$  ter pri nobenem največji dovoljeni vrednosti letne porabe toplote za ogrevanje  $Q_{NH}/A_U$ .

## BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND THE ABSTRACT

**UDK:** 697:699.86(043.2)  
**Author:** Anja Slekovec  
**Supervisor:** Assist. prof. Živa Kristl, Ph.D.  
**Co-supervisor:** Assist. prof. Mitja Košir, Ph.D.  
**Title:** Comparative analysis of measures to reduce energy consumption for heating in building renovation  
**Document type:** Graduation Thesis – Higher professional studies  
**Scope and tools:** 86 p., 102 tab., 24 fig.  
**Key words:** efficient measure, heat transfer, coefficient of specific transmission losses, heating energy, transmission losses, PURES 2010, reducing the consumption of energy for heating

### Abstract

In my diploma work I conducted a comparative analysis of measures to reduce heating energy consumption in building renovation.

Taking into account the fact that in the European Union buildings account for 40% of total energy consumption, reduction of energy consumption and use of energy from renewable energy sources in the buildings sector are important measures, required in order to reduce energy dependency of the Union and greenhouse gas emissions [1]. According to the data of the Statistical Office of the Republic of Slovenia for 2012, Slovenian households consumed by far the most energy (62.2 %) for space heating. The remaining share was used for heating of household water, cooking, lighting and use of electrical appliances [3]. In this Diploma work I want to analyse and compare the measures which will contribute to the reduction of heating energy consumption in three residential houses, built in three different time periods. The Diploma work is limited mainly to the measures at the level of the building envelope. The existing state and efficiency of measures have been checked by TEDI and TOST software, developed at the Chair of Buildings and Structural Elements at the Faculty of Civil and Geodetic Engineering. I have found out that in the existing buildings energy consumption for heating is several times that of the maximum permitted consumption under PURES 2010. The analysis of the results shows that under PURES 2010 the measures, selected in the Diploma work, could result in coming closer to energy efficient buildings only by suitable thermal insulation of the building envelope. In addition, all the buildings considered meet the maximum permitted coefficient of specific transmission losses  $H'_T$ , and none meet the maximum permitted value of the annual consumption of heating  $Q_{NH}/A_U$ .

## **ZAHVALA**

Za pomoč in strokovno podporo pri izdelavi diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorici doc. dr. Živi Kristl in somentorju doc. dr. Mitji Koširju.

Iskrena hvala tudi Branetu za lektoriranje in Cilki za prevod.

Posebna zahvala pa gre moji družini, ki mi je na izobraževalni poti nudila vso podporo ter razumevanje skozi celoten študij.

## KAZALO VSEBINE

<b>STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA .....</b>	<b>I</b>
<b>IZJAVE .....</b>	<b>II</b>
<b>BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM.....</b>	<b>III</b>
<b>BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND THE ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>ZAHVALA.....</b>	<b>V</b>
<b>KAZALO VSEBINE .....</b>	<b>VI</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC.....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>X</b>
<b>SIMBOLI IN DEFINICIJE.....</b>	<b>XI</b>
<b>1.0 UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1 PROBLEMATIKA PREKOMERNE RABE ENERGIJE V STAVBNEM SEKTORJU.....	1
1.2 NAMEN NALOGE.....	2
1.3 ZASNOVA NALOGE .....	2
<b>2.0 ZAKONODAJA.....</b>	<b>4</b>
<b>3.0 PREDSTAVITEV OBJEKTOV .....</b>	<b>6</b>
3.1 A – DVODRUŽINSKI STANOVANJSKI OBJEKT (1920).....	6
3.2 B – DVODRUŽINSKI STANOVANJSKI OBJEKT (1964).....	7
3.3 C – ENODRUŽINSKI STANOVANJSKI OBJEKT (2000).....	10
<b>4.0 IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBSTOJEČEGA STANJA OBJEKTOV .....</b>	<b>12</b>
4.1.0 VHODNI PODATKI.....	12
4.3.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBEJKTA A.....	13
4.2.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE .....	14
4.2.2 SESTAVE DEJANSKIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV OBJEKTA A.....	14
4.2.3 PORABA ENERGIJE – OBSTOJEČE STANJE STAVBE, ZGRAJENE 1920 .....	15
4.3.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBJEKTA B.....	17
4.3.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE .....	17
4.3.2 SESTAVE DEJANSKIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV OBJEKTA B .....	17
4.3.3 PORABA ENERGIJE – OBSTOJEČE STANJE STAVBE, ZGRAJENE 1964 .....	21
4.4.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBJEKTA C.....	22
4.4.1 GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE OBJEKTA 2000.....	23
4.4.2 SESTAVA DEJANSKIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV OBJEKTA C.....	23
4.4.3 PORABA ENERGIJE – OBSTOJEČE STANJE STAVBE, ZGRAJENE 2000 .....	25
<b>5.0 ANALIZA UKREPOV .....</b>	<b>26</b>
5.1.0 PREDVIDENI UKREPI .....	27
5.2.0 UKREPI NA OBJEKTU A.....	28



5.2.1	UKREP 1 – TOPLOTNA IZOLACIJA ZUNANJE STENE .....	29
5.2.2	UKREP 2 – IZOLACIJA STREHE OZ. PODSTREŠJA .....	33
5.2.3	UKREP 3 – IZOLACIJA TAL KLETI .....	36
5.2.4	UKREP 4 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV .....	37
5.2.5	UKREP 5 – POVEČANJE ODPRTIN .....	39
5.2.6	UKREP 6 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE .....	41
5.2.7	ZDRUŽITEV UKREPOV ZA OBJEKTA A .....	42
5.3.0	UKREPI NA OBJEKTU B .....	47
5.3.1	UKREP 1 – IZOLACIJA ZUNANJE STENE .....	47
5.3.2	UKREP 2 – IZOLACIJA PODSTREŠJA .....	53
5.3.3	UKREP 3 – IZOLACIJA TAL KLETI .....	56
5.3.4	UKREP 4 – IZOLACIJA STROPA OGREVANE CONE PROTI NEOGREVANI KLETI..... (OC – NK).....	58
5.3.5	UKREP 5 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV .....	60
5.3.6	UKREP 6 – POVEČANJE ODPRTIN .....	62
5.3.7	UKREP 7 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE .....	63
5.3.8	ZDRUŽITEV UKREPOV OBJEKTA B .....	64
5.4.0	UKREPI NA OBJEKTU C .....	69
5.4.1	UKREP 1 – POVEČANJE DEBELINE TI ZUNANJE STENE.....	69
5.4.2	UKREP 2 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV .....	72
5.4.3	UKREP 3 – POVEČANJE DIMEZIJE TOPLOTNE IZOLACIJE STREHE.....	73
5.4.4	UKREP 4 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE .....	74
5.4.5	ZDRUŽITEV UKREPOV, OBJEKT C.....	75
<b>6.0</b>	<b>ANALIZA REZULTATOV .....</b>	<b>80</b>
<b>7.0</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>84</b>
<b>VIRI.....</b>		<b>85</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: RAZREDI ENERGETSKE IZKAZNICE.....	5
PREGLEDNICA 2 : KLIMATSKI PODATKI.....	12
PREGLEDNICA 3 : PROJEKTNE ZAČETNE NOTRANJE TEMPERATURE.....	13
PREGLEDNICA 4: GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE (1920).....	14
PREGLEDNICA 5: TLA NA TERENU.....	14
PREGLEDNICA 6: SESTAVA ZUNANJE STENE.....	15
PREGLEDNICA 7: SESTAVA STROPNE KONSTRUKCIJE.....	15
PREGLEDNICA 8: SESTAVA STREHE.....	15
PREGLEDNICA 9: PREGLED REZULTATOV PRED UKREPI (1920).....	16
PREGLEDNICA 10: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PRED UKREPI (1920).....	16
PREGLEDNICA 11: GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE (1964).....	17
PREGLEDNICA 12: TLA NA TERENU – 49,07 m <sup>2</sup> .....	18
PREGLEDNICA 13: TLA NA TERENU – 21,56 m <sup>2</sup> .....	18
PREGLEDNICA 14: SESTAVA ZUNANJE STENE (STARI DEL).....	18
PREGLEDNICA 15: SESTAVA ZUNANJE STENE (NOVI DEL).....	19
PREGLEDNICA 16: SESTAVA ZUNANJE KLETNE STENE 1.....	19
PREGLEDNICA 17: SESTAVA ZUNANJE KLETNE STENE 2.....	19
PREGLEDNICA 18: SESTAVA STROPNE KONSTRUKCIJE PROTI NEOGREVANI KLETI.....	20
PREGLEDNICA 19: SESTAVA STROPNE KONSTRUKCIJE PROTI PODSTREŠJU 1.....	20
PREGLEDNICA 20: SESTAVA STROPNE KONSTRUKCIJE PROTI PODSTREŠJU 2.....	20
PREGLEDNICA 21: SESTAVA STREHE.....	21
PREGLEDNICA 22: PREGLED REZULTATOV PRED UKREPI (1964).....	21
PREGLEDNICA 23: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PRED UKREPI (1964).....	22
PREGLEDNICA 24: GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE STAVBE 2000.....	23
PREGLEDNICA 25: TLA NA TERENU.....	24
PREGLEDNICA 26: SESTAVA ZUNANJE STENE.....	24
PREGLEDNICA 27: SESTAVA STREŠNE KONSTRUKCIJE.....	24
PREGLEDNICA 28: PREGLED REZULTATOV PRED UKREPI.....	25
PREGLEDNICA 29: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE.....	25
PREGLEDNICA 30: IZOLIRANA ZUNANJA STENA.....	29
PREGLEDNICA 31: IZOLIRANA VKOPANA KLETNA STENA.....	30
PREGLEDNICA 32: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 1.....	30
PREGLEDNICA 33: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PRVEM UKREPU – 1.....	31
PREGLEDNICA 34: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 2.....	31
PREGLEDNICA 35: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PRVEM UKREPU -2.....	32
PREGLEDNICA 36: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 3.....	32
PREGLEDNICA 37: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PRVEM UKREPU – 3.....	33
PREGLEDNICA 38: IZOLIRAN STROP PROTI PODSTREŠJU – 1.....	33
PREGLEDNICA 39: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA – 1.....	34
PREGLEDNICA 40: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO DRUGEM UKREPU – 1.....	34
PREGLEDNICA 41: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA – 2.....	35
PREGLEDNICA 42: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO DRUGEM UKREPU – 2.....	35
PREGLEDNICA 43: IZOLIRANA TLA NA TERENU – EPS-100.....	36
PREGLEDNICA 44: PREGLED REZULTATOV TRETJEGA UKREPA.....	37
PREGLEDNICA 45: PREGLED REZULTATOV ČETRTEGA UKREPA.....	38
PREGLEDNICA 46: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 4. UKREPU.....	39
PREGLEDNICA 47: VPLIV POVEČANJA ODPRTIN NA ENERGIJSKO BILANCO STAVBE 1.....	40
PREGLEDNICA 48: VPLIV POVEČANJA ODPRTIN NA ENERGIJSKO BILANCO STAVBE 2.....	40
PREGLEDNICA 49: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 6. UKREPU – 1.....	41
PREGLEDNICA 50: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 6. UKREPU – 2.....	42

PREGLEDNICA 51: PREGLED REZLTATOV PO TREH ZDRUŽENIH UKREPIH.....	43
PREGLEDNICA 52: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO TREH ZDRUŽENIH UKREPIH.....	43
PREGLEDNICA 53: PREGLED REZULTATOV PO ZDRUŽENIH UKREPIH, OBJEKT 1920.....	44
PREGLEDNICA 54: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO ZDRUŽENIH UKREPIH, OBJEKT 1920.....	44
PREGLEDNICA 55: PREGLED OBRAVNAVANIH UKREPOV OBJEKTA 1920.....	46
PREGLEDNICA 56: IZOLIRANA ZUNANJA STENA – 106,26 m <sup>2</sup> .....	48
PREGLEDNICA 57: IZOLIRANA ZUNANJA STENA – 69,41 m <sup>2</sup> .....	48
PREGLEDNICA 58: IZOLIRANA KLETNA STENA – OC; 25,18 m <sup>2</sup> .....	49
PREGLEDNICA 59: IZOLIRANA KLETNA STENA – NC; 38,26 m <sup>2</sup> .....	49
PREGLEDNICA 60: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA.....	50
PREGLEDNICA 61: IZGUBE IN DOBITKI POPRVEM UKREPU – 1.....	50
PREGLEDNICA 62: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 2.....	51
PREGLEDNICA 63: IZGUBE IN DOBITKI PO PRVEM UKREPU – 2.....	51
PREGLEDNICA 64: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 3.....	52
PREGLEDNICA 65: IZGUBE IN DOBITKI PO PRVEM UKREPU – 3.....	53
PREGLEDNICA 66: IZOLIRAN STROP PROTI PODSTREŠJU, 55,69 m <sup>2</sup> .....	53
PREGLEDNICA 67: IZOLIRAN STROP PROTI PODSTREŠJU, 34,1 m <sup>2</sup> .....	54
PREGLEDNICA 68: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA – 1.....	54
PREGLEDNICA 69: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO DRUGEM UKREPU – 1.....	55
PREGLEDNICA 70: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA- 2.....	55
PREGLEDNICA 71: TLA NA TERENU – 21,56 m <sup>2</sup> .....	56
PREGLEDNICA 72: TLA NA TERENU – 49,07 m <sup>2</sup> .....	56
PREGLEDNICA 73: PREGLED REZULTATOV TRETJEGA UKREPA – 1.....	57
PREGLEDNICA 74: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE TRETJEGA UKREPA – 1.....	57
PREGLEDNICA 75: PREGLED REZULTAOV TRETJEGA OBJEKTA – 2.....	58
PREGLEDNICA 76: IZOLIRAN STROP PROTI NEOGREVANI KLET.....	59
PREGLEDNICA 77: PREGLED REZULTATOV ČETRTEGA UKREPA UKREPA.....	60
PREGLEDNICA 78: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO ČETRTEM UKREPU.....	60
PREGLEDNICA 79: PREGLED REZULTATOV PETEGA UKREPA.....	61
PREGLEDNICA 80: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PETEM UKREPU.....	61
PREGLEDNICA 81: VPLIV POVEČANJA ODPRTIN NA ENERGIJSKO BILANCO STAVBE.....	62
PREGLEDNICA 82: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 7. UKREPU – 1.....	63
PREGLEDNICA 83: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 7. UKREPU – 2.....	63
PREGLEDNICA 84: PREGLED REZULTATOV PO ZDRUŽENIH ŠTIRIH UKREPIH.....	65
PREGLEDNICA 85: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO ZDRUŽENIH ŠTIRIH UKREPIH.....	65
PREGLEDNICA 86: PREGLED REZULTATOV PO ZDRUŽENIH UKREPIH ZA OBJEKT B.....	66
PREGLEDNICA 87: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO ZDRUŽENIH UKREPIH ZA OBJEKT B.....	66
PREGLEDNICA 88: PREGLED OBRAVNAVANIH UKREPOV, OBJEKT B.....	68
PREGLEDNICA 89: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA – 1.....	69
PREGLEDNICA 90: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PRVEM UKREPU –1.....	70
PREGLEDNICA 91: PREGLED REZULTATOV PRVEGA UKREPA –2.....	70
PREGLEDNICA 92: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO PRVEM UKREPU –2.....	71
PREGLEDNICA 93: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA.....	72
PREGLEDNICA 94: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO DRUGEM UKREPU.....	72
PREGLEDNICA 95: PREGLED REZULTATOV TRETJEGA UKREPA –1.....	73
PREGLEDNICA 96: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO TRETJEM UKREPU –1.....	73
PREGLEDNICA 96: PREGLED REZULTATOV DRUGEGA UKREPA –2.....	74
PREGLEDNICA 97: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO 4. UKREPU.....	75
PREGLEDNICA 98: PREGLED REZULTATOV PO TREH ZDRUŽENIH UKREPIH.....	76
PREGLEDNICA 99: IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO DVEH ZDRUŽENIH UKREPIH.....	76
PREGLEDNICA 100: PREGLED REZULTATOV PO ZDRUŽENIH UKREPIH, OBJEKT C.....	77
PREGLEDNICA 101 : IZGUBE IN DOBITKI STAVBE PO ZDRUŽENIH UKREPIH, OBJEKT C.....	77
PREGLEDNICA 102: PREGLED OBRAVNAVANIH UKREPOV, OBJEKT C.....	79

## KAZALO SLIK

SLIKA 1: GRAF PORABE ENERGIJE V STANOVANJSKIH STAVBAH [3] .....	1
SLIKA 2: TLORIS KLETI (1920), (KATARINČIČ, 2011, 18) [5] .....	6
SLIKA 3 : PREČNI PREREZ (1920), (KATARINČIČ, 2011, 18) [5].....	7
SLIKA 4: TLORIS PRITLIČJA (1964).....	8
SLIKA 5: TLORIS NADSTROPJA ( 1964 ) .....	8
SLIKA 6: VZDOLŽNI PREREZ STAREGA DELA (1964).....	9
SLIKA 7: JUŽNA FASADA (1964, 1989).....	9
SLIKA 8:TLORIS PRITLIČJA (2000), (KATARINČIČ, 2011, 59) [5].....	10
SLIKA 9: PREČNI PREREZ (2000), (KATARINČIČ, 2011, 59) [5] .....	11
SLIKA 10: FASADNA PLOŠČA IZ EPS F Z RAVNIMI ROBOVI .....	29
SLIKA 11: GRAF SPREMEMB VREDNOSTI V ENERGIJSKI BILANCI STAVBE (1920).....	45
SLIKA 12: GRAF SPREMEMBE $H'_T$ (1920).....	45
SLIKA 13 – FRAGMAT NEO SUPER F-P (NEOPOR) .....	48
SLIKA 14: PLOŠČA KOMBI - T .....	59
SLIKA 15: GRAF SPREMEMB VREDNOSTI V ENERGIJSKI BILANCI STAVBE (1964).....	67
SLIKA 16: GRAF SPREMEMBE $H'_T$ (1964).....	67
SLIKA 17: GRAF SPREMEMB VREDNOSTI V ENERGIJSKI BILANCI STAVBE (2000).....	78
SLIKA 18:GRAF SPREMEMBE $H'_T$ PO UKREPIH (2000).....	78
SLIKA 19: GRAF SPREMEMBE $H'_T$ POSAMIČNIH UKREPOV (1920).....	80
SLIKA 20: GRAF SPREMEMBE $Q_{NH}/A_U$ POSAMIČNIH UKREPOV (1920).....	81
SLIKA 21:GRAF SPREMEMBE $H'_T$ POSAMIČNIH UKREPOV (1964).....	82
SLIKA 22: GRAF SPREMEMBE $Q_{NH}/A_U$ POSAMIČNIH UKREPOV (1964).....	82
SLIKA 23: GRAF SPREMEMBE $H'_T$ POSAMIČNIH UKREPOV (2000).....	83
SLIKA 24: GRAF SPREMEMBE $Q_{NH}/A_U$ POSAMIČNIH UKREPOV (2000).....	83

## SIMBOLI IN DEFINICIJE

1.  $A_u$  ( $m^2$ ), **uporabna površina** je notranja tlorsna površina ogrevanih prostorov po projektu.
2.  $V_e$  ( $m^3$ ), **ogrevana prostornina stavbe** je prostornina stavbe, ki jo obdaja zunanja površina stavbe, skozi katero toplota prehaja v okolico.
3.  $f_0$  ( $m^{-1}$ ), **faktor oblike** je razmerje med celotno zunanjo površino  $A$  in ogrevano prostornino stavbe  $V_e$ , ki jo ta površina obdaja.
4.  $Q_{NH}$  (kWh), **letna specifična potreba toplota za ogrevanje** je potreba po toploti, ki jo je treba v enem letu dovesti v stavbo za doseganje projektnih notranjih temperatur.
5.  $Q_T$  (kWh), **transmisijske toplotne izgube** so toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi ovoj stavbe.
6.  $Q_V$  (kWh), **prezračevalne toplotne izgube** so toplotne izgube zaradi izmenjave odtočnega zraka iz prostorov z zunanjim zrakom.
7.  $H'_T$  (W/K), **koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub** je moč transmisijskih toplotnih izgub na enoto površine ( $1m^2$ ) ovoja ogrevane cone v zunanje okolje pri temperaturni razliki 1K.
8.  $c$  (J/kgK), **specifična toplotna kapaciteta materiala** pove, koliko toplote odda kilogram snovi, ko se ohladi za eno stopinjo, oziroma koliko energije potrebujemo, da se grejemo en kilogram snovi za 1K.
9.  $\lambda$  (W/mK), **toplotna prevodnost materiala** je snovna lastnost materiala, določena pri srednji delovni temperaturi in vlažnosti materiala. Pove nam količino toplote, ki preide s transmisijo skozi  $1m^2$  materiala debeline 1m pri temperaturni razliki 1K.
10.  $\mu$  ( / ), **difuzijska upornost vodni pari**.
11.  $U$  ( $W/m^2K$ ), **toplotna prehodnost** je celotna toplotna prehodnost, ki upošteva prehod toplote.
12.  $g$ , **faktor prehoda celotnega sončnega sevanja** je razmerje vpadle in prepuščene gostote energijskega toka sončnega sevanja.
13. **KS, konstrukcijski sklop.**
14. **TI, toplotna izolacija.**

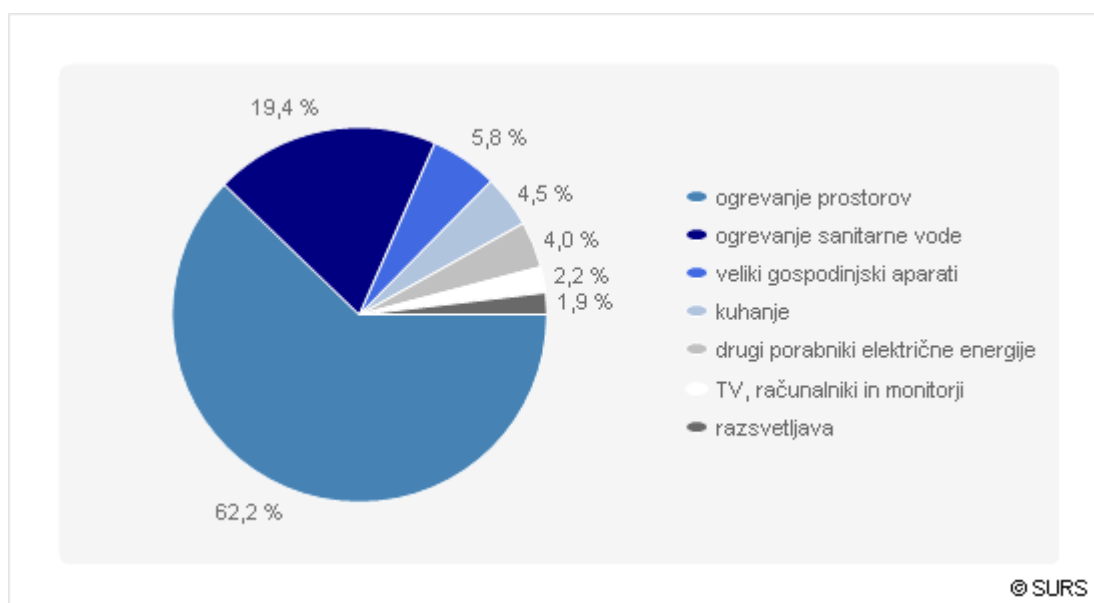
## 1.0 UVOD

Že več let smo priča gospodarski krizi, ki je najbolj prizadela ravno gradbeni sektor. Na eni strani se je zmanjšalo vlaganje v segment novogradenj, po drugi strani pa je zaslediti vse več aktivnosti za spodbujanje obnove starejših objektov predvsem zaradi prekomerne porabe energije za ogrevanje. Zaradi dejstva, da se za ogrevanje stavb v Evropski uniji skupno porabi 40 % energije, ob kateri nastane 35 % emisij CO<sub>2</sub> [1], sta zmanjšanje porabe energije in raba energije iz obnovljivih virov v stavbnem sektorju pomembna ukrepa, potrebna za zmanjšanje energetske odvisnosti Unije in emisij toplogrednih plinov [2].

### 1.1 Problematika prekomerne rabe energije v stavbnem sektorju

V Sloveniji prevladujejo energijsko neučinkovite stavbe. 60 % enodružinskih in 72 % večstanovanjskih stavb sodi po toplotno izolacijskih lastnostih stavbnega ovoja med energijsko neučinkovite. Z energijsko varčno zasteklitvijo je le 16 % vseh oken [3].

Po podatkih statističnega urada Republike Slovenije za leto 2012, so slovenska gospodinjstva porabila daleč največ energije za ogrevanje prostorov (62,2 %). Preostali delež je šel za ogrevanje sanitarne vode, kuhanje, razsvetljavo ter uporabo električnih aparatov (slika 1) [4].



Slika 1: Graf porabe energije v stanovanjskih stavbah [4].

Pri porabi energije za ogrevanje so starejše hiše najbolj problematične predvsem zaradi neustrezne sestave konstrukcijskih sklopov, zaradi katerih je ovoj neizkorenjen in slabše toplotno zaščiten. Možnost zmanjšanja porabe energije je tako odvisna od starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja. Med ukrepe za izboljšanje energijske učinkovitosti stavbnega ovoja spadajo npr. toplotna izolacija zunanje ovoja stavbe, izboljšanje tesnjenja oken in zamenjava oken.

## 1.2 Namen naloge

Povod za izdelavo naloge na to temo je prenova hiše, v kateri živim in je tudi ena izmed obravnavanih v tej nalogi.

V nalogi analiziramo in primerjamo ukrepe, ki bodo pripomogli k znižanju porabe energije za ogrevanje v treh stanovanjskih stavbah iz različnih obdobj. Pri tem se omejimo predvsem na ukrepe zunanje ovoja. Ugotovimo, kateri imed izbranih ukrepov in na kakšen način največ prispevajo k zmanjšanju porabe energije za ogrevanje. Raziščemo tudi, katera dimenzija izbrane toplotne izolacije zunanjih sten, stropa proti podstrešju ter strehe je smiselna oz. katera dimenzija se izkaže za najbolj ustrezno.

Cilj naloge je z izbranimi ukrepi znižati toplotne izgube skozi ovoj stavb na dovoljeno vrednost [5] pri vseh obravnavanih objektih, pri objektu iz dvajsetih let prejšnjega stoletja, v nadaljevanju objekt A, ter pri objektu, zgrajenem leta 1964, v nadaljevanju objekt B, znižati potrebno toploto za ogrevanje za vsaj 50 %, ter izboljšati energetske učinkovitost v nalogi obravnavanih objektov (A in B) za vsaj dva razreda energetske izkaznice. Pri najmlajšem objektu, ki je bil zgrajen leta 2000 pa izboljšati energetske učinkovitost za en razred energetske izkaznice.

## 1.3 Zasnova naloge

V prvem koraku najprej preučim trenutno zakonodajo s področja energetske učinkovitosti stavb, na podlagi katere tudi lahko določim glavne kriterije, ki so pomembni za ugotavljanje začetnega stanja objektov in se nanašajo predvsem na dovoljene vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov, ter pridobim potrebne obstoječe načrte in podatke vseh treh objektov. Podatke za prvi objekt, zgrajen leta 1920, in tretji objekt, zgrajen leta 2000, pridobim iz diplomske naloge Pregled porabe toplote za ogrevanje v tipičnih enodružinskih stavbah grajenih od 1920 do 2010 [6]. Podatki za drugi objekt, iz leta 1964, izvirajo iz hranjenih načrtov, ki so mi jih posredovali domači. Pretvorim jih v elektronsko obliko ter iz tehničnega poročila razberem potrebne podatke. Manjkajoče in nerazumljive podatke predvsem glede konstrukcijskih sklopov pa pridobim po ogledu objekta ter posvetovanju z mentorjema.

V 3. poglavju predstavim objekte, potem pa izračunam dejansko stanje obravnavanih objektov s programom TOST [7] za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, upoštevajoč SIST EN ISO 13790, s katerim potrebno energijo za ogrevanje/hlajenje določimo na osnovi toplotne bilance na nivoju cone [8], in po TSG-1-004:2010. Za izračun je najprej potrebno pridobiti in vnesti podatke, ki jih zahteva računalniški program. Na začetku je to nekaj osnovnih podatkov, kot so: vrsta stavbe, način upoštevanja toplotnih mostov, energent za ogrevanje z učinkovitostjo sistemov in koordinati objektov, s katerima program sam iz podatkovne baze izbere ustrezne klimatske podatke. Sledi vnos geometrijskih karakteristik objektov in posameznih temperaturnih con, ogrevanih in neogrevanih ter stikov med njimi. Potrebno je podati prostornino cone, njeno uporabno površino, projektne notranje temperature, moč notranjih dobitkov in vrsto prezračevanja s količino izmenjave zraka z zunanjim okoljem. Posamezna cona se nato deli na netransparentne konstrukcijske sklope (stene, streha, tla), transparentne (okna, vrata) in predelne KS med conami. V tem delu podam njihove površine s toplotno prehodnostjo in te bom predhodno shranila v podatkovno bazo programa TEDI [9].

Program po vnosu vseh podatkov izračuna rezultate, na podlagi katerih bom lahko ugotovila dejansko stanje objektov. Analizirala bom, za koliko bodo posamezne vrednosti presegale največje dovoljene in predvsem razloge za najbolj problematične izgube, zakaj nastanejo in kako bi jih lahko znižali s posameznimi ukrepi. Potem ko bom izbrala ustrezne ukrepe, ki bodo posamezno predstavljeni v 5. poglavju (Analiza ukrepov), bo potrebno vnesti nove vrednosti v oba programa in preveriti učinkovitost ukrepa s pridobljenimi rezultati.

Z izbranimi, združenimi ukrepi bom na koncu posameznih obravnavanih objektov ugotovila, ali je energijska učinkovitost stavbe, ki ustreza zahtevam po PURES-u 2010 (7.člen), dosežena [5].



## 2.0 ZAKONODAJA

Eden pomembnejših korakov v smeri energetske učinkovitosti v EU je bil sprejem direktive o energetske učinkovitosti stavb, imenovane EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), ki je bila sprejeta 16. 12. 2002, uradno pa je začela veljati z objavo v uradnem listu EU dne 4. 1. 2003. Direktiva je predvidevala triletni rok za vpeljavo zahtev v pravni red držav članic EU, vendar je bil v državah članicah zaradi počasnega prenosa v nacionalne zakone ta rok podaljšan še za tri leta, in sicer do 4. 1. 2009. Sledila je prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb EPBD-r, ki je bila sprejeta 19. 5. 2010 in je stopila v veljavo z objavo v Uradnem listu EU 18. 6. 2010 [10].

Prenovljena Evropska Direktiva 2010/31/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. 5. 2010 o energetske učinkovitosti stavb narekuje, naj države članice sprejmejo potrebne ukrepe, s katerimi bi zagotovile, da se pri večji prenovi stavb energetska učinkovitost stavbe ali njenih prenovljenih delov izboljša, če je to tehnično, funkcionalno in ekonomsko izvedljivo. S tem bi izpolnili minimalne zahteve glede energetske učinkovitosti [2]. Evropski svet je marca 2007 poudaril, da je treba v Uniji povečati energetske učinkovitost, da bi do leta 2020 dosegli cilj zmanjšati porabo energije za 20 %, ter pozval k natančnemu in hitremu izvajanju prednostnih nalog iz Sporočila Komisije z naslovom Akcijski načrt za energetske učinkovitost: uresničitev možnosti. V navedenem akcijskem načrtu je opredeljen znaten potencial za stroškovno učinkovite prihranke energije v stavbnem sektorju. Evropski parlament je v svoji resoluciji z dne 31. 1. 2008 poudaril določbe iz Direktive 2002/91/ES in večkrat pozval, nazadnje v resoluciji o drugem strateškem pregledu energetske politike z dne 3. 2. 2009, naj cilj, povečati energetske učinkovitosti za 20 % do leta 2020, postane zavezujoč [2].

V Sloveniji je na podlagi direktive EPBD-r stopil v veljavo **PURES 2010**, pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Ta določa tehnične zahteve, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije v stavbah na področju toplotne zaščite, ogrevanja, hlajenja, prezračevanja ali njihove kombinacije, priprave tople vode in razsvetljave v stavbah, pa tudi na področju zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi; določa tudi metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (Ur. l. RS št. 153 z dne 18. 6. 2010, str. 13) [5]. Metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe in gradbene ukrepe, povezane z njimi, pa določa Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: 2010 Učinkovita raba energije [8]. V njej so določene tudi vrednosti maksimalno dovoljenih toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov. Te so v diplomski nalogi kriteriji za določitev ustreznosti KS. Po PURES-u 2010 ne sme biti za energetske učinkovitost stavbe presežena nobena od mejnih vrednosti, določenih v tabeli 1. točke 3.1.1 tehnične smernice [5].

Zadnji korak prenosa Direktive EU o energetske učinkovitosti stavb pa je uvedba obvezne energetske izkaznice stavbe, ki je podprta med drugim tudi z Energetskim zakonom, PURES-om 2010 ter s Tehnično smernico za graditev TSG-1-004: 2010 [11].

Energetsko izkaznico je pri nas uvedel Energetski zakon (Zakon o spremembah in dopolnitvah energetskega zakona (EZ-B) (Ur. l. RS št. 118/2006, z dne 17. 11. 2006) in (EZ-E) (Ur. l. RS št. 10/2012, z dne 10. 02. 2012)) [11].

Energetska izkaznica je javna listina s podatki o energetske učinkovitosti stavbe in s priporočili za povečanje energetske učinkovitosti. Izdelujejo jo lahko neodvisni strokovnjaki iz 68.d člena Energetskega zakona (z licenco) na zahtevo stranke [11].

V računski energetske izkaznici se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na to, koliko toplote je na leto potrebne za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe. Vrednosti, ki določajo posamezne energetske razrede, so prikazani v preglednici 1. Z njimi bom pri analizi objektov lahko ugotovila, v kateri energetske razred se dejansko uvrščajo obravnavani objekti ter ali smo uresničili zastavljene cilje diplomske naloge.

razred A1	od 0 do vključno 10 kWh/m <sup>2</sup> a
razred A2	nad 10 do vključno 15 kWh/m <sup>2</sup> a
razred B1	nad 15 do vključno 25 kWh/m <sup>2</sup> a
razred B2	nad 25 do vključno 35 kWh/m <sup>2</sup> a
razred C	nad 35 do vključno 60 kWh/m <sup>2</sup> a
razred D	od 60 do vključno 105 kWh/m <sup>2</sup> a
razred E	od 105 do vključno 150 kWh/m <sup>2</sup> a
razred F	od 150 do vključno 210 kWh/m <sup>2</sup> a
razred G	od 210 do 300 in več kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 1: Razredi energetske izkaznice [11].

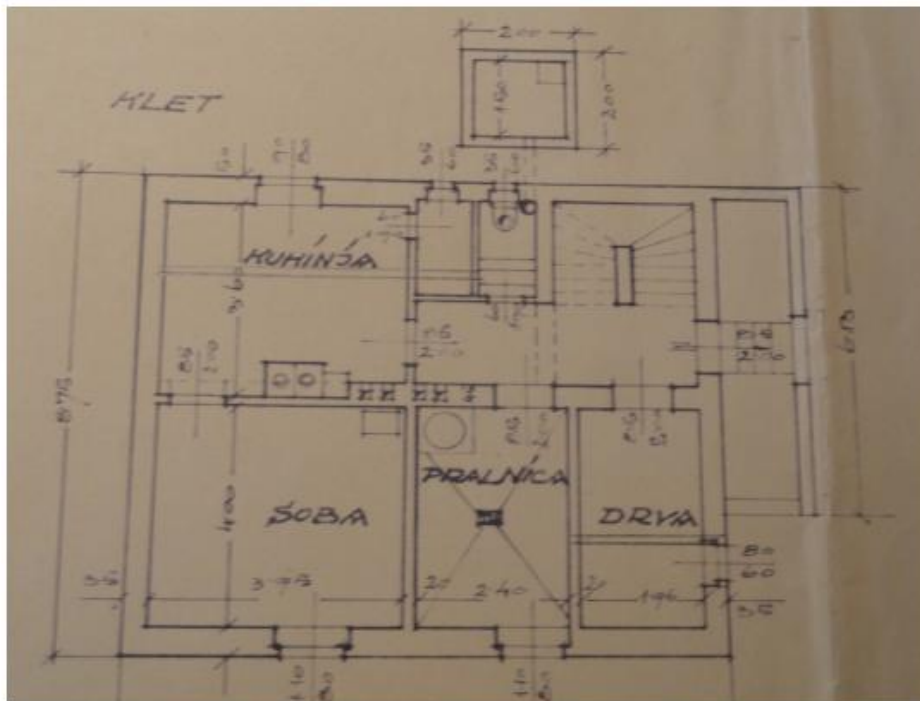
### 3.0 PREDSTAVITEV OBJEKTOV

#### 3.1 A – Dvodružinski stanovanjski objekt (1920)

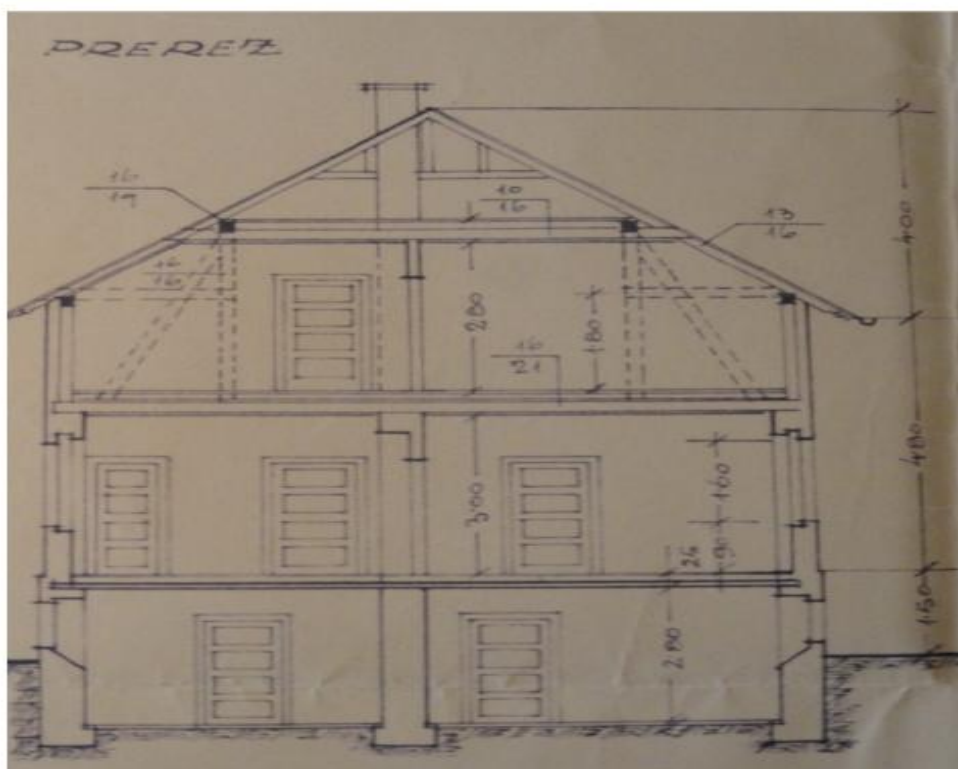
Prvi obravnavani objekt je bil zgrajen v 20-ih letih prejšnjega stoletja. Tlorisna oblika objekta je pravokotna in meri 8,60 m v širino in 9,30 m v dolžino. Stavba ima tri etaže, ki so v celoti ogrevane, ter neogrevano podstrešje. Klet je delno vkopana v teren. Etažna višina v pritličju je 3,00 m, v nadstropju 2,80 m. Streha je dvokapna z orientacijo smeri V–Z. Objekt je razdeljen na dve različni temperaturni coni, in sicer:

CONA 1 : ogrevana cona (klet, pritličje, nadstropje)

CONA 2 : neogrevana cona (podstrešje)



Slika 2: Tloris kleti (1920, (Katarinčič, 2011, 18) [6].



Slika 3 : Prečni prerez (1920), (Katarinčič, 2011, 18) [6].

Transparentni konstrukcijski sklopi pri tem objektu so škatlastna okna z lesenimi okvirji, njihova skupna površina  $A = 19,89 \text{ m}^2$ , toplotna prehodnost  $U = 3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  [5], g-faktor 0,76 [12].

Vhodna vrata so lesena (hrast) s toplotno prehodnostjo  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6].

Najvišja dovoljena toplotna prehodnost po PURES 2010 pri vertikalnih oknih in balkonskih vratih iz lesa ali umetnih mas  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pri vhodnih vratih pa  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

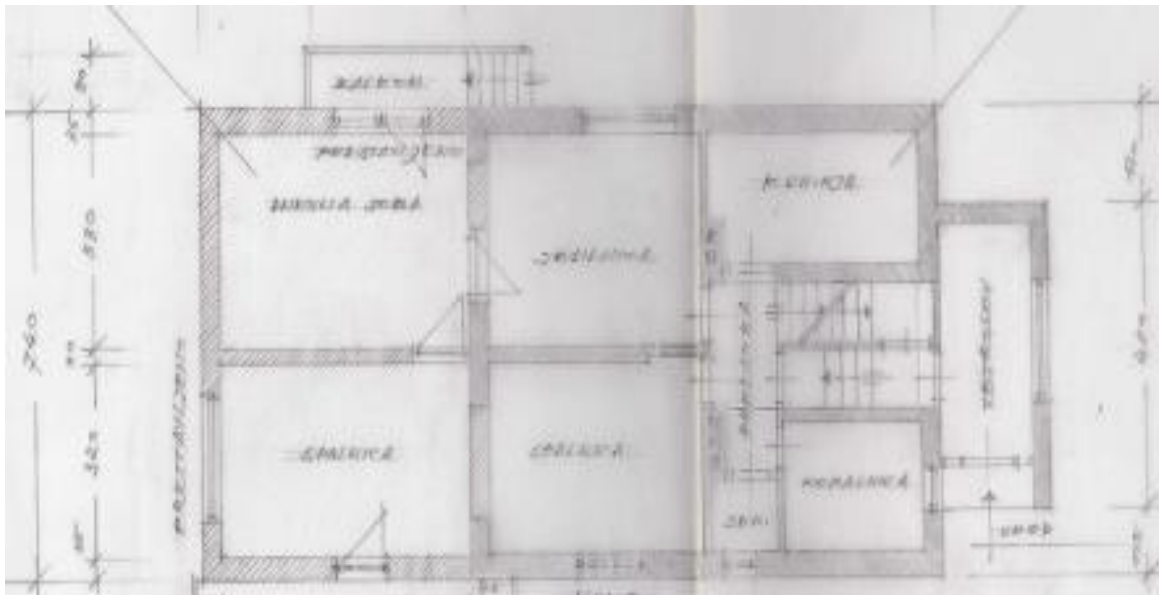
### 3.2 B – Dvodružinski stanovanjski objekt (1964)

Naslednji obravnavani objekt je bil zgrajen leta 1964, prizidek pa dograjen leta 1989. Tlorisna oblika je pravokotna in meri 7,45 m v širino ter 14,25 m v dolžino. Stavba ima tri etaže ter neogrevano podstrešje in je skoraj v celoti podkletena. Svetla etažna višina v prvem nadstropju je 2,58 m, v drugem 2,40 m. Streha je trokapna z orientacijo smeri V – Z ter S – J. Ta objekt sem razdelila na 3 temperaturne cone.

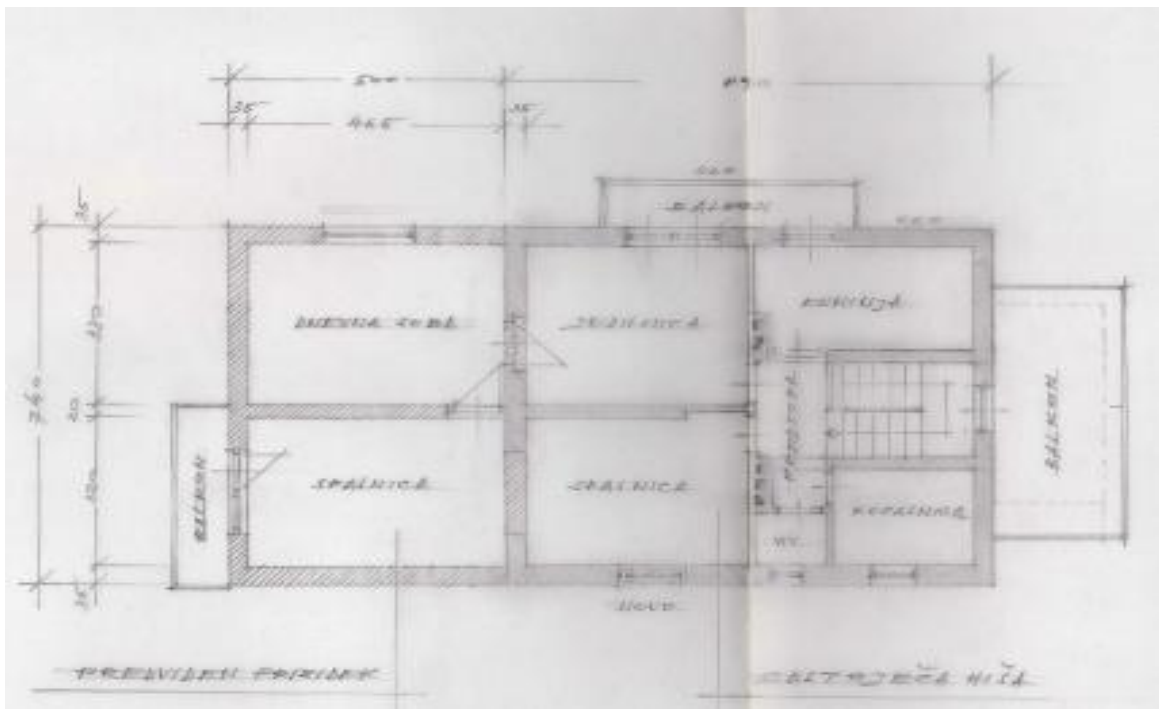
CONA 1: ogrevana cona z ogrevano kletjo (pritličje, nadstropje, del kleti) – OC z OK

CONA 2: neogrevana klet – NK

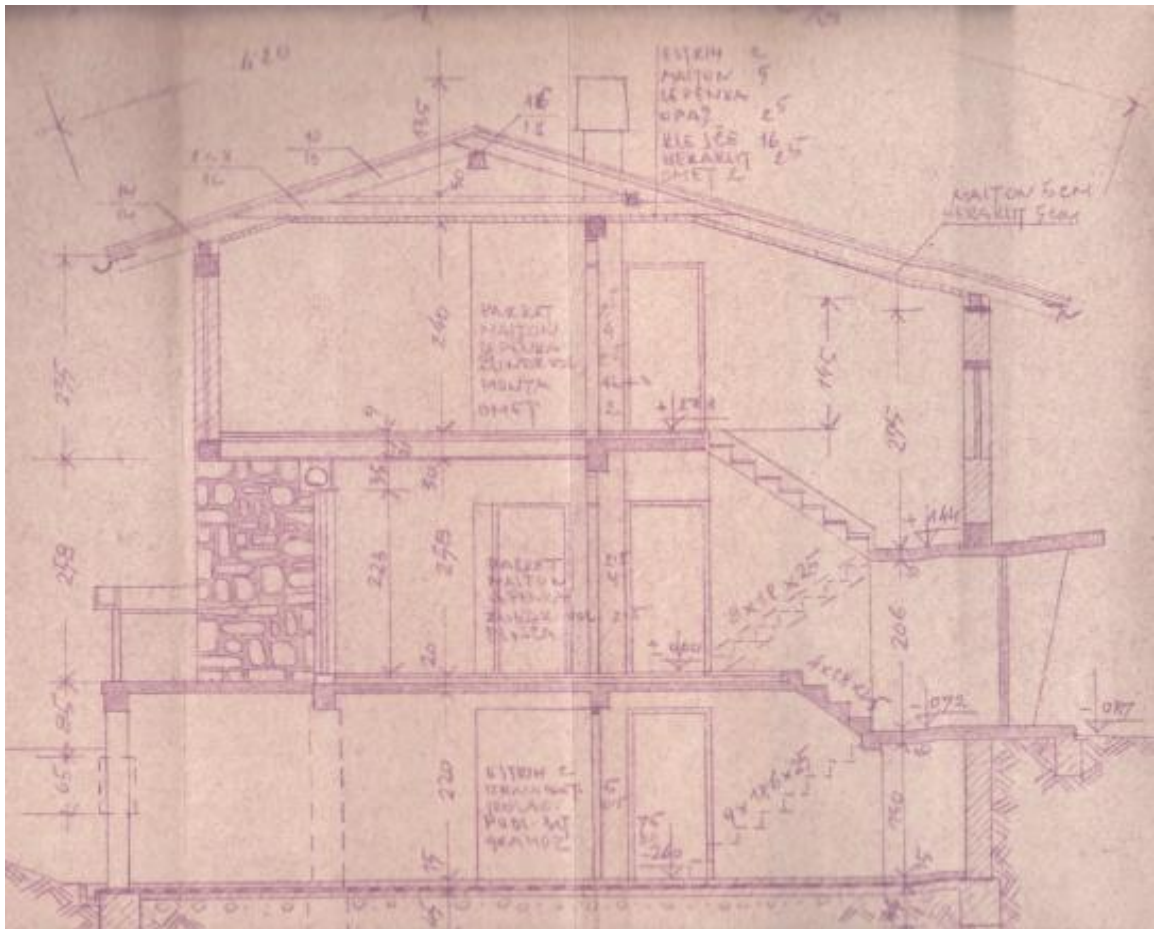
CONA 3: neogrevano podstrešje



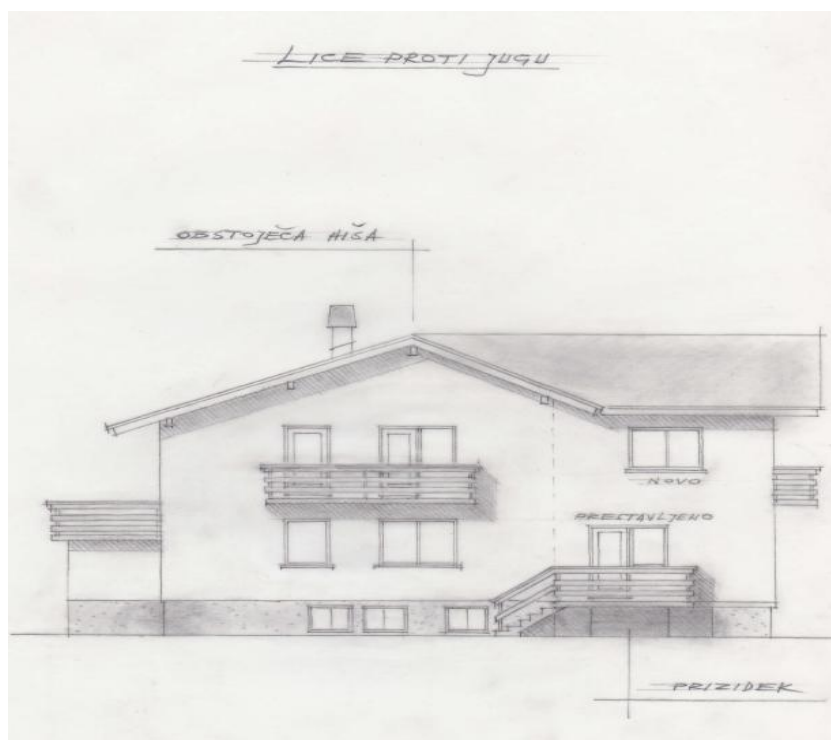
Slika 4: Tloris pritličja (1964).



Slika 5: Tloris nadstropja (1964).



Slika 6: Vzdolžni prerez starega dela (1964).



Slika 7: Južna fasada (1964, 1989).

Skupna površina transparentnih konstrukcijskih sklopov je  $40,1 \text{ m}^2$ . Od tega je  $21,49 \text{ m}^2$  novih, s plastičnim okvirjem, ki imajo skupno toplotno prehodnost  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  in g-faktor  $0,58$  [12]. Starejša okna pa imajo lesene okvirje, toplotno prehodnost  $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  [12] ter g-faktor zasteklitve  $0,76$  [12].

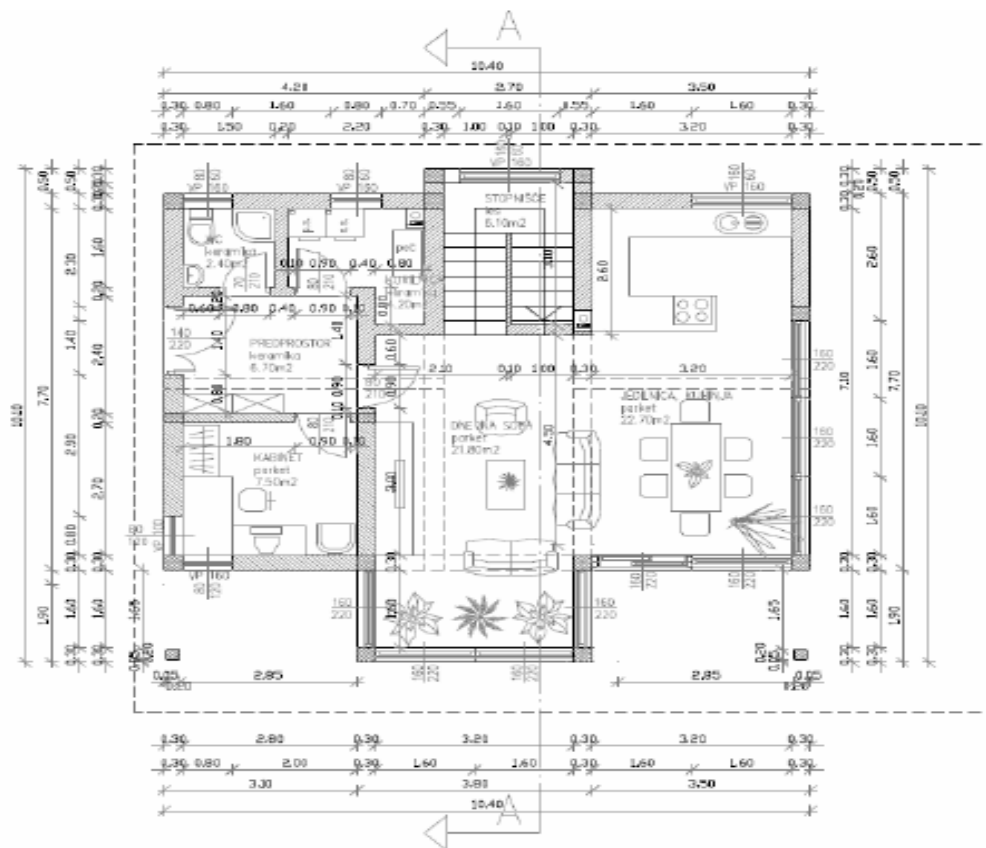
Vhodna vrata so lesena (hrast) s toplotno prehodnostjo  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Najvišja dovoljena toplotna prehodnost po PURES 2010 pri vertikalnih oknih in balkonskih vratih iz lesa ali umetnih mas  $U_{\max} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pri vhodnih vratih pa  $U_{\max} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

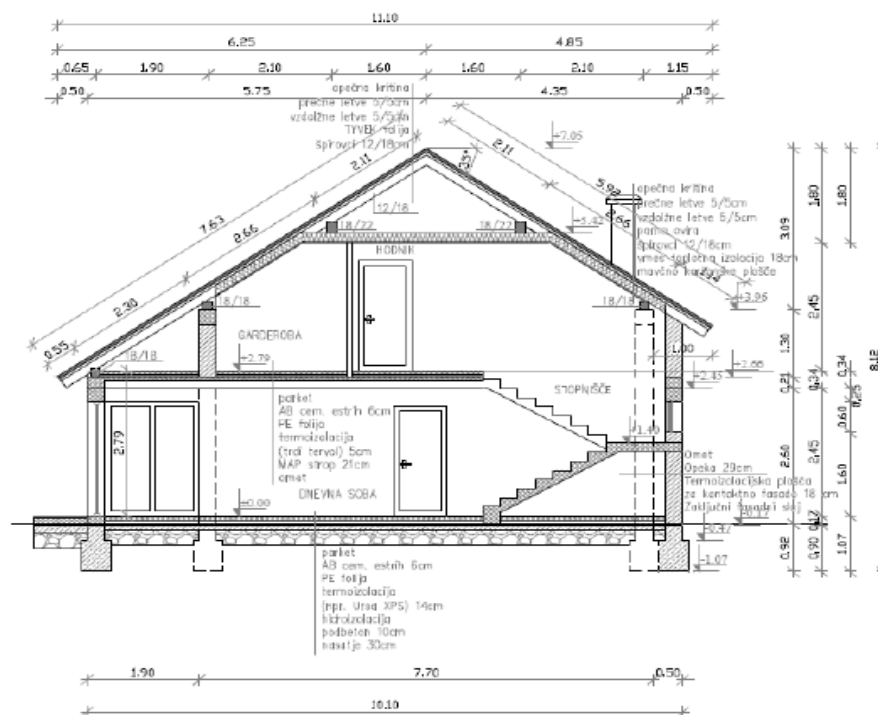
### 3.3 C – Endružinski stanovanjski objekt (2000)

Zadnji obravnavani objekt je endružinska stavba, ki je bila zgrajena leta 2000. Tlorisna oblika je pravokotna in meri  $10 \text{ m}$  v širino in  $10,4 \text{ m}$  v dolžino. Stavba je nepodkletena in ima poleg pritličja tudi mansardo, ki je namenjena bivanju. Etažna višina je  $2,45 \text{ m}$ . Streha je dvokapna z orientacijo smeri V – Z. Ker ogrevana cona zajema več kot  $80 \%$  celotne prostornine, je lahko celoten objekt zajet v eni temperaturni coni [8].

CONA 1: Ogrevana cona (celoten objekt).



Slika 8: Tloris pritličja (2000), (Katarinčič, 2011, 59) [6].



Slika 9: Prečni prerez (2000), (Katarinčič, 2011, 59) [6].

Skupna površina transparentnih konstrukcijskih sklopov je  $36,48 \text{ m}^2$  [6]. Okna imajo dvojno zasteklitev z nizkoemisijemskim premazom, med šipama je  $10 \text{ mm}$  argona in imajo toplotno prehodnost  $U = 1,41 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6] ter g-faktor  $0,58$  [12].

Vhodna vrata so lesena (hrast) s toplotno prehodnostjo  $U = 3,196 \text{ W/m}^2\text{K}$  [6].

Najvišja dovoljena toplotna prehodnost po PURES 2010 pri vertikalnih oknih in balkonskih vratih iz lesa ali umetnih mas  $U_{\text{max}} = 1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ , pri vhodnih vratih pa  $U_{\text{max}} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



## 4.0 IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBSTOJEČEGA STANJA OBJEKTOV

Sledi analiza treh stanovanjskih stavb, ki se pri namenski uporabi ogrevajo na najmanj 18 °C, ter izračun začetne specifične toplote, potrebne za ogrevanje. V nadaljevanju se bom osredotočila predvsem na primerne ukrepe za energijsko prenovo posameznih stavb. Vsi trije objekti so zaradi primerljivosti rezultatov locirani v Ljubljani z naslednjimi klimatskimi podatki (preglednica 2) :

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3300
Projektna temperatura (°C)	-13
Povprečna letna temperatura (°C)	9,9
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1121
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	225
Začetek ogrevalne sezone (dan)	275
Konec ogrevalne sezone (dan)	135

Preglednica 2 : Klimatski podatki.

### 4.1.0 Vhodni podatki

Za izračun toplote, potrebne za ogrevanje, je v programu TOST najprej potrebno podati nekaj osnovnih podatkov, ki so zaradi primerljivosti rezultatov enaki za vse tri obravnavane objekte.

#### ➤ Vpliv toplotnih mostov

Skladno s PURES-om in TSG-1-004:2010 upoštevam vpliv toplotnih mostov pri vseh objektih na poenostavljen način (standard SIST EN ISO 14683), kar pomeni, da se njihov vpliv lahko upošteva s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za 0,06 W/m<sup>2</sup>K [8].

#### ➤ Vrsta energentov ter učinkovitost sistemov za ogrevanje

Ker točne lastnosti vgrajenih naprav niso znane, sem uporabila priporočene vrednosti iz priloženih tabel v TSG-1-004:2010 [8]. V vseh primerih je energent kurilno olje. Za faktor učinkovitosti sistema pri generaciji izberem 0,8 in enak faktor pri distribuciji (izolirane cevi znotraj ogrevanih ter neogrevanih prostorov).

V nadaljevanju, kjer se objekti razdelijo na posamezne temperaturne cone, je potrebno poleg geometrijskih karakteristik ter vrednosti toplotne prehodnosti KS podati še: projektne notranje temperature, dobitke notranjih virov ter vrsto in količino prezračevanja.

### ➤ Projektne notranje temperature

Projektne notranje temperature za zimsko obdobje in projektne notranje temperature za poletno obdobje so predvidene temperature v prostorih, kot je določeno v projektu. Za družinske hiše se običajno uporablja vrednost,  $20 \pm 1$  °C [8].

Za začetne projektne temperature pri vseh objektih si izberem vrednosti, ki so prikazane v preglednici 3.

	Dan	Noč	Vikend	Nezasedeno
Pozimi (°C)	22	18	22	18
Poleti (°C)	26	23	26	26

Preglednica 3 : Projektne začetne notranje temperature.

### ➤ Dobitki notranjih virov

Prispevek notranjih toplotnih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stanovanjske stavbe znaša  $4 \text{ W/m}^2$  na enoto uporabne površine [8].

### ➤ Način in stopnja prezračevanja

Minimalna količina urne izmenjave zraka za stanovanjske stavbe je določena v tehnični smernici in znaša  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Za obravnavane objekte izberem naravno prezračevanje z vrednostjo izmenjave zraka  $0,7 \text{ h}^{-1}$  [8].

Ostale vrednosti za izračun toplote, potrebne za ogrevanje, se razlikujejo po posameznih objektih in so podrobneje prikazane v nadaljevanju.

## 4.3.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBEJKTA A

Za prvo obstoječe stanje je bilo potrebno pred izračunom vnesti še podatke o geometriji stavbe (preglednica 4), razen neto ogrevane prostornine stavbe  $V$  in oblikovnega faktorja  $f_0$ , ki ju program izračuna sam, ter podatke o toplotni prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov, katere sem predhodno izračunala s programom TEDI. Sestava dejanskih konstrukcijskih sklopov z vrednostmi toplotnih prehodnosti, ki sem jih uporabila za izračun, je prikazana v poglavju 4.2.2.

#### 4.2.1 Geometrijske karakteristike stavbe

$A$ – celotna zunanja površina stavbnega ovoja	479,02 m <sup>2</sup>
$A_U$ – neto uporabna površina stavbe	235,88 m <sup>2</sup>
$V_e$ – bruto ogrevana prostornina stavbe	737,14 m <sup>3</sup>
$V$ – neto ogrevana prostornina stavbe	589,7 m <sup>3</sup>
$f_o$ – oblikovni faktor	0,65
$\phi_i$ – povprečna moč notranjih dobitkov	943 W

Geometrijski podatki transparentnih konstrukcijskih sklopov	
Jug	7,64 m <sup>2</sup>
Sever	4,66 m <sup>2</sup>
Vzhod	3,98 m <sup>2</sup>
Zahod	3,61 m <sup>2</sup>

Preglednica 4: Geometrijske karakteristike stavbe (1920).

#### 4.2.2 Sestave dejanskih konstrukcijskih sklopov objekta A

V preglednicah 5 in 6 sta konstrukcijska sklopa podana od notranje, toplejše strani, proti zunanji, hladnejši strani.

Tla na terenu					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
keramične ploščice	0,015	2300	920	1,280	200,0
beton iz kamnitega agregata	0,10	2500	960	2,330	90,0
gosti apnenci, dolomiti, marmorji	0,20	2650	920	2,300	65,0
$U_{izračunani} = 5,416$ (W/m <sup>2</sup> K) > $U_{max} = 0,300$ (W/ m <sup>2</sup> K)					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 5: Tla na terenu.

Zunanja stena, (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	0,02	1600	1050	0,810	10,0
polna opeka	0,38	1800	920	0,760	12,0
apnena malta	0,02	1600	1050	0,810	10,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 1,390</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 6: Sestava zunanje stene.

Strop proti podstrešju, (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
smrekove letve	0,03	500	2090	0,140	70,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 2,602</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 7: Sestava stropne konstrukcije.

Streha, (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
opečni strešniki	0,02	1900	880	0,990	40,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 5,258</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 8: Sestava strehe.

#### 4.2.3 Poraba energije – obstoječe stanje stavbe, zgrajene 1920

Ob upoštevanju geometrijskih karakteristik, klimatskih podatkov, projektnih notranjih temperatur, netransparentnih in transparentnih konstrukcijskih sklopov ter naslednjih specifikacij, kot so: vrsta ogrevanja in učinkovitost ogrevalnega sistema, način in količina prezračevanja, moč dobitkov notranjih virov in predelnih konstrukcijskih sklopov med temperaturnimi conami – sem dobila naslednje rezultate porabe energije za ogrevanje v stavbi:

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,62 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 82457 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 11898 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 349,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 50,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 111,86 \text{ kWh/m}^3\text{a}$	

Preglednica 9: Pregled rezultatov pred ukrepi (1920).

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmissijske izgube	340,55	84,36
Ventilacijske izgube	63,15	15,64
<b>Skupne izgube</b>	<b>403,70</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 10: Izgube in dobitki stavbe pred ukrepi (1920).

Glede na dobljene rezultate ugotovim, da je letna specifična toplota za ogrevanje stavbe ( $349,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ) za 7-krat višja od maksimalno dovoljene po PURES-u 2010. Stavba zato spada po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009, 2. 10. 2009) v energijski razred G. Glavna razloga za tako veliko porabo toplote sta predvsem neustrezna sestava netransparentnih konstrukcijskih sklopov, pa tudi transparentnih, saj ima hiša starejša okna z lesenimi okvirji in je njihova toplotna prehodnost  $3,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . To se odraža v transmissijskih izgubah, ki so 84,36 % celotnih izgub in v previsokem koeficientu specifičnih transmissijskih toplotnih izgub  $H'_T$ , ki znaša  $1,62 \text{ W/m}^2\text{K}$  in je za več kot 4-krat previsok od maksimalno dovoljenega po PURES-u 2010.

Preostali delež izgub (15,64 %) so ventilacijske izgube, ki se nanašajo na urno izmenjavo zraka z okolico, ta znaša  $0,7 \text{ h}^{-1}$ .

Solarni dobitki so zaradi majhne površine transparentnih delov (4,97 % celotne površine) nizki in znašajo  $24,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Ostalih 58,90 % je notranjih dobitkov, ki so določeni glede na uporabno površino in so odvisni od načina uporabe stavbe.

#### 4.3.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBJEKTA B

Poleg vhodnih podatkov, predstavljenih v poglavju 4.1.0, je bilo potrebno pred izračunom vnesti geometrijske podatke stavbe (preglednica 11), razen neto ogrevane prostornine stavbe  $V$  ter oblikovnega faktorja  $f_0$ , ki ju program izračuna sam. Toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov, ki sem jih uporabila za izračun, so podane v poglavju 4.3.2, kjer je predstavljena dejanska sestava konstrukcijskih sklopov.

##### 4.3.1 Geometrijske karakteristike stavbe

$A$ – celotna zunanja površina stavbnega ovoja	431,39 m <sup>2</sup>
$A_U$ – neto uporabna površina stavbe	198,00 m <sup>2</sup>
$V_e$ – bruto ogrevana prostornina stavbe	592,42 m <sup>3</sup>
$V$ – neto ogrevana prostornina stavbe	473,93 m <sup>3</sup>
$f_0$ – oblikovni faktor	0,73
$\phi_i$ – povprečna moč notranjih dobitkov	792 W

Geometrijski podatki transparentnih konstrukcijskih sklopov	
Jug	15,74 m <sup>2</sup>
Sever	10,92 m <sup>2</sup>
Vzhod	10,51 m <sup>2</sup>
Zahod	6,42 m <sup>2</sup>

Preglednica 11: Geometrijske karakteristike stavbe (1964).

##### 4.3.2 Sestave dejanskih konstrukcijskih sklopov objekta B

Sestava konstrukcijskih sklopov je podana od notranje, toplejše strani, proti zunanji, hladnejši strani.

Tla na terenu					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
keramične ploščice	0,01	2300	920	1,280	200,0
beton iz kamnitega agregata	0,12	2400	960	2,040	60,0
beton iz kamnitega agregata	0,08	1800	960	0,930	15,0
pesek in droban prodec	0,20	1500	840	1,400	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 3,538</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,350</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 12: Tla na terenu – 49,07 m<sup>2</sup>.

Tla na terenu					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
trde plošče iz lesnih vlaken	0,018	900	1670	0,190	70,0
ekspandiran polistiren	0,03	20,0	1260	0,041	35,0
beton iz kamnitega agregata	0,12	2400	960	2,040	60,0
beton iz kamnitega agregata	0,08	1800	960	0,930	15,0
pesek in droban prodec	0,20	1500	840	1,400	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,908</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,300</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 13: Tla na terenu – 21,56 m<sup>2</sup>.

Zunanja stena 1 (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
podaljšana apnena malta	0,01	1700	1050	0,850	15,0
mrežasti opečni votlak	0,30	1200	920	0,520	4,0
plemenita fasadna malta	0,02	1850	1050	0,700	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 1,270</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 14: Sestava zunanje stene (stari del).

Zunanja stena 2 (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
podaljšana apnena malta	0,01	1700	1050	0,850	15,0
mrežasti opečni votlak	0,30	1200	920	0,520	4,0
polistirenske plošče	0,05	20	1260	0,041	35,0
plemenita fasadna malta	0,01	1850	1050	0,700	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,527</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 15: Sestava zunanje stene (novi del).

Zunanja kletna stena 1 (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
mavčno kartonske plošče	0,0125	900	840	0,210	12,0
polistirenske plošče	0,03	20	1260	0,041	35,0
beton iz kamnitega agregata	0,30	2040	960	2,040	60,0
bitumen	0,003	1300	1460	0,190	14000,0
pesek in droban prodec	0,20	1500	840	1,400	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,890</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 16: Sestava zunanje kletne stene 1.

Zunanja kletna stena 2 (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
podaljšana apnena malta	0,01	1800	1050	0,870	20,0
beton iz kamnitega agregata	0,30	2400	960	2,040	60,0
bitumen	0,003	1300	1460	0,190	14000,0
pesek in droben prodec	0,20	1500	840	1,400	15,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 2,904</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,350</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 17: Sestava zunanje kletne stene 2.



Strop proti neogrevani kleti (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
hrastov parket	0,025	700	1670	0,210	15,0
perlitna malta	0,04	500	1050	0,130	4,0
kamena volna	0,025	30	840	0,038	1,0
beton iz kamnitega agregata	0,18	2400	960	2,040	60,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,745</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,350</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 18: Sestava stropne konstrukcije proti neogrevani kleti.

Strop proti podstrešju 1 (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
apnena malta	0,02	1600	1050	0,810	10,0
beton iz kamnitega agregata	0,16	2400	960	2,040	60,0
perlitna malta	0,05	500	1050	0,130	4,0
mineralna volna	0,08	200	840	0,041	1,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,383</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 19: Sestava stropne konstrukcije proti podstrešju 1.

Strop proti podstrešju 2					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
mavčno kartonske plošče	0,0125	900	840	0,210	12,0
polistirenske plošče	0,05	20	1260	0,041	35,0
beton iz kamnitega agregata	0,18	2400	960	2,040	60,0
mineralna volna	0,08	200	840	0,041	1,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 0,287</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odgovarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 20: Sestava stropne konstrukcije proti podstrešju 2.

Streha (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
azbestno cementne plošče	0,01	1800	960	0,350	50,0
<b><math>U_{\text{izračunani}} = 5,258</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt; <math>U_{\text{max}} = 0,20</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>					
<b>Konstrukcijski sklop ne odговarja. Toplotna prehodnost ni ustrezna!</b>					

Preglednica 21: Sestava strehe.

### 4.3.3 Poraba energije – obstoječe stanje stavbe, zgrajene 1964

Ob upoštevanju geometrijskih karakteristik, klimatskih podatkov, projektnih notranjih temperatur, netransparentnih in transparentnih konstrukcijskih sklopov ter naslednjih specifikacij, kot so: vrsta ogrevanja in učinkovitost ogrevalnega sistema, način in količina prezračevanja, moč dobitkov notranjih virov in predelnih konstrukcijskih sklopov med temperaturnimi conami – dobim naslednje rezultate porabe energije za ogrevanje v stavbi:

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,01$ W/m <sup>2</sup> K	$H'_{T, \text{max}} = 0,39$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{\text{NH}}$	Izračunana (7. Člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{\text{NH}} = 42894$ kWh	$Q_{\text{NH, max}} = 10918$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{\text{NH}}/A_u$ , $Q_{\text{NH}}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{\text{NH}}/A_u$	$Q_{\text{NH}}/A_u = 216,64$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{\text{NH}}/A_{u, \text{max}} = 55,14$ kWh/m <sup>2</sup> a
$Q_{\text{NH}}/V_e$	$Q_{\text{NH}}/V_e = 72,41$ kWh/m <sup>3</sup> a		

Preglednica 22: Pregled rezultatov pred ukrepi (1964).

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	221,34	78,96
Ventilacijske izgube	58,99	21,04
<b>Skupne izgube</b>	<b>280,33</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	30,70	42,27
Solarni dobitki	41,92	57,73
<b>Skupni dobitki</b>	<b>72,62</b>	<b>100%</b>

Preglednica 23: Izgube in dobitki stavbe pred ukrepi (1964).

Glede na dobljene rezultate ugotovim, da je specifična letna toplota za ogrevanje tega objekta (216,64 kWh/m<sup>2</sup>a) skoraj 4-krat višja od maksimalne dovoljene po PURES-u 2010 (55,14 kWh/m<sup>2</sup>a). Stavba zato spada po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009, 2. 10. 2009), v energijski razred G, čeprav ima veliko nižjo porabo toplote za ogrevanje kot objekt A. Razlog za manjšo porabo je predvsem v zunanjem ovoju, ki je delno izoliran, čeprav le s 5 cm debelimi polistirenskimi ploščami, v izoliranem podstrešju ter v sestavi zunanje stene, saj ima mrežasti opečni votlak manjšo toplotno prehodnost kot polna opeka. K manjši porabi energije za ogrevanje pripomore tudi večji delež odprtih (11,34 %), katerih del ima ustrezno toplotno prehodnost  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  in skozi katere stavba zajame 42 kWh/m<sup>2</sup>a sončne energije.

Tudi pri tem objektu so neustrezni konstrukcijski sklopi glavni razlog za preveliko porabo energije, kar kažejo visoke vrednosti transmisijskih izgub, ki znašajo 221,34 kWh/m<sup>2</sup>a, in koeficient specifičnih transmisijskih izgub  $H'_T$ , ki znaša 1,01 W/m<sup>2</sup>K in je za 2,5-krat previsok od maksimalno dovoljenega po PURES-u 2010. Preostali delež, 21,04 % znašajo ventilacijske izgube, ki se nanašajo na urno izmenjavo zraka z okolico.

Solarni dobitki so v premerjavi z prejšnjim objektom višji zaradi večje površine transparentnih konstrukcijskih sklopov in znašajo 41,92 kWh/m<sup>2</sup>a. Ostalih 42,27 % je notranjih dobitkov.

#### 4.4.0 IZRAČUN DEJANSKE POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE OBJEKTA C

Ker so strokovnjaki v obdobju načrtovanja in gradnje obravnavane stavbe začeli pogosteje poudarjati, da je treba zmanjšati porabo energije, in glede na sprejemanje novih predpisov s tega področja, so stavbe boljše toplotno izolirane. To se vidi pri gradnji tega objekta, saj je poraba energije za ogrevanje bistveno manjša.

Kot pri predhodnih objektih je bilo tudi pri tem potrebno vnesti zahtevane geometrijske podatke stavbe (preglednica 24) ter potrebne podatke toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov, ki so prikazani v poglavju 4.4.2.

#### 4.4.1 Geometrijske karakteristike objekta 2000

$A$ – celotna zunanja površina stavbnega ovoja	347,30 m <sup>2</sup>
$A_U$ – neto uporabna površina stavbe	147,00 m <sup>2</sup>
$V_e$ – bruto ogrevana prostornina stavbe	426,10 m <sup>3</sup>
$V$ – neto ogrevana prostornina stavbe	340,88 m <sup>3</sup>
$f_o$ – oblikovni faktor	0,82
$\phi_i$ – povprečna moč notranjih dobitkov	943 W

Geometrijski podatki transparentnih konstrukcijskih sklopov	
Jug	15,0 m <sup>2</sup>
Sever	3,70 m <sup>2</sup>
Vzhod	14,10 m <sup>2</sup>
Zahod	3,70 m <sup>2</sup>

Preglednica 24: Geometrijske karakteristike stavbe 2000.

#### 4.4.2 Sestava dejanskih konstrukcijskih sklopov objekta C

Sestava konstrukcijskih sklopov tal na terenu ter zunanje stene je podana od notranje, toplejše strani, proti zunanji, hladnejši strani. Sestava KS strehe pa je podana od zunanje, hladnejše strani, proti notranji, toplejši strani.

Tla na terenu					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ (/)
hrastov parket	0,02	700	1670	0,210	15,0
cementni estrih	0,06	2200	1050	1,400	30,0
PTL folija	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
ekstrudirani polistiren	0,12	60	1500	0,040	250,0

...se nadaljuje

bitumenski trak	0,01	1100	1050	0,170	1200,0
beton iz kamnitega agregata	0,10	2400	960	2,040	60,0
$U_{\text{izračunani}} = 0,295 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = 0,300 \text{ (W/ m}^2\text{K)}$					
<b>Konstrukcijski sklop odgovarja. Toplotna prehodnost je ustrezna!</b>					

Preglednica 25: Tla na terenu.

Zunanja stena (zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
podaljšana apnena malta	0,025	1900	1050	0,990	25,0
mrežasti opečni votlak	0,29	1200	920	0,520	4,0
fragmat kombi-T	0,165	15	1030	0,040	4,0
plemenita fasadna malta	0,02	1850	1050	0,700	15,0
$U_{\text{izračunani}} = 0,204 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = 0,280 \text{ (W/ m}^2\text{K)}$					
<b>Konstrukcijski sklop odgovarja. Toplotna prehodnost je ustrezna!</b>					

Preglednica 26: Sestava zunanje stene.

Streha (strop proti neogrevanem prostoru, stropi v sestavi ravnih ali poševnih streh)					
Material	Debelina (m)	$\delta$ (kg/m <sup>3</sup> )	C (J/kgK)	$\lambda$ (W/mK)	$\mu$ ( / )
opečni strešniki	0,02	1900	880	0,990	40,0
smrekove letve	0,015	500	2090	0,140	70,0
PTL folija	0,002	1000	1250	0,190	80000,0
steklena volna	0,18	23	840	0,034	1,0
AL folija	0,002	2700	940	203,00	700000,0
mavčno kartonske plošče	0,015	900	840	0,210	60,0
$U_{\text{izračunani}} = 0,176 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = 0,200 \text{ (W/ m}^2\text{K)}$					
<b>Konstrukcijski sklop odgovarja. Toplotna prehodnost je ustrezna!</b>					

Preglednica 27: Sestava strešne konstrukcije.

#### 4.4.3 Poraba energije – obstoječe stanje stavbe, zgrajene 2000

Ob upoštevanju geometrijskih karakteristik, klimatskih podatkov, projektnih notranjih temperatur, netransparentnih in transparentnih konstrukcijskih sklopov ter naslednjih specifikacij, kot so: vrsta ogrevanja in učinkovitost ogrevalnega sistema, način in količina prezračevanja, moč dobitkov notranjih virov in predelnih konstrukcijskih sklopov med temperaturnimi conami – sem dobila naslednje rezultate porabe energije za ogrevanje v stavbi:

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,48 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 14968 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 101,83$ $\text{kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35$ $\text{kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 35,13$ $\text{kWh/m}^3\text{a}$	

Preglednica 28: Pregled rezultatov pred ukrepi.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmisijske izgube	103,25	65,70
Ventilacijske izgube	53,93	34,30
<b>Skupne izgube</b>	<b>157,18</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	25,17	41,10
Solarni dobitki	36,13	58,90
<b>Skupni dobitki</b>	<b>61,30</b>	<b>100%</b>

Preglednica 29: Izgube in dobitki stavbe.

V primerjavi s predhodno analiziranima stavbama je poraba energije za ogrevanje tega objekta veliko nižja, kar je posledica toplotne izoliranosti zunanlega ovoja oz. ustreznih konstrukcijskih sklopov, ki

izpolnjujejo zahteve po PURES-u 2010. Specifična letna poraba za ogrevanje znaša 101,83 kWh/m<sup>2</sup>a in je le še za 1,5-krat višja od maksimalno dovoljene po PURES-u 2010. Stavba zato spada po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009, 2. 10. 2009) v energijski razred D. Specifičen koeficient transmisijskih izgub znaša 0,48 W/m<sup>2</sup>K in je presežen le za 0,09 W/m<sup>2</sup>K, kar je v primerjavi z predhodnima objektoma dober rezultat.

65,7 % delež vseh izgub so transmisijske izgube, preostali delež pa so ventilacijske izgube, ki znašajo 53,93 kWh/m<sup>2</sup>a.

Solarni dobitki so zaradi velike površine ter primerne orientiranosti transparentnih konstrukcijskih sklopov visoki kljub nižjemu faktorju zasteklitve v primerjavi s predhodnima objektoma in znašajo 36,13 kWh/m<sup>2</sup>a, ostalih 41,10 % je notranjih dobitkov.

Pri tem objektu bi pričakovali, da ustreza predpisanim zahtevam glede porabe energije za ogrevanje, vendar smo ugotovili, da je ta poraba kljub temu presežena. Ker pa so razlike med dovoljeno in dejansko porabo bistveno nižje kot pri prej obravnavanih objektih, bom na koncu z združenimi ukrepi preverila, ali lahko porabo energije pri tem objektu znižamo na dovoljeno vrednost.

## 5.0 ANALIZA UKREPOV

Kot pravi Direktiva 2010/31/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 30. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb [2], bi zahteve morali minimalno omejiti le na tiste dele prenovljene dele, ki so najpomembnejši za energetske učinkovitost stavbe [2].

Torej, kadar se odločamo za energijsko prenovu hiše, se je potrebno najprej vprašati, kje nastanejo največje izgube in zakaj, saj so pri taki obnovi potrebna večja investicijska vlaganja. Pri izhodiščnih rezultatih je videti, da so pri starejših neizoliranih hišah največje izgube skozi zunanji ovoj stavbe, to so transmisijske izgube. Zato bi bilo smiselno investirati v vsaj dva ukrepa, in sicer v izolacijo zunanjega ovoja, s katero bistveno znižamo količino izgub, ter v zamenjavo ustreznih transparentnih konstrukcijskih sklopov, s katerimi vplivamo tudi na zrakotesnost objekta in tako znižamo prezračevalne izgube [13], njihov namen pa je tudi povečanje dobitkov iz obnovljivih virov energije. Z ukrepi na ovoju stavbe so to solarni dobitki. Istočasno pa želimo čim manj toplote izgubiti iz prostora v zunanost. Vsak poseg v zasteklitev, ki zmanjša prenos toplote v zunanje okolje, žal tudi povzroči zmanjšanje transmisije sončnega sevanja v prostor [15].

Za katere ukrepe se odločimo pri posameznem objektu, je odvisno od pridobljenih začetnih rezultatov ter ustreznih kriterijev, ki natančno določajo dovoljene vrednosti. Tu se osredotočimo predvsem na

vrednosti toplotnih prehodnosti konstrukcijskih sklopov. Druga dva pomembna kazalca za sprejetje potrebnih ukrepov pa sta koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub  $H'_T$  ter letna potrebna toplota za ogrevanje  $Q_{NH}$ . Dovoljeni vrednosti  $H'_T$  ter  $Q_{NH}$  se razlikujeta po posameznih objektih in sta podani pri (analitičnih) ugotovitvah dejanskega stanja objekta.

V sklopu obravnavanih ukrepov aplikacije toplotne izolacije zunanjega ovoja bosta v prvem koraku obravnavani dve varianti KS, ki se razlikujeta v dimenziji TI.

### 5.1.0 Predvideni ukrepi

V nadaljevanju bodo za objekte A, B in C obravnavani naslednji ukrepi:

- toplotna izolacija zunanjih sten (A, B, C),
- toplotna izolacija stropa proti podstrešju (A, B),
- toplotna izolacija strehe (C),
- toplotna izolacija tal v kleti (A, B),
- toplotna izolacija kletnega stropa (NK-OC; A),
- zamenjava ustreznih energetsko učinkovitih oken (A, B, C),
- povečanje odprtin (A, B),
- znižanje projektne notranje temperature (A, B, C).

V analizi najstarejšega objekta predvidim celovito prenovu zunanjega ovoja, saj je brez kakršnekoli toplotne izolacije. Zato bo prvi ukrep toplotna izolacija zunanjih sten. Ker ima objekt neogrevano podstrešje, izolacija strehe ne bi bila smiselna, zato bo pri drugem ukrepu potrebno aplicirati TI na KS, ki meji na neogrevano podstrešje, torej strop proti podstrešju. Zaradi neustreznosti KS in previsoke toplotne prehodnosti skozi tla na terenu, bo potrebno tudi tu izvesti ustrezno toplotno izolacijo. Drugi del zunanjega ovoja so transparentni konstrukcijski sklopi. Tu predvidim, da okna še niso bila menjana (tudi zaradi podrobnejše analize), zato bo naslednji ukrep zamenjava energijsko ustreznih transparentnih konstrukcijskih sklopov, katera bodo morala imeti dovoljeno vrednost toplotne prehodnosti. Starejši objekti imajo manjša okna oz. celotna površina transparentnih konstrukcijskih sklopov je v večini primerov manjša kot pri stavbah, zgrajenih po letu 1960. Zaradi tega bom povečala



odprtine ter s tem povečala solarne pritoke v stavbo. Ali bo to ustrezen ukrep in kako bo vplival na spremembo potrebne toplote za ogrevanje, bom ugotovila v nadaljevanju po pridobitvi rezultatov.

Tudi objekt iz leta 1964 je precej problematičen glede ustreznosti konstrukcijskih sklopov. Ker je to objekt, v katerem živim, lahko neposredno ugotavljam, da je potrebno veliko energije za ogrevanje. V poglavju 4.3.2 je podatek, da je objekt že delno izoliran, vendar so dimenzije toplotne izolacije vsekakor nezadostne. Zato bodo ukrepi podobni kot v prejšnjem primeru, in sicer aplikacija TI celotnega zunanjskega ovoja, poleg tega bo dodatni ukrep izolacija stropa med ogrevanim pritličjem in neogrevano kletjo, saj bo potrebno preprečiti tudi toplotne izgube med ogrevano in neogrevano cono. Z analizo dejanskega stanja zadnjega objekta smo ugotovili, da je kljub ustreznim KS dovoljena poraba energije za ogrevanje še vedno presežena. Preverila bom, ali jo lahko z ukrepoma povečanjem dimenzij že izbrane izolacije ter z zamenjavo transparentnih KS lahko znižam na dovoljeno vrednost.

Dobljeni in analizirani rezultati za objekte A, B in C se vedno primerjajo z izhodišnim stanjem teh objektov, razen v primerih, kjer se dimenzija TI postopoma povečuje pri posameznem ukrepu; pri teh primerih se hkrati primerjajo rezultati sprememb.

### 5.2.0 Ukrepi na objektu A

Da bi zmanjšala  $H'_T$  in znižala potrebno toploto za ogrevanje, bom s prvim ukrepom aplicirala toplotno izolacijo na zunanji ovoj stavbe. Ker je največja površina (299,13 m<sup>2</sup>) netransparentni del zunanjih sten, lahko pričakujem, da se bodo s tem ukrepom občutno zmanjšale transmisijske izgube in z njimi koeficient specifičnih transmisijskih izgub, vendar bo kljub temu še previsok, saj ostajata še nerešena problema: neizolirano podstrešje in tla na terenu. S tem ukrepom bo velik tudi prihranek energije. Ventilacijske izgube in solarni dobitki se naj ne bi spremenili, ker v tem delu še ne posegam v transparentne konstrukcijske sklope.

Zaradi velike toplotne prehodnosti stropa proti podstrešju so velike izgube tudi skozi ta konstrukcijski sklop. Zato bo sledila aplikacija TI stropa proti podstrešju. Predvidevam, da se bodo tudi tu transmisijske izgube precej znižale, enako tudi koeficient specifičnih transmisijskih izgub, vendar ne tako opazno kot pri izolaciji zunanjih sten, saj je strop proti podstrešju manjši delež površine, ki obdaja ogrevani volumen, kot fasada.

Pevisoka toplotna prehodnost z ozirom na TSG-1-004:2010 je tudi pri tleh na terenu, saj je sestava konstrukcijskega sklopa neustrezna. Kot tretji ukrep bo torej vgraditev toplotne izolacije na tla terena. Površina tal je skoraj enakih dimenzij kot površina stropa proti podstrešju. Vendar to ne pomeni tudi podobnih rezultatov. Ker podstrešje meji na zunanji zrak z nizkimi temperaturami, tu pričakujem večje razlike kot pri tleh na terenu, ki mejijo na zemljinu s temperaturo (8 °C).

Primeren ukrep, bo gotovo tudi zamenjava transparentnih konstrukcijskih sklopov. Po celotnem objektu so nameščena današnjim zahtevam neustrezna okna, ki pripomorejo k še večjim transmisijskim izgubam. Z zamenjavo teh se bodo transmisijske izgube dodatno znižale. Povečala bom tudi odprtine, saj me zanima, koliko to pripomore k dodatnim solarnim dobitkom, in ali to posledično vpliva tudi na transmisijske izgube ter prihranek energije.

Ker me zanima, koliko na prihranek energije vpliva znižanje projektne notranje temperature, bo to zadnji ukrep, ki ga bom analizirala. Projektno notranjo temperaturo bom v dveh korakih znižala za 2 °C.

### 5.2.1 Ukrep 1 – TOPLOTNA IZOLACIJA ZUNANJE STENE

Pri izolaciji zunanje stene se odločim za ekspanziran polistiren. Ker je hiša med takimi posegi najpogosteje v običajni uporabi, bi bilo veliko težje take gradbene posege izvajati v bivalnem prostoru. Tudi če bi se odločila za tak sistem, bi bilo treba glede na to, da je hiša stara in še brez izolacije (kar zahteva debelejšo plast izolacije), občutno zmanjšati površino bivalnih prostorov. Namestim jo torej na zunanji ovoj. Za cokl oz. podzidek in za vkopani del kleti zaradi večjih tlačnih obremenitev izberem ekstrudiran polistiren.



Slika 10: Fasadna plošča iz EPS F z ravnimi robovi.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mk)
apnena malta	0,02	0,810	0,02	0,810
polna opeka	0,38	0,760	0,38	0,760
EPS F	0,15	0,039	0,20	0,039
plemenita fasadna malta	0,01	0,700	0,01	0,700
	<b>U = 0,220 (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b>U<sub>max</sub> = 0,280 (W/ m<sup>2</sup>K)</b>		<b>U = 0,171 (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b>U<sub>max</sub> = 0,280 (W/ m<sup>2</sup>K)</b>	

Preglednica 30: Izolirana zunanja stena.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
apnena malta	0,02	0,810	0,02	0,810
polna opeka	0,38	0,760	0,38	0,760
cementna malta	0,01	1,400	0,01	1,400
izotekt T4	0,01	0,190	0,01	0,190
termodur	0,15	0,035	0,20	0,035
	<b><math>U = 0,198</math> (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b><math>U_{\max} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>		<b><math>U = 0,155</math> (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b><math>U_{\max} = 0,280</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>	

Preglednica 31: Izolirana vkopana kletna stena.

Ob upoštevanju materialov iz preglednic 30 ter 31 v prvi varianti dobim skupno toplotno prehodnost zunanje stene  $U = 0,214$  W/m<sup>2</sup>K. K rezultatu pa je potrebno dodati še vpliv toplotnih mostov (0,06 W/m<sup>2</sup>K). Tako ugotovim, da se je toplotna prehodnost zmanjšala za 6,5-krat v primerjavi z izhodiščno varianto (preglednica 6). Z vnosom nove vrednosti toplotne prehodnosti v program TOST pridobim rezultate prvega ukrepa, ki so prikazani v preglednicah 32 in 33.

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
		$H'_T = 0,82$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
		$Q_{NH} = 42338$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
		$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 179,49$ kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 32: Pregled rezultatov prvega ukrepa – 1.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	168,60	72,75
Ventilacijske izgube	63,15	26,39
<b>Skupne izgube</b>	<b>231,75</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 33: Izgube in dobitki stavbe po prvem ukrepu – 1.

Preglednici 32 in 33 prikažeta, kako zelo pomembna je izolacija zunanje stene, saj se transmisijske izgube zmanjšajo za več kot 1,5-krat glede na izhodiščno stanje, kar je bilo pričakovano glede na površino, ki smo jo izolirali. Izolacija s 15 cm polistirenom se sicer izkaže za ustrezno glede na zahteve PURES-a, vendar je z ozirom na to, da naj bi izolacija zunanje stene v tem primeru največ pripomogla k zmanjšanju energije, nezadostna, saj je specifičen koeficient transmisijskih izgub  $H'_T$ , ki se zniža za 50,6 %, še vedno skoraj dvakrat presežen. Letna potrebna energija za ogrevanje  $Q_{NH}$  pa je presežena za več kot 3,5-krat. Ventilacijske izgube ter solarni dobitki se ob aplikaciji toplotne izolacije na zunanje stene ne spremenijo.

Kaj pa prihranek energije? Letna toplota, potrebna za ogrevanje, se zniža za 51,3 % in sedaj znaša 179,49 kWh/m<sup>2</sup>a, kar stavbo uvrsti za razred višje v energetski izkaznici, v razred F.

➤ **Povečanje debeline izolacije na 20 cm,  $U_{skupni} = 0,166$  W/m<sup>2</sup>K**

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,78$ W/m <sup>2</sup> K	$H'_{T, max} = 0,38$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 40685$ kWh	$Q_{NH, max} = 11898$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 172,48$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, max} = 50,44$ kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 34: Pregled rezultatov prvega ukrepa – 2.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	161,46	71,89
Ventilacijske izgube	63,15	28,11
<b>Skupne izgube</b>	<b>224,60</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 35: izgube in dobitki stavbe po prvem ukrepu -2.

Pri povečanju dimenzije toplotne izolacije za zunanjo steno lahko iz zgornjih rezultatov ugotovimo, da je pri takem objektu smiselno uporabiti večjo kot 15 cm. S tem, ko jo povečam še za 5 cm, se  $H'_T$  zniža za dodatnih 4,9 % in letno prihranimo dodatnih 3,9 % potrebne toplote za ogrevanje v primerjavi z varianto s 15 cm dimenzijo TI.

Zaradi pozitivnih rezultatov v nadaljevanju preverim, ali bi bilo smiselno še dodatno povečati dimenzije izolacije. Na obstoječih 20 cm dodam še 5 cm toplotne izolacije.

➤ **Povečanje debeline izolacije na 25 cm,  $U_{\text{skupni}} = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Koefficient specifičnih letnih transmisijskih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
		$H'_T = 0,76 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{\text{NH}}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
		$Q_{\text{NH}} = 39648 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{\text{NH}}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
		$Q_{\text{NH}}/A_u$	$Q_{\text{NH}}/A_u = 168,09 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 36: pregled rezultatov prvega ukrepa – 3.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	156,97	71,31
Ventilacijske izgube	63,15	28,69
<b>Skupne izgube</b>	<b>220,12</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 37: Izgube in dobitki stavbe po prvem ukrepu – 3.

Ob dodatnem 5 cm sloju so iz rezultatov razvidne manjše razlike kot ob povečanju s 15 na 20 cm. Tu se  $H'_T$  zniža za 2,6 %,  $Q_{NH}$  pa le še za 2,5 % glede na varianto z dimenzijo 20 cm TI, iz česar lahko sklepam, da je pri tem objektu primerna dimenzija izolacije 20–25 cm, s katero se  $Q_{NH}$  zniža za 50-52 % v primerjavi z izhodiščno variatno. Ugotovim pa še pomembno dejstvo, da se toplotna prehodnost  $U$  ne zmanjšuje linerano s povečanjem dimenzije toplotne izolacije, ampak pri postopnem povečevanju limitira proti vrednosti 0. Druge vrednosti energijske bilance so se spremenile minimalno, zato jih v primerjavo vrednosti nisem vključila.

### 5.2.2 Ukrep 2 – IZOLACIJA STREHE OZ. PODSTREŠJA

Ker ima objekt neogrevano podstrešje, ki ni namenjen bivanju se odločim, da bom ustrezno izolirala strop proti podstrešju s slojem toplotne izolacije iz mineralne volne. Najprej preverim ali toplotna prehodnost ustreza z dimenzijama 15 cm in 20 cm.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
smrekove letve	0,03	0,140	0,03	0,140
mineralna volna	0,15	0,041	0,20	0,041
PTL folija	0,002	0,190	0,002	0,190
mavčno kartonske plošče	0,015	0,210	0,015	0,210
	<b><math>U = 0,242</math> (W/m<sup>2</sup>K) &gt;</b> <b><math>U_{max} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>		<b><math>U = 0,187</math> (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b><math>U_{max} = 0,200</math> (W/ m<sup>2</sup>K)</b>	

Preglednica 38: Izoliran strop proti podstrešju – 1.

Ugotovim, da je po PURES-u 2010 toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa ob upoštevanju 15 cm toplotne izolacije iz mineralne volne še vedno presežena. Rezultate najprej preverim z drugo varianto, s katero se toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa zniža za 14-krat v primerjavi z izhodiščno varianto in po PURES-u 2010 ustreza.

Koefficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 67829 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 11898 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 287,56 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 50,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 39: Pregled rezultatov drugega ukrepa – 1.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmissijske izgube	278,11	81,50
Ventilacijske izgube	63,15	18,50
<b>Skupne izgube</b>	<b>341,25</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 40: Izgube in dobitki stavbe po drugem ukrepu – 1.

Rezultati pokažejo, da je poleg izolacije zunanje stene zelo pomemben ukrep tudi izolacija podstrešja, čeprav razlike pri porabi energije za ogrevanje ter v količini transmissijskih izgub niso tako visoke, kar je razumljivo, če primerjamo izolirano površino. S tem ukrepom se glede na izhodiščno stanje transmissijske izgube znižajo za 18,3 % ter  $H'_T$  za 17,9 %, ki sedaj znaša  $1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Letna potrebna energija za ogrevanje  $Q_{NH}$  se zniža za 17,7 % in je skoraj 6-krat presežena. Ventilacijske izgube ter dobitki ostanejo tudi v tem primeru nespremenjeni.

Na obstoječi 20 cm sloj toplotne izolacije dodam še 5 cm obloge in s tem preverim, koliko se dodatno znižajo vrednosti toplotne bilance stavbe.

➤ **Povečanje debeline izolacije na 25 cm,  $U = 0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 67547 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 11898 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 286,36 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 50,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 41: Pregled rezultatov drugega ukrepa – 2.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmisijske izgube	276,90	81,43
Ventilacijske izgube	63,15	18,57
<b>Skupne izgube</b>	<b>340,05</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 42: Izgube in dobitki stavbe po drugem ukrepu – 2.

S povečanjem dimenzije TI in znižanjem toplotne prehodnosti z  $0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$  na  $0,152 \text{ W/m}^2\text{K}$  sem pričakovala nekoliko višje razlike pri rezultatih. Izkazalo se je, da se  $H'_T$  ne zniža,  $Q_{NH}$  pa le za 0,4 %. Tudi razlika pri transmisijskih izgubah je zanemarljiva, nižja za 0,4 %. Ostale vrednosti v energijski bilanci stavbe se ne spremenijo.

Iz dobljenih rezultatov prvih ukrepov ugotovim, da se transmisijske izgube zmanjšujejo nelinearno s povečevanjem dimenzije TI. Razlog za tako nizke razlike gre iskati tudi v površini izoliranega stropa



proti podstrešju. Glede na rezultate lahko sklepam, da bi se pri tem objektu izplačalo uporabiti 15–20 cm izolacije.

### 5.2.3 Ukrep 3 – IZOLACIJA TAL KLETI

Zelo pomembna naloga tal na terenu je, da preprečijo vdor vlage in vode skozi konstrukcijski sklop in prehod toplote. Ker morajo tla na terenu prenesti večje obremenitve, v tem primeru pa je klet namenjena tudi bivanju, uporabim za toplotno izolacijo plošče iz ekspaniranega polisitrena, EPS-100. Za zvočno izolacijo uporabim elastificiran polisitren (stiroestrih). Opazi se tudi, da izhodiščni konstrukcijski sklop nima vgrajene hidroizolacije, zato pod TI vgradim tudi ustrezno hidroizolacijo.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
keramične ploščice	0,015	1,280	0,015	1,280
cementni estrih	0,06	1,400	0,06	1,400
PTL folija	0,002	0,190	0,002	0,190
EPS – 100 (TI)	<b>0,08</b>	0,037	<b>0,10</b>	0,037
EPS – elastificiran (ZI)	<b>0,02</b>	0,043	<b>0,02</b>	0,043
izotekt T4 (HI)	0,01	0,190	1,0	0,190
beton iz kam. agregata	0,10	2,330	10,0	2,330
gosti apnenci, dolomiti	0,20	2,300	20,0	2,300
	<b>U = 0,343 (W/m<sup>2</sup>K) &gt;</b> <b>U<sub>max</sub> = 0,300 (W/ m<sup>2</sup>K)</b>		<b>U = 0,289 (W/m<sup>2</sup>K) &lt;</b> <b>U<sub>max</sub> = 0,300 (W/ m<sup>2</sup>K)</b>	

Preglednica 43: Izolirana tla na terenu – EPS-100.

Za tla na terenu ustreza druga varianta z dimenzijo (TI + ZI) 12 cm. Opazi pa se, da se ob povečanju dimenzij v tem primeru zelo pozna že 2 cm razlike v dimenziji TI, saj se toplotna prehodnost U ob prehodu z 8 na 10 cm debeline TI zniža za 15,7 %. S 13 cm slojem toplotne izolacije pa prehodnost še dodatno zmanjšamo za 19 %, in sicer na 0,234 W/m<sup>2</sup>K, kar pa ne pomeni tako pozitivnih rezultatov pri prihranku energije. Ob ugotovitvah predhodnih rezultatov tu ne pričakujem tako opaznih razlik. Razloga za to sta manjša površina izoliranega dela ter manjše razlike med notranjo in zunanjo temperaturo, saj konstrukcijski sklop meji na zemljinu z relativno konstantno temperaturo.

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 79459 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 11898 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 336,86 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 50,44 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 44: Pregled rezultatov tretjega ukrepa.

Tudi v primeru izolacije tal na terenu edino razliko v energijski bilanci stavbe prikažejo transmisijske izgube, ki sedaj znašajo  $327,66 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  in so od izhodiščne variante nižje za 3,8 %. Ob upoštevanju 10 cm toplotne izolacije ter 2 cm zvočne izolacije se  $Q_{NH}$  zniža za 3,6 % ter  $H'_T$  za 4,3 %.

V primeru prehoda z 10 na 12 cm sloj toplotne izolacije ne pride do opaznih razlik, razen v znižanju  $Q_{NH}$  za 147 kWh, kar pa je zanemarljivo.

#### 5.2.4 Ukrep 4 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

Okna so en izmed bistvenih elementov vsake zgradbe, saj omogočajo dnevno osvetlitev prostorov, vidni stik z okolico, zajem sončne energije in prezračevanje prostorov. Tehnična smernica nam narekuje, da mora arhitekturna zasnova stavbe upoštevati obliko in razmerje zasteklitve, ki mora zagotoviti zahtevano osvetljenost prostorov, obenem pa pozimi zagotoviti čim večje dobitke toplotne energije ter zaščito pred čezmernim sončnim obsevanjem in segrevanjem poleti [8].

#### OKVIR

Toplotna prehodnost okvirja je odvisna od materiala, iz katerega je narejen, in njegove debeline. Ustrezna toplotna zaščita se najlažje doseže pri lesenih okvirjih. Ti dosežejo toplotno prehodnost med  $1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  in  $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ , dokaj enostavno pa jo dosežemo tudi pri okvirjih iz umetnih snovi ( $2\text{--}2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Glede toplotne zaščite so najbolj problematični kovinski okvirji, ki imajo prehodnost ( $3\text{--}6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), kar je zato potrebno prekiniti po celotni površini s toplotnoizolacijskim ločilnim vložkom.

**ZASTEKLITEV**

Pri zasteklitvi je toplotna prehodnost odvisna od števila zasteklitev ter posebnih nanosov nanje, širine medsteklenega prostora in vrste plina med stekli. Najbolj navadna dvojna zasteklitev (termopan) ima toplotno prehodnost približno med 2,5 in 3 W/m<sup>2</sup>K. Pri danes zahtevani energijsko učinkoviti zasteklitvi uporabljamo stekla s posebnimi nizko emisijskimi nanosi, ki zelo zmanjšajo prehod toplote s sevanjem, med stekli pa je plin argon ali kripton, ki tudi zmanjša prehod toplote zaradi gibanja plina.

Odločim se za uporabo lesenih oken s toplotno prehodnostjo okvirja 1,5 W/m<sup>2</sup>K ter stekel s prehodnostjo 1,1 W/m<sup>2</sup>K. Če je okvir v izhodišču 30 % skupne površine okna, dobim toplotno prehodnost  $U = 1,22$  W/m<sup>2</sup>K, ki je ustrezna glede na PURES 2010.

Ker se toplotna prehodnost oken zniža skoraj za trikrat, pričakujem, da se bodo transmisijske izgube znižale in z njimi  $H'_T$ . Z znižanjem g faktorja, ki definira, koliko sončnega sevanja zasteklitev prepušča, in ima sedaj vrednost 0,58, pričakujem tudi nižje solarne dobitke.

Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 1,53$ W/m <sup>2</sup> K	$H'_{T, \max} = 0,38$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 78738$ kWh	$Q_{NH, \max} = 11898$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 333,80$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 50,44$ kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 45: Pregled rezultatov četrtega ukrepa.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	320,14	83,52
Ventilacijske izgube	63,15	16,48
<b>Skupne izgube</b>	<b>383,29</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	65,25

... se nadaljuje

Solarni dobitki	18,65	34,75
<b>Skupni dobitki</b>	<b>53,67</b>	<b>100%</b>

Preglednica 46: Izgube in dobitki stavbe po 4. ukrepu.

Transmisijske izgube se pri izboljšani kvaliteti oken znižajo, in sicer za 8,4 %. Z njimi se za 5,6 % zniža tudi  $H'_T$ . Prihranimo pa 3719 kWh pri letni potrebni toploti za ogrevanje, kar je za 4,5 % manj v primerjavi z izhodišno varianto.

Solarni dobitki se občutno znižajo, za 23,7 %, kar pomeni, da vgradnja ustreznih sodobnih oken opazno vpliva na znižanje solarnih dobitkov in je potrebno izbirati okna s primernimi lastnostmi.

Ker ima stavba zelo majhno površino transparentnih konstrukcijskih sklopov, preverim še, koliko in katere vrednosti se spremenijo, če postopoma po orientacijah povečam odprtine.

### 5.2.5 Ukrep 5 – POVEČANJE ODPRTIN

Pri enaki kvaliteti oken, kot sem jo uporabila pri 4. ukrepu (zamenjava transparentnih KS) in ob povečanju odprtin pričakujem, da se bodo transmisijske izgube, ker je toplotna prehodnost oken nižja od prehodnosti zunanje neizolirane stene, znižale pri vseh orientacijah.

Za boljšo primerjavo rezultatov povečam odprtine vseh strani na enako površino:

- povečanje odprtin na južni strani ( $7,64 \text{ m}^2 \rightarrow 15,28 \text{ m}^2$ ),
- povečanje odprtin na severni strani ( $4,66 \text{ m}^2 \rightarrow 15,28 \text{ m}^2$ ),
- povečanje odprtin na vzhodni strani ( $3,98 \text{ m}^2 \rightarrow 15,28 \text{ m}^2$ ),
- povečanje odprtin na zahodni strani ( $3,61 \text{ m}^2 \rightarrow 15,28 \text{ m}^2$ ).

	$H'_T$ W/m <sup>2</sup> K	$Q_{NH}$ kWh	$Q_{NH}/A_u$ kWh/m <sup>2</sup> a	Transmisij. izgube kWh/m <sup>2</sup> a	Solarni dobitki kWh/m <sup>2</sup> a
Pred povečanjem	<b>1,53</b>	<b>78738</b>	<b>333,80</b>	<b>320,40</b>	<b>18,65</b>
J	1,52	76795	325,57	319,35	27,95
S	1,52	77584	328,91	319,05	23,73

... se nadaljuje

V	1,52	76715	325,23	318,98	28,76
Z	1,52	76445	324,08	318,94	30,19

Preglednica 47: Vpliv povečanja odprtín na energjsko bilanco stavbe 1.

Ugotovim, da se transmisijske izgube ob povečanju odprtín res znižajo pri vseh orientacijah, vendar za minimalne vrednosti. Zniža se tudi letna potrebna toplota za ogrevanje, pričakovano najmanj na severni strani, za 1,5 %, tam so najnižji tudi solarni dobitki. Največji prihranek energije dobimo na zahodni strani (2,9 %), kjer smo odprtine najbolj povečali. Torej je povečanje odprtín na posameznih orientacijah učinkovit ukrep za zmanjšanje toplote za ogrevanje, hkrati pa večji delež transparentnih konstrukcijskih sklopov omogoča boljšo naravno osvetljenost prostorov.

Ker je pri tem objektu delež odprtín res majhen, me zanima, za koliko se vrednosti dodatno spremenijo, če še povečam odprtine, in sicer na J strani za 200%, pri ostalih orientacijah pa na enako vrednost, 22,92 m<sup>2</sup>, in sicer:

- povečanje odprtín na južni strani (7,64 m<sup>2</sup> → 22,92 m<sup>2</sup>),
- povečanje odprtín na severni strani (4,66 m<sup>2</sup> → 22,92 m<sup>2</sup>),
- povečanje odprtín na vzhodni strani (3,98 m<sup>2</sup> → 22,92 m<sup>2</sup>),
- povečanje odprtín na zahodni strani (3,61 m<sup>2</sup> → 22,92 m<sup>2</sup>).

	$H'_T$ W/m <sup>2</sup> K	$Q_{NH}$ kWh	$Q_{NH}/A_u$ kWh/m <sup>2</sup> a	Transmisij. izgube kWh/m <sup>2</sup> a	Solarni dobitki kWh/m <sup>2</sup> a
Pred povečanjem	<b>1,53</b>	<b>78738</b>	<b>333,80</b>	<b>320,40</b>	<b>18,65</b>
J	1,52	74927	317,65	318,56	37,24
S	1,52	76777	325,49	318,25	27,39
V	1,52	75423	319,75	318,18	35,59
Z	1,52	75030	318,09	318,15	37,74

Preglednica 48: Vpliv povečanja odprtín na energjsko bilanco stavbe 2.

Ugotovim, da ob dodatnem povečanju pride do največjih razlik na južni strani, pri čemer z ustrezno energetsko učinkovitimi okni prihranimo 4,8 % energije za ogrevanje v primerjavi z izhodiščno varianto. Najmanjše razlike pa so ob povečanju na severni strani zaradi najnižjih solarnih dobitkov. Tu

prihranimo 2,5 %. V poglavju 5.2.7 (Združitev ukrepov za objekt A) bom združila ukrepe in bom glede na rezultate povečala odprtine, največ na južni in zahodni strani.

### 5.2.6 Ukrep 6 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE

Na koncu teh prvih ukrepov preverim še, kako na porabo energije vpliva, če projektno notranjo temperaturo znižamo z začetne 22 °C podnevi na 21 °C ter 20 °C.

- **Projektna temperatura 21 °C.**

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)
	$Q_h = 75007 \text{ kWh}$

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	311,52	84,32
Ventilacijske izgube	57,94	15,68
<b>Skupne izgube</b>	<b>369,46</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	32,05	58,90
Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 49: Izgube in dobitki stavbe po 6. ukrepu – 1.

- **Projektna temperatura 20 °C.**

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)
	$Q_h = 68096 \text{ kWh}$

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	282,53	84,27
Ventilacijske izgube	52,72	15,73
<b>Skupne izgube</b>	<b>335,25</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	35,02	58,90

... se nadaljuje

Solarni dobitki	24,44	41,10
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,46</b>	<b>100%</b>

Preglednica 50: Izgube in dobitki stavbe po 6. ukrepu – 2.

Rezultati preglednic 49 ter 50 kažejo, kako na porabo energije vpliva znižanje projektne notranje temperature. Iz začete letne potrebne toplote za ogrevanje 82457 kWh se je ta ob znižanju temperature za 1 °C zmanjšala za 9 %, ob dodatnem znižanju pa še za 9,2 %. Koeficient transmisijских izgub ostane v obeh primerih enak, čeprav se transmisijske izgube znižajo. Torej s tem, ko znižamo projektno notranjo temperaturo, nekoliko zmanjšamo tudi prehod toplote skozi ovoj.

Na katero temperaturo se ogreva objekt, je odvisno od dogovora stanovalcev. Menim pa, da je znižanje temperature z 22–23 °C za 1–2 °C učinkovit ukrep za zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje.

### 5.2.7 ZDRUŽITEV UKREPOV ZA OBJEKTA A

Ob koncu analize prvega objekta vse izbrane ukrepe še združim v dveh korakih. Najprej upoštevam le toplotno izolacijo celotnega zunanjskega ovoja, nato dodam še druge tri ukrepe.

Toplotna izolacija:

- zunanje stene – 25 cm ekspandiranega polistirena ( $U = 0,136 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- stropa proti podstrešju – 20 cm mineralne volne ( $U = 0,187 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- tal na terenu – 10 cm ekspandiranega polistirena, 2 cm elastificiranega polistirena ( $U = 0,289 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 22332 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 11898 \text{ kWh}$

... se nadaljuje

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 94,68$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, max} = 50,44$ kWh/m <sup>2</sup> a
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 30,30$ kWh/m <sup>3</sup> a	

Preglednica 51: Pregled rezultatov po treh združenih ukrepih.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	76,93	56,10
Ventilacijske izgube	60,21	43,90
<b>Skupne izgube</b>	<b>137,14</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	27,92	61,23
Solarni dobitki	17,68	38,77
<b>Skupni dobitki</b>	<b>45,60</b>	<b>100%</b>

Preglednica 52: Izgube in dobitki stavbe po treh združenih ukrepih.

Če k toplotni izolaciji zunanjega ovoja dodamo še druge tri ukrepe:

- zamenjava transparentnih konstrukcijskih sklopov (  $U = 1,22$  W/m<sup>2</sup>K ),
- povečanje odprtin na J in Z strani za 200 % ter na V za 100 %,
- znižanje projektne notranje temperature iz 22 °C na 21 °C,

dobimo končne rezultate prvega objekta :

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,36$ W/m <sup>2</sup> K	$H'_{T, max} = 0,40$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_h$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_h = 15769$ kWh	$Q_{h, max} = 11898$ kWh

... se nadaljuje



Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_h/A_u$ , $Q_h/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_h/A_u$	$Q_h/A_u = 66,85$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_h/A_{u, \max} = 50,44$ kWh/m <sup>2</sup> a
	$Q_h/V_e$	$Q_h/V_e = 21,39$ kWh/m <sup>3</sup> a	

Preglednica 53: Pregled rezultatov po združenih ukrepih, objekt 1920.

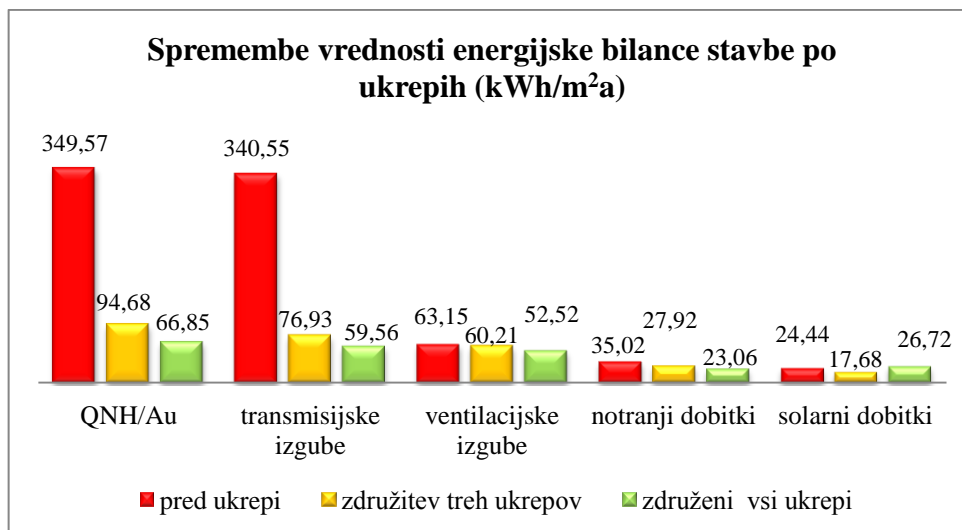
	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	59,56	53,14
Ventilacijske izgube	52,52	46,86
<b>Skupne izgube</b>	<b>112,08</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	23,06	46,32
Solarni dobitki	26,72	53,68
<b>Skupni dobitki</b>	<b>49,78</b>	<b>100%</b>

Preglednica 54: Izgube in dobitki stavbe po združenih ukrepih, objekt 1920

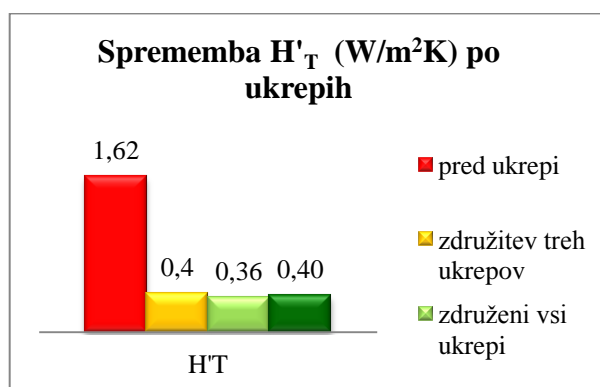
V prvi fazi združitve ukrepov se opazi zelo dobre rezultate. Z aplikacijo izbrane toplotne izolacije po celotnem ovoju stavbe prihranimo 72,9 % energije za ogrevanje. Vrednost 94,68 kWh/m<sup>2</sup>a, ki je skoraj 2-krat presežena, pa uvršča stavbo po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Ur. l. RS, št. 77/2009, 2. 10. 2009) v energijski razred D, kar je za tri razrede boljše od izhodiščne variante. Vrednost transmisijskih izgub je nižja za visokih 77,4 %.

$H'_T$ , ki po prvih treh izbranih ukrepih znaša 0,40 W/m<sup>2</sup>K, se zniža za 75,3 % in se približa dovoljeni vrednosti.

Opazno pa se znižata tudi vrednosti dobitkov, notranji za 20,3 %, solarni za 27,7 %. Slednji se v naslednjem koraku ob upoštevanju povečanja odprtih površin povišajo na 26,72 kWh/m<sup>2</sup>a in se s to vrednostjo približajo izhodiščni varianti. Vse druge vrednosti se ob upoštevanju vseh ukrepov dodatno znižajo, kot je prikazano s slikama 11 in 12. Največja sprememba je v potrebni energiji za ogrevanje, ki se dodatno zniža za 29,4 % glede na upoštevanje TI zunanlega ovoja in je presežena le še za 1,3-krat. Tudi vrednost transmisijskih izgub se zaradi energijsko učinkovitejših oken pozitivno zniža za 22,6 % in s tem  $H'_T$ , ki je z vrednostjo 0,36 (W/m<sup>2</sup>K) znotraj dovoljene vrednosti, ki je zaradi povečanja odprtih površin in s tem z zmanjšanjem površin zunanjih sten nekoliko višja od izhodiščne dovoljene vrednosti. Ta sedaj znaša 0,40 (W/m<sup>2</sup>K).



Slika 11: Graf sprememb vrednosti v energijski bilanci objekta 1920.



Slika 12: Graf spremembe H'<sub>T</sub> objekta 1920.

Z združitvijo treh ukrepov (Toplotna izolacija ovoja stavbe) pomembno vplivamo na potrebno toploto za ogrevanje ter na znižanje transmisijskih izgub (slika 11). Od izbranih ukrepov k pozitivnemu rezultatu največ prispeva TI zunanjih sten, zaradi katere se  $Q_{NH}$  zniža za več kot polovico, najmanj pa prispeva 3. ukrep (TI tal na terenu, preglednica 55). Zelo opazno pa se po prvih treh ukrepih zniža tudi  $H'_T$  (slika12), ki ga z združitvijo vseh ukrepov celo znižamo na dovoljeno vrednost in s tem zadostimo na začetku zastavljenemu kriteriju po PURES-u 2010 za določitev energetske učinkovitosti stavbe, vendar k temu rezultatu ne pripomore znižanje projektne notranje temperature, ki pozitivno vpliva le na znižanje vrednosti  $Q_{NH}$  (preglednica 55). Učinkovitejši ukrepi za znižanje obeh vrednosti so zagotovo tudi 2. ukrep (TI podstrešja), 4. (Zamenjava transparentnih KS) ter 5. (Povečanje odprtín na J, Z in V strani).

Ukrep	Razlog	Pričakovani rezultati	Dejanski rezultati
1 Izolacija zunanje stene (25 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 51,9 %) -enaki solarni dobitki in ventilacijske izgube
2 Izolacija podstrešja (20 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ ( za 17,7 % ) -enaki solarni dobitki
3 Izolacija tal kleti (12 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 3,6 % )
4 Zamenjava transparentnih KS	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ ( za 4,5 % ) -nižji solarni dobitki
5 Povečanje odprtin (J, Z in V)	-zelo nizek delež odprtin -nizki solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -višji solarni dobitki -višje ventilacijske izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 11,4 %) -višji solarni dobitki -enake vent.izgube
6 Znižanje projektne notranje temp. (za 1°C)	- previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 9 %) -nižje transm.izgube -nižje vent.izgube
Združitev vseh ukrepov		- $Q_{NH}$ nižja za 80,88 % - $H'_T$ nižji za 77,78 %	

Preglednica 55: Pregled obravnavanih ukrepov objekta 1920.

### 5.3.0 Ukrepi na objektu B

Tudi pri tem objektu bo smiselno najprej aplicirati toplotno izolacijo na preostali zunanji ovoj in jo povečati na že izoliranem delu, saj je potrebno znižati vrednosti transmisijskih izgub in z njimi  $H'_T$ . Kot v primeru objekta 1920 lahko tudi tu s tem ukrepom pričakujemo pomembno znižanje teh vrednosti. Dodatno bo potrebno izolirati tudi strop proti podstrešju, saj je sedanjih 8 cm mineralne volne nezadostno. Tudi pri novejšem delu stavbe, kjer ima strop proti podstrešju poleg mineralne volne tudi 5 cm ekspaniranega polistirena na notranji strani, bo potrebno povečati dimenzijo izolacije, saj je maksimalna dovoljena toplotna prehodnost presežena.

Glede toplotne prehodnosti so problematični tudi kletni prostori. V tem delu bo potrebno izolirati tla na terenu, čeprav so ta že izolirana v ogrevanem prostoru s 3 cm ekspaniranim polistirenom, kar je nezadostno. Menim, da bo v tem primeru smiselno izolirati tudi strop proti neogrevani kleti, saj meji na zgornje ogrevane prostore.

Transparentni konstrukcijski sklopi v tem primeru niso tako problematični, saj je del njih že zamenjan z ustreznimi. Zagotovo pa je potrebno zamenjati tudi preostali del sklopov, s katerimi bi se morale transmisijske izgube dodatno znižati in s tem tudi  $Q_{NH}$ . Čeprav je njihova površina veliko večja kot pri prvem objektu, bom preverila, ali na znižanje  $Q_{NH}$  tudi tu vpliva povečanje odprtin.

Zadnji ukrep bo znižanje projektne notranje temperature.

#### 5.3.1 Ukrep 1 – IZOLACIJA ZUNANJE STENE

Novejši del stavbe je že izoliran s 5 cm ekspaniranimi polistirenskimi ploščami na zunanji strani, kar je zagotovo nezadostno. Zato ta del dodatno izoliram s 7 cm oblogo iz neoporja. Preostali, starejši del stavbe, pa dodatno izoliram z 12 cm oblogo fasadnih plošč iz ekspaniranega polistirena z dodatki za izboljšano toplotno izolativnost (Fragmat neo super F-P), tako da je po celotnem objektu konstantna dimenzija toplotne izolacije. Za podzidek ter vkopani del kleti uporabim ekstrudiran polistiren (Termodur in Stirocokl).

Ker ima stavba že izolacijo na zunanji strani in je v bivalni funkciji, bi bilo nesmiselno apliciranje izolacije na notranjo stran.

Za izolacijo iz neoporja sem se odločila zato, ker te plošče omogočajo enako toplotno izolativnost ob tanjših slojih kot npr. navadni ekspaniran polistiren. Objekt ima na vseh straneh orientirane balkonske površine z manjšo širino, zato bi z večjo dimenzijo izolacije še dodatno zmanjšala njihovo širino, tega pa ne želim. Tudi stopniščni del na severni strani ima manjšo širino in večja debelina TI ne pride v upoštevanje.



Slika 13 – Fragmat neo super F-P.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,01	0,850	0,01	0,850
mrežasti opečni votlak	0,30	0,520	0,30	0,520
fragmat neo super F-P	0,12	0,032	0,15	0,032
plemenita fasadna malta	0,01	0,700	0,01	0,700
	$U = 0,221$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)		$U = 0,183$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)	

Preglednica 56: Izolirana zunanja stena – 106,26 m<sup>2</sup>.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,01	0,850	0,01	0,850
mrežasti opečni votlak	0,30	0,520	0,30	0,520
ekspandiran polistiren	0,05	0,041	0,05	0,041
fragmat neo super F-P	0,07	0,032	0,10	0,032
plemenita fasadna malta	0,01	0,700	0,01	0,700
	$U = 0,239$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)		$U = 0,195$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)	

Preglednica 57: Izolirana zunanja stena – 69,41 m<sup>2</sup>.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
mavčno kartonske plošče	0,01	0,210	0,01	0,210
ekspandiran polistiren	0,03	0,041	0,03	0,041
beton iz kam. agregata	0,30	2,040	0,30	2,040
bitumen	0,003	0,190	0,003	0,190
izotekt T4	0,01	0,190	0,01	0,190
termodur	0,10	0,035	0,12	0,035
pesek in droban prodec	0,20	1,400	0,20	1,400
	$U = 0,249$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)		$U = 0,218$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,280$ (W/ m <sup>2</sup> K)	

Preglednica 58: Izolirana kletna stena – OC; 25,18 m<sup>2</sup>.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
podaljšana apnena malta	0,01	0,850	0,01	0,850
beton iz kam. agregata	0,30	2,040	0,30	2,040
bitumen	0,003	0,190	0,003	0,190
izotekt T4	0,01	0,190	0,01	0,190
termodur	0,10	0,035	0,12	0,035
pesek in droban prodec	0,20	1,400	0,20	1,400
	$U = 0,307$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,350$ (W/ m <sup>2</sup> K)		$U = 0,261$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,350$ (W/ m <sup>2</sup> K)	

Preglednica 59: Izolirana kletna stena – NC; 38,26 m<sup>2</sup>.

Povedati je potrebno, da je pri ogrevani coni upoštevana tudi 15,07 m<sup>2</sup> podzidka, izoliranega z 10 cm ekstrudiranim polistirenom s toplotno prehodnostjo  $U = 0,259$  W/m<sup>2</sup>K. Pri neogrevani kleti pa 21,35 m<sup>2</sup> podzidka s toplotno prehodnostjo  $U = 0,323$  W/m<sup>2</sup>K.

Ob upoštevanju novih konstrukcijskih sklopov zunanjih sten z začetno dimenzijo TI 12 cm ter 10 cm v kletnih prostorih dobim skupno toplotno prehodnost zunanje stene:

- OC z OK –  $U = 0,233$  W/m<sup>2</sup>K,
- NK –  $U = 0,313$  W/m<sup>2</sup>K,

- neogrevano podstrešje –  $U = 0,221 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,

in naslednje rezultate:

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 24797 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u$ , $Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 125,24 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 41,86 \text{ kWh/m}^3\text{a}$	

Preglednica 60: Pregled rezultatov prvega ukrepa.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmissijske izgube	123,45	68,46
Ventilacijske izgube	56,86	31,53
<b>Skupne izgube</b>	<b>180,32</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	26,62	43,70
Solarni dobitki	34,29	56,30
<b>Skupni dobitki</b>	<b>60,91</b>	<b>100%</b>

Preglednica 61: Izgube in dobitki prvem ukrepu – 1.

Po pričakovanju se občutno znižajo transmissijske izgube v primerjavi z izhodiščno varianto, saj so zunanje stene enako kot v primeru objekta iz leta 1920 največji delež zunanjega ovoja. Izgube se znižajo za 44,2 %. Pozitivni rezultat prikaže tudi koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub  $H'_T$ , ki se zniža za 41,6 % in je za 1,5-krat presežen. S to vrednostjo pa kaže, da je skozi toplotni ovoj stavbe še vedno največ izgub, iz česar lahko sklepam, da je trenutna izbrana dimenzija izolacije nezadostna, zato jo povečam.

Ventilacijske izgube, ki se nanašajo na urno izmenjavo zraka, se znižajo za 3,6 %. Vrednost notranjih dobitkov je nižja za 13,3 %, še bolj opazno pa se znižajo solarni dobitki, za 18,2 %.

Ob dodatni aplikaciji toplotne izolacije na zunanje stene se poraba energije za ogrevanje zniža za 42,2 % in sedaj znaša 125,24 kWh/m<sup>2</sup>a, kar je le še dvakrat previsoka, stavba pa se s to vrednostjo uvrsti za razred višje v energetske izkaznici, v razred E.

➤ **Povečanje dimenzije izolacije na 15 cm (fragmat neo super F-P) in 12 cm (ekstrudiran polisitiren-termodur v kleti):**

- OC z OK –  $U = 0,194 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- NK –  $U = 0,266 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- del pri podstrešju –  $U = 0,183 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 23819 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 120,30 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 62: Pregled rezultatov prvega ukrepa – 2.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	118,08	67,58
Ventilacijske izgube	56,65	32,42
<b>Skupne izgube</b>	<b>174,73</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	26,32	43,81
Solarni dobitki	33,75	56,18
<b>Skupni dobitki</b>	<b>60,08</b>	<b>100%</b>

Preglednica 63: Izgube in dobitki po prvem ukrepu – 2.



Iz rezultatov ugotovim, da je sedanja izolacija res nezadostna. Ob povečanju le-te na 15 cm oz. na 12 cm v kletnih prostorih dodatno znižam vrednost  $H'_T$  za 3,4 % ter  $Q_{NH}$  za 3,9 % glede na prvo varianto. Ventilacijske izgube ter vrednosti dobitkov se znižata za minimalno vrednost. Opaznejše se zniža vrednost transmisijskih izgub, za 4,4 %.

Tudi v tem primeru zaradi pozitivnih rezultatov v nadaljevanju preverim, ali bi bilo smiselno še dodatno povečati dimenzijo izolacije.

➤ **Povečanje dimenzije izolacije na 20 cm (fragmat neo super F-P) in 15 cm (ekstrudiran polistiren-termodur):**

- OC z OK –  $U = 0,153 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- NK –  $U = 0,218 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- del pri podstrešju –  $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 22794 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 115,12 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 64: Pregled rezultatov prvega ukrepa – 3.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmisijske izgube	112,46	66,58
Ventilacijske izgube	56,44	33,42
<b>Skupne izgube</b>	<b>168,90</b>	<b>100%</b>

... se nadaljuje

Notranji dobitki	26,03	43,95
Solarni dobitki	33,20	56,05
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,23</b>	<b>100%</b>

Preglednica 65: Izgube in dobitki po prvem ukrepu – 3.

Posledica dodatnega sloja toplotne izolacije so nekoliko višje razlike pri analizi rezultatov. Razlog za to je večja razlika v dimenziji dodatnega sloja kot ob prehodu z 12 cm na 15 cm. Tu se  $H'_T$  zniža za dodatnih 5,3 %,  $Q_{NH}$  pa za 4,3 % glede na drugo variatno. Edina opaznejša razlika v energijski bilanci je vrednost transmisijskih izgub, ki se znižajo za dodatnih 4,8 %.

Glede na rezultate vseh treh variant prvega ukrepa ugotovim, da bi bilo pri tem objektu smiselno uporabiti izolacijo dimenzij 20 cm na zunanjih opečnih stenah ter 12–15cm na kletnih stenah.

### 5.3.2 Ukrep 2 – IZOLACIJA PODSTREŠJA

Strop proti podstrešju je v tem primeru že izoliran z 8 cm slojem mineralne volne, v novejšem delu objekta pa še z dodatnim 5 cm ekspanziranim polistirenom na notranji, toplejši strani. Kljub temu je toplotna prehodnost previsoka. Ta v starejšem delu znaša  $0,383 \text{ W/m}^2\text{K}$  ter v novejšem  $0,287 \text{ W/m}^2\text{K}$ . V prvi varianti dimenzijo toplotne izolacije na neogrevanem podstrešju povečam za 12 cm, tako da je skupna debelina 20 cm ter v drugi varianti na skupno debelino 25 cm.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
apnena malta	0,02	0,810	0,02	0,810
beton iz kamnitega agregata	0,16	2,040	0,16	2,040
perlitna malta	0,05	0,130	0,05	0,130
PTL folija	0,002	0,190	0,002	0,190
mineralna volna	0,20	0,041	0,25	0,041
	$U = 0,180 \text{ ( W/m}^2\text{K )} <$ $U_{\max} = 0,200 \text{ ( W/ m}^2\text{K )}$		$U = 0,148 \text{ ( W/m}^2\text{K )} <$ $U_{\max} = 0,200 \text{ ( W/ m}^2\text{K )}$	

Preglednica 66: Izoliran strop proti podstrešju,  $55,69 \text{ m}^2$ .

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
mavčno kartonske plošče	0,0125	0,210	0,0125	0,210
ekspandiran polistiren	0,05	0,041	0,05	0,041
beton iz kamnitega agregata	0,18	2,040	0,18	2,040
PTL folija	0,002	0,2	0,002	0,2
mineralna volna	0,20	0,041	0,25	0,041
	$U = 0,156$ ( W/m <sup>2</sup> K ) < $U_{\max} = 0,200$ ( W/ m <sup>2</sup> K )		$U = 0,131$ ( W/m <sup>2</sup> K ) < $U_{\max} = 0,200$ ( W/ m <sup>2</sup> K )	

Preglednica 67: Izoliran strop proti podstrešju, 34,1 m<sup>2</sup>.

Z dimenzijo 20 cm dobim skupno toplotno prehodnost stropa proti neogrevanem podstrešju,

$U = 0,171$  W/m<sup>2</sup>K in naslednje rezultate:

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
		$H'_T = 0,96$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
		$Q_{NH} = 40877$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
		$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 206,45$ kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 68: Pregled rezultatov drugega ukrepa – 1.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	210,46	78,16
Ventilacijske izgube	58,81	21,84
<b>Skupne izgube</b>	<b>269,27</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	30,32	42,42

... se nadaljuje

Solarni dobitki	41,16	57,58
<b>Skupni dobitki</b>	<b>71,48</b>	<b>100%</b>

Preglednica 69: izgube in dobitki stavbe po drugem ukrepu – 1.

Iz dobljenih rezultatov ugotovim, da se s povečanjem TI podstrešja za 12 cm  $H'_T$  v primerjavi z izhodiščnimi rezultati zniža za 4,9 % in sedaj znaša  $0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Letna potrebna toplota za ogrevanje pa za 4,7 % in je še vedno skoraj 4-krat previsoka. Ob primerjavi s prejšnjim objektom predpostavim, da dodatno povečanje debeline TI ne bo bistveno vplivalo na trenutne rezultate.

Ventilacijske izgube ter dobitki se v tem primeru spremenijo za minimalne vrednosti.

➤ **Povečanje debeline izolacije na 25 cm,  $U = 0,141 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 40610 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 205,10 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 70: Pregled rezultatov drugega ukrepa- 2.

Z dodatnim povečanjem dimenzije TI na 25 cm pomembneje ne prispevamo k zmanjšanju porabe energije. Pri letni potrebni toploti za ogrevanje privarčujemo 0,6 % glede na prvo varianto, za kar lahko rečemo, da je zanemarljivo. Vrednost  $H'_T$  ostane enaka, kar pomeni, da se več kot 20 cm TI za strop proti neogrevanemu podstrešju v tem primeru ne izplača. Ventilacijske izgube ter dobitki ostanejo nespremenjeni.

### 5.3.3 Ukrep 3 – IZOLACIJA TAL KLETI

Tudi pri tem objektu je konstrukcijski sklop tal na terenu neustrezen. Opazi se, da poleg TI manjkata tudi hidroizolacija ter zvočna izolacija, zato za HI uporabim trak izotekt T4, za ZI pa 2 cm elastificiranega polistirena kot v primeru objekta A. Ker pa so prostori tega objekta dodatno obremenjeni, uporabim za toplotno izolacijo plošče EPS – 150.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)
trde plošče iz les.vlaken	0,018	0,190	0,018	0,190
PTL folija	0,002	0,190	0,002	0,190
EPS - 150	0,08	0,037	0,10	0,037
EPS – elastificiran (ZI)	0,02	0,043	0,02	0,043
izotekt T4	0,01	0,190	0,01	0,190
beton iz kam. agregata	0,12	2,040	0,12	2,040
beton iz kam. agregata	0,08	0,930	0,08	0,930
pesek in droban prodec	0,20	1,400	0,20	1,400
	<b>U = 0,308</b> ( W/m <sup>2</sup> K ) < <b>U<sub>max</sub> = 0,300</b> ( W/ m <sup>2</sup> K )		<b>U = 0,260</b> ( W/m <sup>2</sup> K ) < <b>U<sub>max</sub> = 0,300</b> ( W/ m <sup>2</sup> K )	

Preglednica 71: Tla na terenu – 21,56 m<sup>2</sup>.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (cm)	$\lambda$ (W/mK)
keramične ploščice	0,01	1,280	0,01	1,280
cementni estrih	0,05	1,400	0,05	1,400
PTL folija	0,002	0,190	0,002	0,190
EPS 150	0,08	0,037	0,10	0,037
EPS – elastificiran (ZI)	0,02	0,043	0,02	0,043
izotekt T4	0,01	0,190	0,01	0,190
beton iz kam. agregata	0,12	2,040	0,12	2,040
beton iz kam. agregata	0,08	0,930	0,08	0,930
pesek in droban prodec	0,20	1,400	0,20	1,400
	<b>U = 0,313</b> ( W/m <sup>2</sup> K ) < <b>U<sub>max</sub> = 0,350</b> ( W/ m <sup>2</sup> K )		<b>U = 0,264</b> ( W/m <sup>2</sup> K ) < <b>U<sub>max</sub> = 0,350</b> ( W/ m <sup>2</sup> K )	

Preglednica 72: Tla na terenu – 49,07 m<sup>2</sup>.

Ugotovim, da po PURES-u 2010 ustreza druga varianta z dimenzijo 10 cm toplotne izolacije iz ekspaniranega polistirena in z 2 cm zvočne izolacije iz elastificiranega polistirena tako pri ogrevani kleti (21,56 m<sup>2</sup>) kot tudi pri neogrevani (49,07 m<sup>2</sup>). Skupna toplotna prehodnost znaša 0,263 W/m<sup>2</sup>K in ob upoštevanju novih podatkov dobim naslednje rezultate.

Koefficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a	
	$H'_T = 0,94 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena	
	$Q_{NH} = 39732 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 200,67 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 73: Pregled rezultatov tretjega ukrepa – 1.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmissijske izgube	204,30	77,69
Ventilacijske izgube	58,67	22,31
<b>Skupne izgube</b>	<b>262,97</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	30,04	42,44
Solarni dobitki	40,74	57,56
<b>Skupni dobitki</b>	<b>70,78</b>	<b>100%</b>

Preglednica 74: Izgube in dobitki stavbe tretjega ukrepa – 1.

Z ustrezno toplotno izolacijo znižamo  $H'_T$  za 6,9 % in prihranimo 7,4 % letne potrebne toplote za ogrevanje v primerjavi z izhodiščno varianto, kar je več, kot v primerjavi s prvim obravnavanim objektom, kjer so bile te vrednosti zanemarljive. Rezultati energijske bilance, čeprav za minimalno, kažejo na znižanje vseh vrednosti. Edina, nekoliko višja razlika je v transmissijskih izgubah, ki sedaj znašajo 204,30 kWh/m<sup>2</sup>a.

Ker so razlike ob tej aplikaciji pri tem objektu opaznejše, preverim še, koliko se poveča prihranek, če toplotno prehodnost v drugem koraku znižam proti  $0,200 \text{ W/m}^2\text{K}$ , kar dosežem s povečanjem dimenzije TI + ZI na 15 cm.

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_h = 39629 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 200,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 75: Pregled rezultaov tretjega objekta – 2.

S 3 cm dodanim slojem toplotne izolacije in s tem znižanjem toplotne prehodnosti za  $0,05 \text{ W/m}^2\text{K}$  (19 %) ne pride do opaznejših razlik v energijski bilanci stavbe. V primerjavi s prvo varianto se  $H'_T$  zniža za 0,1 % ob znižanju transmissijskih izgub za  $0,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Zanemarljivo se znižajo tudi ostale vrednosti.

Glede na dobljene rezultate ugotovim, da za konstrukcijski sklop tal na terenu večja dimenzija TI kot 10 cm ni potrebna.

#### 5.3.4 Ukrep 4 – IZOLACIJA STROPA OGREVANE CONE PROTI NEOGREVANI KLETI (OC – NK)

V dejanskem konstrukcijskem sklopu (preglednica 18) smo lahko opazili, da je na strop med conama trenutno nameščeno 2,5 cm kamene volne. S to dimenzijo prehod toplote ni zadostno preprečen, zato bo potrebno povečati dimenzijo izolacije. Ker pa so tla v bivalnih prostorih nad hladno kletjo neprijetna za bivanje, bom s tem ukrepom povišala tudi temperaturo tal v bivalnem prostoru.

Za toplotno izolacijo izberem plošče iz kamene volne in iz dveh plasti lesno-cementne volne kombi-T, ki jih namestim na hladnejšo, kletno stran.



Slika 14: Plošča kombi-T.

Material	Varianta 1		Varianta 2	
	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)	Debelina (m)	$\lambda$ (W/mK)
hrastov parket	0,025	0,210	0,025	0,210
perlitna malta	0,04	0,130	0,04	0,130
kamena volna	0,025	0,038	0,025	0,038
beton iz kamnitega agregata	0,18	2,040	0,18	2,040
kombi-T	0,08	0,040	0,15	0,040
	$U = 0,299$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,350$ (W/m <sup>2</sup> K)		$U = 0,196$ (W/m <sup>2</sup> K) < $U_{\max} = 0,350$ (W/m <sup>2</sup> K)	

Preglednica 76: Izoliran strop proti neogrevani kleti.

Z dodatnim 8 cm slojem TI proti hladni kleti znižam toplotno prehodnost konstrukcijskega sklopa za 59,9 % in sedaj znaša 0,299 W/m<sup>2</sup>K, ki glede po PURES-u 2010 ustreza. V programu zato najprej upoštevam prvo varianto.

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
		$H'_T = 0,96$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
		$Q_{NH} = 40991$ kWh

... se nadaljuje



Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 207,02$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, max} = 55,14$ kWh/m <sup>2</sup> a

Preglednica 77: Pregled rezultatov četrtega ukrepa.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	210,86	78,18
Ventilacijske izgube	58,84	21,82
<b>Skupne izgube</b>	<b>269,70</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	30,38	42,61
Solarni dobitki	40,91	57,39
<b>Skupni dobitki</b>	<b>71,30</b>	<b>100%</b>

Preglednica 78: Izgube in dobitki stavbe po četrtem ukrepu.

Iz zgornjih rezultatov lahko ugotovimo, da k znižanju potrebne toplote za ogrevanje prispeva tudi ustrezna izolacija stropa hladne kleti.  $H'_T$  se zniža za 4,9 %, letno pa prihranimo 4,4 % potrebne energije za ogrevanje v primerjavi z izhodiščno varianto. Najbolj opazno se po pričakovanjih znižajo transmisijske izgube, ki so se od začetnih 221,34 kWh/m<sup>2</sup>a znižale za 4,7 %. Ventilacijske izgube se znižajo minimalno (0,15 kWh/m<sup>2</sup>a), enako tudi notranji dobitki (0,32 kWh/m<sup>2</sup>a). Nekoliko bolj opazno se znižajo solarni dobitki, za 1,01 kWh/m<sup>2</sup>a oz. za 2,4 % in sedaj znašajo 40,91 kWh/m<sup>2</sup>a.

Glede na rezultate ugotovim, da je 4.ukrep učinkovit pri zmanjševanju potrebne energije za ogrevanje. Menim pa, da več kot 8 cm izolacije v tem primeru ni potrebno, ker z dodatnim povečanjem dimenzije TI ne pripevamo več opazno k prihranku energije. S tem, ko sem preverila rezultate z drugo varianto, z znižanjem toplotne prehodnosti proti 0,2 W/m<sup>2</sup>K, se je  $H'_T$  v primerjavi z prvo varianto znižal le še za 1 %, privarčevalo pa se je 1,2 % letne potrebne energije za ogrevanje.

### 5.3.5 Ukrep 5 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

Površina transparentnih konstrukcijskih sklopov tega objekta je bistveno večja kot pri objektu iz leta 1920. Skupna površina je 40,1 m<sup>2</sup>, kar je 11,34 % celotne površine. Del oken je pri tem objektu že zamenjan z ustreznimi, ki imajo skupno toplotno prehodnost 1,1 W/m<sup>2</sup>K, zato tudi preostali del (18,61 m<sup>2</sup>) zamenjam z enakimi, plastičnimi, ki imajo  $U$ , 1,1 W/m<sup>2</sup>K ter g-faktor zasteklitve 0,58.

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a	
	$H'_T = 0,93 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena	
	$Q_{NH} = 40373 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 203,91 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 55,14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 79: Pregled rezultatov petega ukrepa.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmissijske izgube	205,05	77,63
Ventilacijske izgube	59,08	22,37
<b>Skupne izgube</b>	<b>264,12</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	30,88	45,33
Solarni dobitki	37,24	54,67
<b>Skupni dobitki</b>	<b>68,12</b>	<b>100%</b>

Preglednica 80: Izgube in dobitki stavbe po petem ukrepu.

Po pričakovanjih se ob zamenjavi drugih transparentnih konstrukcijskih sklopov zniža  $H'_T$ , in sicer za 7,9 %.  $Q_{NH}$  sedaj znaša 40373 kWh in se je v primerjavi z začetno znižala za 5,9 %, kar je glede na zamenjano površino in znižanje toplotne prehodnosti pozitiven rezultat.

Največja sprememba v energijski bilanci stavbe je vrednost solarnih dobitkov, ki se zaradi nižjega g-faktorja znižajo za 11,2 %. Transmissijske izgube pa so nižje za 7,4 % v primerjavi z izhodiščno varianto.

Čeprav je površina transparentnih KS tega objekta večja, menim, da bi s povečanjem odprtih lahko še dodatno prispevali k znižanju porabe energije za ogrevanje. Zato sledi šesti ukrep, v katerem bom povečala odprtine, podobno kot v primeru prvega obravnavanega objekta, postopoma po orientacijah.

### 5.3.6 Ukrep 6 – POVEČANJE ODPRTIN

Pri enaki kvaliteti oken, kot sem jo uporabila pri 5. ukrepu, in ob povečanju odprtin ter glede na rezultate, ki sem jih dobila pri prvem objektu, pričakujem, da se bodo transmisijske izgube znižale. Razlog za to je v nižji toplotni prehodnosti transparentnih KS kot pri skupni prehodnosti zunanjih sten, saj s tem, ko povečamo odprtine transparentnih KS, obratno znižamo površino netransparentnih KS. Z večjim deležem odprtin se morajo občutno povišati tudi solarni dobitki. Pričakujem pa, da bo poraba energije za ogrevanje tako kot v prejšnjem primeru manjša pri vseh orientacijah.

Za boljšo primerjavo rezultatov, povečam odprtine pri vseh straneh na enako površino, in sicer:

- povečanje odprtin na južni strani ( 13,63 m<sup>2</sup> → 20,45 m<sup>2</sup> ),
- povečanje odprtin na severni strani ( 9,52 m<sup>2</sup> , → 20,45 m<sup>2</sup> ),
- povečanje odprtin na vzhodni strani ( 10,50 m<sup>2</sup> → 20,45 m<sup>2</sup> ),
- povečanje odprtin na zahodni strani ( 6,415 m<sup>2</sup> → 20,45 m<sup>2</sup> ).

	$H'_T$ W/m <sup>2</sup> K	$Q_h$ kWh	$Q_h/A_u$ kWh/m <sup>2</sup> a	Transmisij. izgube kWh/m <sup>2</sup> a	Solarni dobitki kWh/m <sup>2</sup> a
Pred povečanjem	<b>0,93</b>	<b>40373</b>	<b>203,91</b>	<b>205,05</b>	<b>37,24</b>
J	0,93	39091	197,43	203,35	43,51
S	0,94	39717	200,59	203,79	40,40
V	0,94	39224	198,10	202,76	42,54
Z	0,94	38529	194,91	201,88	45,65

Preglednica 81: Vpliv povečanja odprtin na energjsko bilanco stavbe.

Ugotovim, da se pri povečanju odprtin, čeprav vrednosti transmisijskih izgub kažejo na nižje vrednosti,  $H'_T$  poviša za 1 % pri vseh orientacijah, razen na južni strani. Do največjega prihranka energije pride na zahodni strani, kjer so tudi najvišji solarni dobitki ter najnižje transmisijske izgube. Tu se  $Q_{NH}$  zniža za 4,4 %. Nekoliko manj, za 3,2 %, se zniža na južni strani, za 2,8 % na vzhodni strani, najnižje prihranke pa dobimo na severni strani, 1,6 %.

Torej v tem primeru lahko povzamemo, da je povečanje odprtin na J, V in Z strani učinkovit ukrep pri zmanjšanju porabe energije za ogrevanje.

### 5.3.7 Ukrep 7 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE

Na koncu drugega sklopa ukrepov preverim še, kako na porabo energije vpliva, če znižamo projektno notranjo temperaturo z začetne 22 °C podnevi na 21 °C ter 20 °C. Iz lastnih izkušenj vem, da v tem objektu projektna notranja temperatura v ogrevalni sezoni ne preseže 21 °C.

- **Projektna temperatura 21 °C.**

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)
	$Q_{NH} = 39085 \text{ kWh}$

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	200,89	78,91
Ventilacijske izgube	53,68	21,09
<b>Skupne izgube</b>	<b>254,57</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	27,95	43,39
Solarni dobitki	36,46	56,61
<b>Skupni dobitki</b>	<b>64,41</b>	<b>100%</b>

Preglednica 82: Izgube in dobitki stavbe po 7. ukrepu – 1.

- **Projektna temperatura 20 °C.**

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)
	$Q_h = 35369 \text{ kWh}$

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	181,62	78,89
Ventilacijske izgube	48,61	21,11
<b>Skupne izgube</b>	<b>230,23</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	25,34	44,56
Solarni dobitki	31,53	55,44
<b>Skupni dobitki</b>	<b>56,87</b>	<b>100%</b>

Preglednica 83: Izgube in dobitki stavbe po 7. ukrepu – 2.

Kot v prejšnjem primeru tudi tu znižanje projektne notranje temperature vpliva na prihranek energije za ogrevanje. Potrebna letna toplota za ogrevanje se ob znižanju za 1 °C občutno zmanjša. Iz začetne  $Q_{NH}$ , ki je znašala 42894 kWh, se ta zniža za 8,9 % ter ob dodatnem znižanju še za 9,5 %.

Ob znižanju transmisijskih izgub za 18 % zaradi znižanja na 20°C glede na izhodiščno varianto  $H'_T$  ostane enak.

### 5.3.8 ZDRUŽITEV UKREPOV OBJEKTA B

Ob samem koncu analize drugega objekta vse izbrane ukrepe še združim v dveh korakih. Najprej upoštevam toplotno izolacijo celotnega zunanega ovoja ter izolacijo med ogrevano in neogrevano cono in nato dodam še preostale tri ukrepe:

- izolacija zunanje stene – 20 cm ekspandiranega polistirena (fragmat neo super F–P) in 15 cm ekstrudiranega polistirena (termodur in stirocokel):
  - OC z OK ( $U = 0,153 \text{ W /m}^2\text{K}$ ),
  - NK ( $U = 0,218 \text{ W /m}^2\text{K}$ ),
  - stena podstrešnega dela ( $U = 0,142 \text{ W /m}^2\text{K}$ );
- izolacija stropa proti podstrešju – 20 cm mineralne volne ( $U = 0,171 \text{ W /m}^2\text{K}$ ):
- izolacija tal na terenu – 10 cm EPS z 2 cm elastificiranega polistirena (ZI) - 150 ( $U = 0,287 \text{ W /m}^2\text{K}$ );
- izolacija stropa neogrevane kleti – 8 cm kombi-T ( $U = 0,299 \text{ W /m}^2\text{K}$ ):

Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 18336 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 10918 \text{ kWh}$

... se nadaljuje

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 92,61$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, max} = 55,14$ kWh/m <sup>2</sup> a
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 30,95$ kWh/m <sup>3</sup> a	

Preglednica 84: Pregled rezultatov po združenih štirih ukrepih.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	87,76	61,37
Ventilacijske izgube	55,25	38,63
<b>Skupne izgube</b>	<b>143,01</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,75	44,68
Solarni dobitki	30,64	55,32
<b>Skupni dobitki</b>	<b>55,39</b>	<b>100%</b>

Preglednica 85: Izgube in dobitki stavbe po združenih štirih ukrepih.

Če k toplotni izolaciji zunanje ovoja dodamo še preostale tri ukrepe:

- zamenjava transparentnih konstrukcijskih sklopov ( $U = 1,1$  W/m<sup>2</sup>K),
- povečanje odprtih na J in V za 50 % ter na Z za 100%,
- znižanje projektne notranje temperature iz 22 °C na 21 °C,

pa dobimo končne rezultate drugega objekta :

Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,40$ W/m <sup>2</sup> K	$H'_{T, max} = 0,40$ W/m <sup>2</sup> K

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 13998$ kWh	$Q_{NH, max} = 10918$ kWh

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u$ , $Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 70,70$ kWh/m <sup>2</sup> a	$Q_{NH}/A_{u, max} = 55,14$ kWh/m <sup>2</sup> a
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 23,63$ kWh/m <sup>3</sup> a	

Preglednica 86: Pregled rezultatov po združenih ukrepih za objekt B.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	70,50	59,07
Ventilacijske izgube	48,84	40,93
<b>Skupne izgube</b>	<b>119,34</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	21,38	39,69
Solarni dobitki	32,49	60,31
<b>Skupni dobitki</b>	<b>53,87</b>	<b>100%</b>

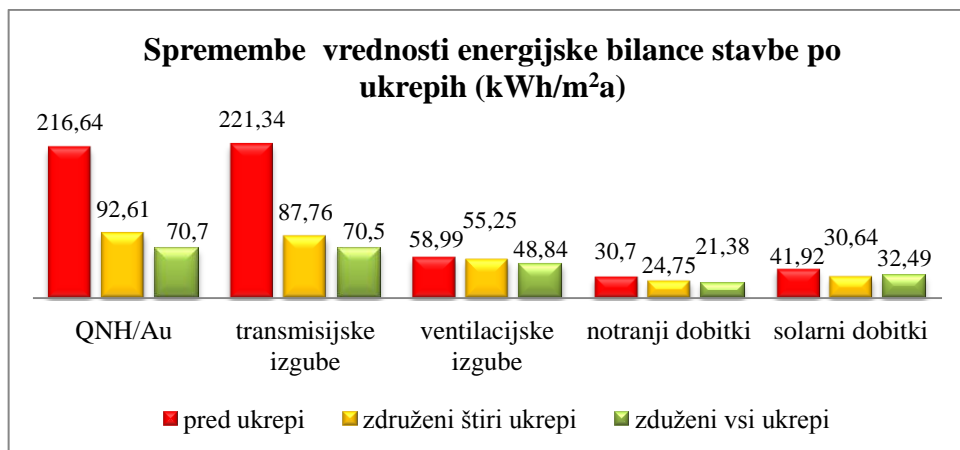
Preglednica 87: Izgube in dobitki stavbe po združenih ukrepih za objekt B.

Tudi pri objektu B združeni ukrepi prikažejo zelo pozitivne rezultate. V prvem sklopu ukrepov je tu upoštevana tudi toplotna izolacija med ogrevano cono ter neogrevano kletjo. Z aplikacijo izbrane toplotne izolacije se prihrani 57,2 % energije za ogrevanje, ki po štirih ukrepih znaša 92,61 kWh/m<sup>2</sup>a in se s to vrednostjo uvrsti v energijski razred D, kar je za tri razrede višje od izhodiščne variante, enako kot prvi obravnavani objekt.

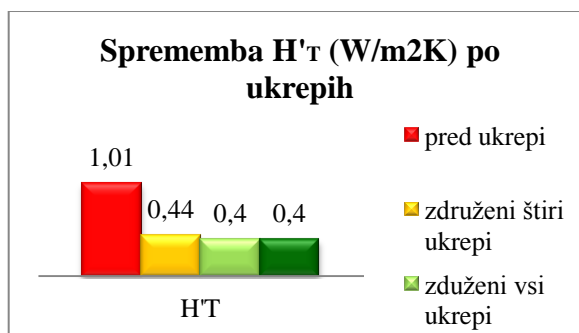
Najbolj opazno se znižajo transmisijske izgube, za 60,3 %, kar je visoka vrednost glede na to, da je del hiše izoliran že v izhodiščni varianti, kar samo potrjuje dejstvo, da so dimenzije obstoječe izolacije nezadostne.

$H'_T$ , ki znaša sedaj 0,44 W/m<sup>2</sup>K, se zniža za 56,4 % in se približa dovoljeni vrednosti.

Opazno pa se znižata tudi vrednosti dobitkov. Notranji za 19,4 % ter solarni za 26,9 %, pri slednjih je to posledica velike površine, ki sem jo izolirala. Tudi v tem primeru se v naslednjem koraku povišajo zaradi povečanja odprtih, vendar za minimalno vrednost. Vse druge vrednosti se ob upoštevanju vseh ukrepov dodatno znižajo, kot je prikazano na slikah 15 in 16. Največja sprememba je v potrebni energiji za ogrevanje, ki se dodatno zniža za 23,7 % in je presežena le še za 1,3-krat. Tudi vrednost transmisijskih izgub se zaradi energijsko učinkovitejših oken pozitivno zniža za 19,7 % in s tem  $H'_T$ , ki je z vrednostjo 0,40 (W/m<sup>2</sup>K) na ravni dovoljene vrednosti.



Slika 15: Graf sprememb vrednosti v energijski bilanci stavbe B.



Slika 16: Graf spremembe  $H'_T$ , objekt B.

Z združitvijo štirih ukrepov (toplotna izolacija ovoja stavbe z izolacijo kletnega stropa) bistveno vplivamo na potrebno toploto za ogrevanje ter na znižanje transmisijskih izgub (slika 15). Od izbranih ukrepov k temu pozitivnemu rezultatu največ prispeva 1. ukrep (TI zunanjih sten), s katero se  $Q_{NH}$  zniža skoraj za polovico, in najmanj 4. ukrep (TI kletnega stropa), s katerim se  $Q_{NH}$  zniža za 4,4 % (preglednica 88). Drugi najučinkovitejši ukrep pri zmanjševanju obeh vrednosti ( $Q_{NH}$  ter  $H'_T$ ) je pri tem objektu 3. ukrep (TI tal kleti), temu pa sledita 5. ukrep (Menjava transparentnih KS) ter 2. (TI stropa proti podstrešju).

Če pa gledamo le z vidika prihranka toplote za ogrevanje, pa kot druga najučinkovitejša ukrepa lahko upoštevamo povečanje odprtin na J, V in Z strani ter znižanje projektne notranje temperature za 1°C. Vendar ta ukrepa ne vplivata učinkovito na transmisijske izgube oz. na znižanje  $H'_T$  (preglednica 88).

Zelo opazno se po združenih ukrepih zniža tudi  $H'_T$  (slika 16), katerega z združitvijo vseh ukrepov znižamo na dovoljeno vrednost in s tem zadostimo začetnemu zastavljenemu kriteriju po PURES-u 2010 za določitev energetske učinkovitosti stavbe.



Ukrep	Razlog	Pričakovani rezultati	Dejanski rezultati
1 Izolacija zunanje stene (20 cm; 15 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki -nižje vent. izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 46,9%) -nižji solarni dobitki -nižje vent. izgube
2 Izolacija podstrešja (20 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -enaki solarni dobitki -nižje vent. izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 4,7%) -nižji solarni dobitki -min. nižje vent. izgube
3 Izolacija tal kleti (10 cm)	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 7,4%) -nižji solarni dobitki
4 Izolacija stropa neogrevane kleti (8 cm)	-previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -enaki solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 4,4 %) -nižji solarni dobitki
5 Zamenjava transparentnih KS	-delež neustreznih KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki -enake ventilacijske izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 5,9 %) -nižji solarni dobitki -enake ventilacijske izgube
6 Povečanje odprtin (J, V in Z)	- previsoka $Q_{NH}$ - nizki solarni dobitki	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -večji solarni dobitki -enake vent. izgube	-večji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 11,7 %) -višji solarni dobitki -min. nižje vent. izgube
7 Znižanje projektne notranje temp. (za 1°C)	- previsoka $Q_{NH}$	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki -nižje vent. izgube	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 8,9 %) -nižji solarni dobitki -nižje vent. izgube
Združitev vseh ukrepov		- $Q_{NH}$ nižja za 67,4 % - $H'_T$ nižji za 60,4 %	

Preglednica 88: Pregled obravnavanih ukrepov, objekt B.

## 5.4.0 Ukrepi na objektu C

Predvidevam, da sta v tem primeru ključna dva razloga za preseženo porabo energije za ogrevanje in presežen  $H'_T$ . Prvi – nezadostno izolirana zunanja stena, in drugi – neustrezni transparentni konstrukcijski sklopi. Zato bom najprej preverila ta dva ukrepa. Sledilo bo povečanje dimenzije toplotne izolacije na strehi, pri tem tudi pričakujem pozitivne rezultate, ter kot četrti ukrep – znižanje projektne notranje temperature, s katerim smo že dokazali velik prihranek energije za ogrevanje.

### 5.4.1 Ukrep 1 – POVEČANJE DEBELINE TI ZUNANJE STENE

Iz prejšnjih primerov sem ugotovila, da je ustrezna dimenzija toplotne izolacije zunanje stene med 20–25 cm. Trenutna 16,5 cm obloga iz izolacijskih plošč kombi-T je torej nezadostna. Pri izolaciji zunanje stene bi bil lahko uporabljen tudi material z nižjo toplotno prehodnostjo. Če bi na primer uporabili enako dimezijo izolacije iz fragmat neo super F–P, bi s tem privarčevali približno 3 % energije za ogrevanje.

V prvem koraku bom preverila prihranek energije ob povečanju dimenzije toplotne izolacije na 25 cm, v drugem koraku na 30 cm; s tem bom znižala toplotno prehodnost proti 0,120 W/m<sup>2</sup>K. Sestava konstrukcijskega sklopa ostane enaka.

#### ➤ Povečanje dimenzije izolacije na 25 cm, $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,46 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 14159 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 96,32 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 89: Pregled rezultatov prvega ukrepa – 1.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	97,18	64,44
Ventilacijske izgube	53,63	35,56
<b>Skupne izgube</b>	<b>150,82</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,86	41,19
Solarni dobitki	35,48	58,79
<b>Skupni dobitki</b>	<b>60,35</b>	<b>100%</b>

Preglednica 90: izgube in dobitki stavbe po prvem ukrepu –1.

Ob povečanju dimenzije toplotne izolacije za 8,5 cm se koeficient specifičnih transmisijskih izgub zniža za 4,2 %,  $Q_{NH}$  pa za 5,4 % v primerjavi z izhodiščno variatno in sedaj znaša 14159 kWh.

Največja sprememba v energijski bilanci stavbe so transmisijske izgube, ki so se znižale za 5,9 %. Ventilacijske izgube kot tudi solarni dobitki se znižajo za minimalne vrednosti.

Koliko prispevamo k prihranku energije, preverim še s 30 cm dimenzijo toplotne izolacije.

➤ **Povečanje dimenzije izolacije na 30 cm,  $U = 0,121 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 13887 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 94,47 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 91: Pregled rezultatov prvega ukrepa –2.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	95,14	63,99
Ventilacijske izgube	53,53	36,01
<b>Skupne izgube</b>	<b>148,67</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,76	41,25
Solarni dobitki	35,26	58,25
<b>Skupni dobitki</b>	<b>60,03</b>	<b>100%</b>

*Preglednica 92: Izgube in dobitki stavbe po prvem ukrepu –2.*

Z dodatnim 5 cm slojem TI ne prispevamo bistveno k prihranku energije.  $H_T$  je nižji za 2,2 % ter  $Q_{NH}$  za 1,9 % v primerjavi z 25 cm dimenzijo TI. Za minimalne vrednosti se spremenijo tudi ostali rezultati v energijski bilanci stavbe.

Tudi pri objektu C je torej povečanje dimenzije izolacije učinkovit ukrep pri zmanjšanju potrebne toplote za ogrevanje, vendar le do debeline 25 cm.

#### 5.4.2 Ukrep 2 – ZAMENJAVA TRANSPARENTNIH KONSTRUKCIJSKIH SKLOPOV

Tudi pri tem objektu transparentni konstrukcijski sklopi niso ustrezni. Okna imajo dvojno zasteklitev z 10 mm argona, dodatno pa imajo tudi nizko emisijski premaz. Kljub temu še vedno presegajo dovoljeno toplotno prehodnost, in sicer za  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Zato uporabim okna, ki imajo skupno toplotno prehodnost  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Ker je skupna površina oken visoka in znaša  $36,48 \text{ m}^2$ , kar je  $21,56 \%$  celotne površine zunanlega ovoja, tu odprtini ne bom povečala.

Koefficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 13858 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 94,27 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 93: Pregled rezultatov drugega ukrepa.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmissijske izgube	94,92	63,95
Ventilacijske izgube	53,52	36,05
<b>Skupne izgube</b>	<b>148,44</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,75	41,26
Solarni dobitki	35,24	58,74
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,99</b>	<b>100%</b>

Preglednica 94: Izgube in dobitki stavbe po drugem ukrepu.

Transmissijske izgube se pri izboljšani kvaliteti oken znižajo, in sicer za  $8,1 \%$ . Z njimi se za  $6,3 \%$  zniža tudi  $H'_T$ . Prihranimo pa  $1110 \text{ kWh}$  pri letni potrebni toploti za ogrevanje, kar je za  $7,4 \%$  manj v

primerjavi z izhodišno varianto. Vrednost solarnih dobitkov se v tem primeru opazno ne spremeni, ker faktor zasteklitve ostaja enak.

### 5.4.3 Ukrep 3 – POVEČANJE DIMEZIJE TOPLOTNE IZOLACIJE STREHE

Ukrepa toplotne izolacije strehe v prejšnjih primerih nisem obravnavala, predvidevam pa, da lahko pričakujem nekoliko višje razlike pri rezultatih kot pri toplotni izoliranosti stropa proti podstrešju, ker streha meji le na zunanji zrak. V prvem koraku na obstoječo 18 cm toplotno izolacijo dodam še 7 cm sloj, tako da je skupna dimenzija 25 cm s toplotno prehodnostjo  $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Glede na dobljene rezultate pa se bom odločila, ali bom v nadaljevanju ukrep preverila z še večjo dimenzijo TI.

Koeficient specifičnih transmissijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,44 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 13486 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 91,74 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 95: Pregled rezultatov tretjega ukrepa –1.

	$\text{kWh/m}^2\text{a}$	(%)
Transmisijske izgube	92,13	63,32
Ventilacijske izgube	53,38	36,68
<b>Skupne izgube</b>	<b>145,51</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,61	41,33
Solarni dobitki	34,94	58,67
<b>Skupni dobitki</b>	<b>59,55</b>	<b>100%</b>

Preglednica 96: Izgube in dobitki stavbe po tretjem ukrepu –1.

Dobljeni rezultati kažejo, da je ukrep, povečanje dimenzije toplotne izolacije strehe, celo učinkovitejši od predhodnih ukrepov. V primerjavi z izhodiščno varianto se vrednost transmisijskih izgub zniža za 10,8 %,  $H'_T$  za 8,3 % ter  $Q_{NH}$  za 9,9 %, ki sedaj znaša 13486 kWh.

Nekoliko višjo razliko je zaslediti tudi v vrednosti solarnih dobitkov, ki so nižji za 3,3 %.

Zaradi pozitivnih rezultatov v nadaljevnju preverim, koliko lahko še prihranimo z dodatnim 5 cm slojem toplotne izolacije.

➤ **Povečanje dimenzije izolacije na 30 cm,  $U = 0,109 \text{ W/m}^2\text{K}$**

Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,43 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 13287 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine $Q_{NH}/A_u$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 90,39 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Preglednica 96: Pregled rezultatov drugega ukrepa –2.

Z dodatnim slojem toplotne izolacije opazno ne prihranimo energije za ogrevanje. S tem prihranimo le še dodatnih 1,5 % letne potrebne toplote za ogrevanje v primerjavi s 25 cm dimenzijo. Edina opaznejša sprememba v energijski bilanci stavbe so transmisijske izgube, ki se znižajo za 1,6 %. Druge vrednosti ostanejo skoraj enake.

Z analizo rezultatov lahko ugotovimo, da je pri tem objektu primerna dimenzija toplotne izolacije strehe iz steklene volne, debeline 25 cm. Ugotovimo pa tudi, da je na zunanjem ovojju tega objekta dodatni sloj TI na strehi tudi najučinkovitejši ukrep za zmanjšanje energije za ogrevanje.

#### 5.4.4 Ukrep 4 – ZNIŽANJE PROJEKTNE NOTRANJE TEMPERATURE

Na koncu zadnjega sklopa ukrepov preverim še, koliko energije za ogrevanje prihranimo, če znižamo projektno notranjo temperaturo z začetne 22 °C podnevi na 21 °C.

- **Projektna temperatura 21 °C.**

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)
	$Q_{NH} = 12232 \text{ kWh}$

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	84,35	63,24
Ventilacijske izgube	49,02	36,76
<b>Skupne izgube</b>	<b>133,38</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	23,44	41,92
Solarni dobitki	32,48	58,08
<b>Skupni dobitki</b>	<b>55,92</b>	<b>100%</b>

Preglednica 97: Izgube in dobitki stavbe po 4. ukrepu.

Z znižanjem projektne notranje temperature za 1°C prihranimo kar 18,3% energije za ogrevanje v primerjavi z izhodiščno varianto.

Tudi ostale vrednosti energijske bilance stavbe se s tem ukrepom opazno znižajo, ventilacijske izgube za 9,1 % ter solarni dobitki za 10,1 %.

V primeru, ko znižam projektno notranjo temperaturo na 20 °C, pa se letna potrebna toplota za ogrevanje zniža še za dodatnih 9,8 % in znaša 11036 kWh.

#### 5.4.5 Združitev ukrepov, objekt C

Ob koncu analize zadnjega objekta združim izbrane ukrepe v dveh korakih. Tudi tu najprej upoštevam spremembo toplotne izolacije na zunanjem ovoju stavbe, v drugem koraku dodam ustrezna energijsko varčna okna, nato še upoštevam spremembo projektne notranje temperature, torej:

- izolacija zunanje stene – 25 cm,  $U = 0,142 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- izolacija strehe – 25 cm,  $U = 0,129 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Koefficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 12694 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 86,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 29,79 \text{ kWh/m}^3\text{a}$	

Preglednica 98: Pregled rezultatov po treh združenih ukrepih.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	86,17	61,88
Ventilacijske izgube	53,09	38,12
<b>Skupne izgube</b>	<b>139,26</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	24,30	41,48
Solarni dobitki	34,29	58,52
<b>Skupni dobitki</b>	<b>58,60</b>	<b>100%</b>

Preglednica 99: Izgube in dobitki stavbe po dveh združenih ukrepih.

K prvim ukrepom dodam še:

- zamenjavo transparentnih konstrukcijskih sklopov,  $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,
- spremembo projektne notranje temperature za  $1^\circ\text{C}$ ,

in dobim končne rezultate zadnjega obravnavanega objekta.

Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe – $H'_T$	Izračunan	10. člen PURES-a
	$H'_T = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$	$H'_{T, \max} = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje – $Q_{NH}$	Izračunana (7. člen PURES-a)	Največja dovoljena
	$Q_{NH} = 10530 \text{ kWh}$	$Q_{NH, \max} = 8872 \text{ kWh}$

Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine – $Q_{NH}/A_u, Q_{NH}/V_e$		Izračunana	Največja dovoljena
	$Q_{NH}/A_u$	$Q_{NH}/A_u = 71,63 \text{ kWh/m}^2\text{a}$	$Q_{NH}/A_{u, \max} = 60,35 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
	$Q_{NH}/V_e$	$Q_{NH}/V_e = 24,71 \text{ kWh/m}^3\text{a}$	

Preglednica 100: Pregled rezultatov po združenih ukrepih, objekt C.

	kWh/m <sup>2</sup> a	(%)
Transmisijske izgube	71,37	59,62
Ventilacijske izgube	48,34	40,38
<b>Skupne izgube</b>	<b>119,70</b>	<b>100%</b>
Notranji dobitki	22,61	42,41
Solarni dobitki	30,71	57,59
<b>Skupni dobitki</b>	<b>53,33</b>	<b>100%</b>

Preglednica 101 : Izgube in dobitki stavbe po združenih ukrepih, objekt C.

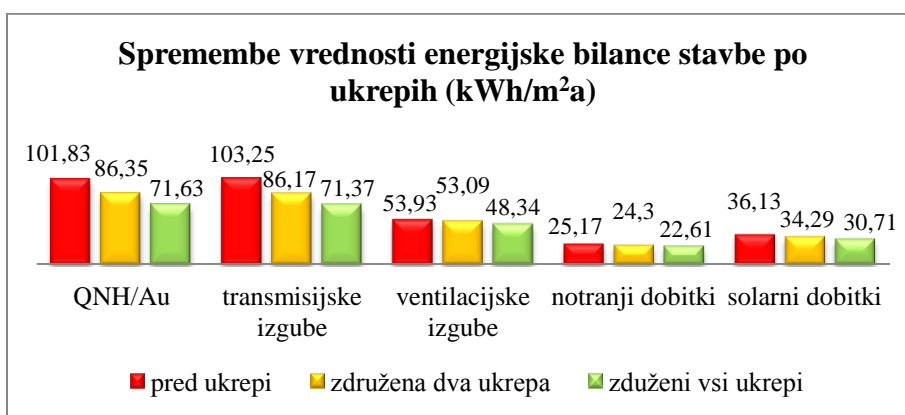
Pri zadnjem obravnavanem objektu sem zaradi njegove starosti ter zaradi njegovih ustreznih konstrukcijskih sklopov glede na izhodiščno varianto pričakovala nekoliko nižje spremembe, kot jih kažejo rezultati.

S povečanjem dimenzij obstoječe toplotne izolacije na zunanjih stenah ter strehi prihranimo 15,2 % potrebne energije za ogrevanje, kar je pozitiven rezultat. Tudi  $H'_T$  se opazno zniža za 14,6 % in je presežen le za  $0,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

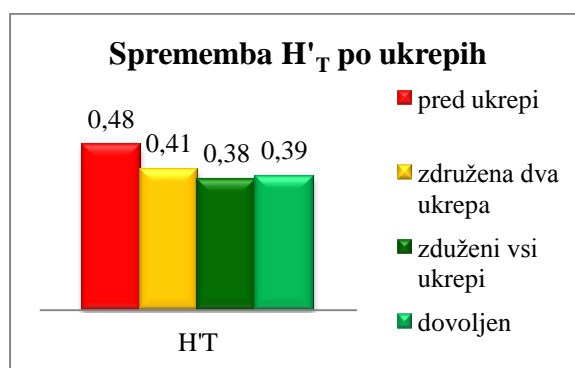
Največja sprememba je v vrednosti transmisijskih izgub. Te so nižje za 16,5 %, kar dokazuje, da je dodatna obloga TI učinkovit ukrep. Z dodatnima ukrepoma pa je razlika še višja, in sicer za 17,2 %, kar lahko vidimo v preglednici 101 ter na spodnji sliki 17.

Vrednosti ventilacijskih izgub ter notranjih dobitkov se v prvem koraku opazno ne spremenijo. Do nekoliko višjih razlik pride po združitvi vseh ukrepov, kjer so ventilacijske izgube nižje za 10,4 %, notranji dobitki pa za 10,2 %. Zanimiv je podatek o znižanju solarnih dobitkov za kar 15 %, kar je visoka vrednost glede na to, da se faktor zasteklitve ob izboljšani kvaliteti oken ni spremenil.

Potrebno toploto za ogrevanje v drugem koraku združitve ukrepov znižam še za višjo vrednost, in sicer za 17,1 % glede na prva združena ukrepa. K tem rezultatu največ prispeva znižanje projektne notranje temperature. Z vrednostjo  $71,63 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  sicer še vedno spada v energetske razred D kot pred ukrepi, vendar se občutno približa energetskemu razredu C.  $H'_T$  pa se, kot je prikazano na sliki 18, zniža pod dovoljeno vrednost.



Slika 17: Graf sprememb vrednosti v energijski bilanci objekta C.



Slika 18: Graf spremembe  $H'_T$  po ukrepih, objekt C.

Pri sklopu zadnjih obravnavanih ukrepov je nekoliko presenetila pozitivna vrednost 3. ukrepa (TI strehe), ki se v tem primeru izkaže za najučinkovitejšega pri zmanjševanju  $Q_{NH}$  ter  $H'_T$  (preglednica 102). Ugotovljeno je tudi, da 2. ukrep (zamenjeva transparentnih KS) učinkoviteje vpliva na znižanje obeh vrednosti kot dodatna TI na zunanji steni.

Z združitvijo vseh ukrepov tudi v tem primeru znižam  $H'_T$  na dovoljeno vrednost (slika18) in s tem zadostim na začetku zastavljenemu kriteriju po PURES-u 2010 za določitev energetske učinkovitosti stavbe.

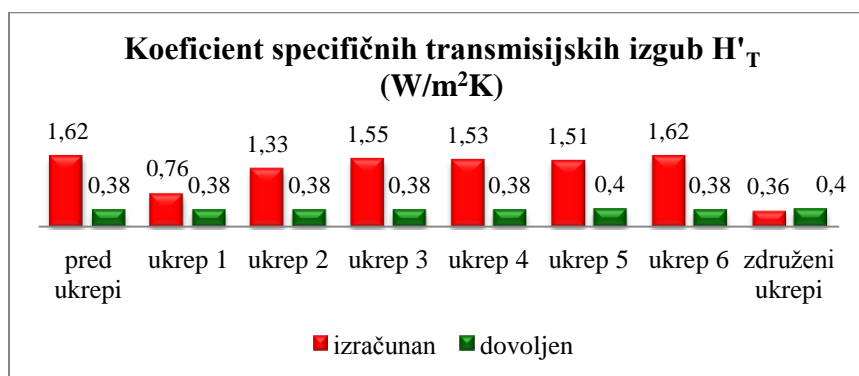
Ukrep	Razlog	Pričakovani rezultati	Dejanski rezultati
1 Povečanje debeline TI zunanje stene (25 cm)	-previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižji solarni dobitki	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 5,4 %) -nižji solarni dobitki
2 Zamenjava transparentnih KS	-neustrezen KS -previsok U -previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -enaki solarni dobitki -enake ventilacijske izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 7,4 %) -minim. nižji solarni dobitki -nižje vent. izgube
3 Povečanje debeline TI strehe (25 cm)	-previsok $H'_T$ -previsoka $Q_{NH}$	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -enaki solarni dobitki -enake vent. izgube	-nižji $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 9,9 %) -nižji solarni dobitki
4 Znižanje projektne notranje temp. (za 1°C)	-previsoka $Q_{NH}$	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ -nižje vent. izgube -nižje trans. izgube	-enak $H'_T$ -nižja $Q_{NH}$ (za 18,3 %) -nižje izgube -nižji dobitki
Združitev vseh ukrepov		- $Q_{NH}$ nižja za 29,7 % - $H'_T$ nižji za 20,8%	

Preglednica 102: Pregled obravnavanih ukrepov, objekt C.

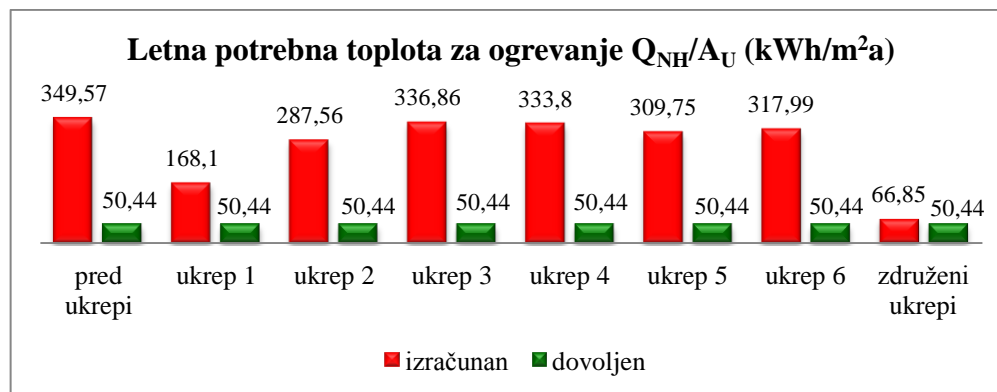
## 6.0 ANALIZA REZULTATOV

Najstarejši objekt, ki je bil zgrajen leta 1920, je glede prekomerne rabe energije najbolj problematičen, kar nas ni presenetilo. Izhodiščni izračun je pokazal, da je z vrednostjo  $349,57 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ,  $Q_{\text{NH}}/A_U$  presežena za 6,9-krat in je v primerjavi s Katarinčičevo variatno [6] višja za  $81,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ . Po analizi podatkov ugotovim, da gre iskati razlog za tako odstopanje predvsem v različnih geometrijskih vrednostih (neto ogrevana prostornina  $V$  je v tem primeru večja za 9,4 %), ter v različnih vhodnih podatkih. Toplotne prehodnosti KS-jev so enake v obeh nalogah. Z izbranimi ukrepi po PURES-u 2010 zadostim dovoljeni vrednosti koeficienta specifičnih transmisijskih izgub  $H'_T$ , nisem pa zadostila dovoljeni vrednosti specifične letne potrebne toplote za ogrevanje  $Q_{\text{NH}}/A_U$  (slika 20), ki ostaja presežena za 1,3-krat. Tako kriterij za energetska učinkovitost stavbe po PURES-u 2010, ni v celoti izpolnjen. Uresničim pa začetni zastavljeni cilj, znižanje potrebne toplote za ogrevanje za vsaj 50 %. Opazi se, da se dovoljena vrednost  $H'_T$  ob združenju ukrepov poviša (slika 19), kar je posledica višje površine transparentnih konstrukcijskih sklopov, ki znaša 17 % delež in je višji od izhodiščnega za 3,4-krat.

Največji prispevek k znižanju vrednosti  $H'_T$  ter  $Q_{\text{NH}}/A_U$  ima 1. ukrep (TI fasadnega ovoja), kar je razumljivo, saj je toplotna izolacija zunanjih sten velika po površini ( $272,65\text{m}^2$ ). Tudi 2.ukrep (izolacija neogrevanega podstrešja) spada med učinkovitejše ukrepe ter 4.ukrep (menjava ustreznih energijsko učinkovitih oken) oz. 5. (povečanje odprtín), kjer posegamo v del transparentnih konstrukcijskih sklopov, vendar izboljšanje ni tako veliko, ker je delež zasteklitev še vedno nizek. Ugotovili smo, da 3.ukrep (TI tal na terenu) najmanj prispeva k znižanju omenjenih vrednosti (slika 23). S 6. ukrepom je prikazano znižanje projektne notranje temperature za  $1^\circ\text{C}$ , kar bistveno vpliva na prihranek energije za ogrevanje, ne pa na  $H'_T$ . Z znižanjem temperature za dodatno stopinjo pa se poraba energije zniža na  $288,7 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ , kar zadnji ukrep uvrsti zagotovo med učinkovitejše ukrepe, saj je prihranek letne potrebne toplote za ogrevanje s tem rezultatom primerljiv z ukrepom izolacije neogrevanega podstrešja.



Slika 19: Graf spremembe  $H'_T$  posamičnih ukrepov, objekt A.



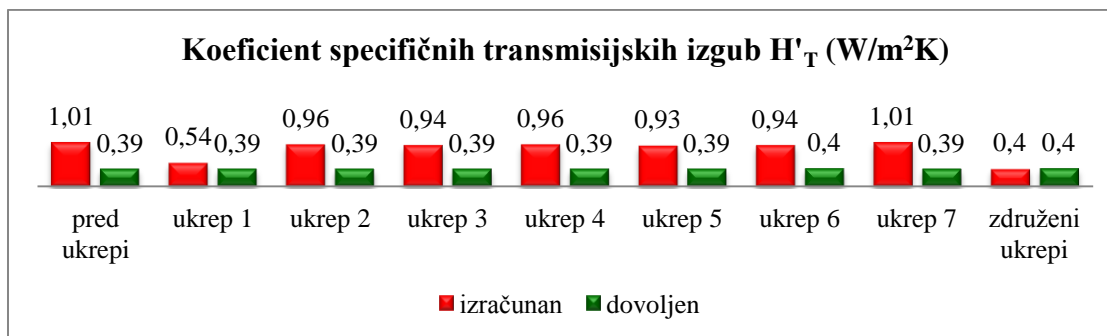
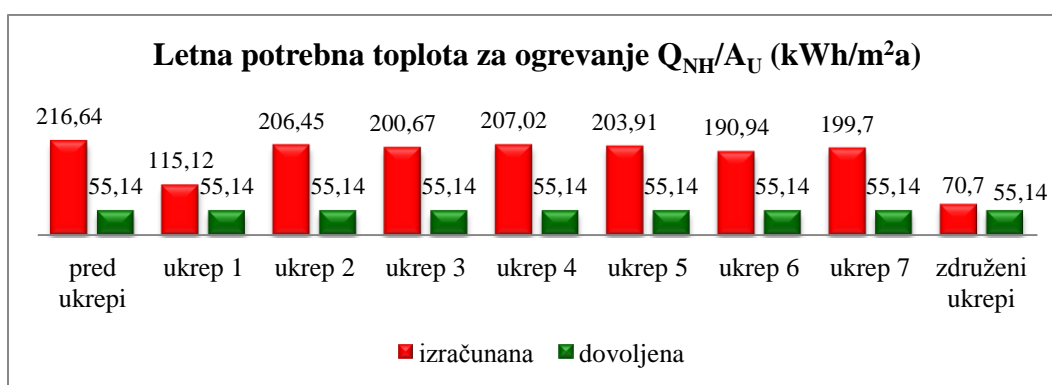
Slika 20: Graf spremembe  $Q_{NH}/A_U$  posamičnih ukrepov, objekt A.

Pri objektu B sem končni rezultat – 71,27 kWh/m<sup>2</sup>a potrebne toplote za ogrevanje – dosegla s podobnimi ukrepi kot pri prvem obravnavanem objektu A. Dodan je ukrep izolacije stropa neogrevane kleti. Dodatno pa sem preverila, ali bi boljši rezultat lahko dobili s toplotno izolacijo strehe. S programom TOST sem ugotovila, da ob primerni izolaciji stropa neogrevanega podstrešja ta ni potrebna in pomembno ne vpliva na znižanje potrebne toplote za ogrevanje. Prihranek letne potrebne toplote za ogrevanje je ob znižanju toplotne prehodnosti strehe iz 5,258 W/m<sup>2</sup>K na 0,200 W/m<sup>2</sup>K le 253 kWh oz. 1,28 kWh/m<sup>2</sup>a v primerjavi s končnimi rezultati objekta B. (slika 22, preglednica 86)

Z združenimi ukrepi sem tudi pri tem objektu zadostila dovoljeni vrednosti  $H'_T$  (slika 21), letno potrebno toploto za ogrevanje pa nisem uspela znižati na dovoljeno vrednost po PURES-u 2010 (slika 22). Ta ostaja za 1,3-krat presežena, kar imam za zelo pozitiven rezultat, kljub temu da energetska učinkovitost po PURES-u 2010 ni v celoti dosežena. Kot v primeru objekta A pa uresničim na začetku zastavljeni cilj, tj. znižanje potrebne toplote za ogrevanje za vsaj 50 %.

Največji vpliv na znižanje obeh vrednosti ima vsekakor 1. ukrep (TI zunanjih sten), temu sledita 5. (menjava transparentnih KS) z združenim 6.ukrepom (povečanje odprtín). Z vidika prihranka energije za ogrevanje je učinkovitejši tudi 7. ukrep (znižanje projektne temperature), saj je bilo ugotovljeno, da z dodatnim znižanjem na 20°C  $Q_{NH}/A_U$  znaša 178,63 kWh/m<sup>2</sup>a, ob združenih ukrepih, z upoštevanjem te projektne temperature, pa le še 63,73 kWh/m<sup>2</sup>a. Med učinkovitejše ukrepe za znižanje obeh vrednosti uvrstim tudi 3.ukrep (TI tal kleti). Ugotovim, da je v tem primeru izolacija tal kleti celo učinkovitejši ukrep, kot sta 2. (TI stropa proti podstrešju) ter 4.(TI stropa kleti), ki prispevata najmanj k znižanju potrebne toplote za ogrevanje.

Zanimiva je ugotovitev, da 4.ukrep (TI stopa kleti), prispeva k znižanju obeh vrednosti skoraj enako kot izolacija stropa neogrevanega podstrešja. Torej se na podlagi te ugotovitve namesti tudi ustrezna toplotna izolacija na kletni strop.

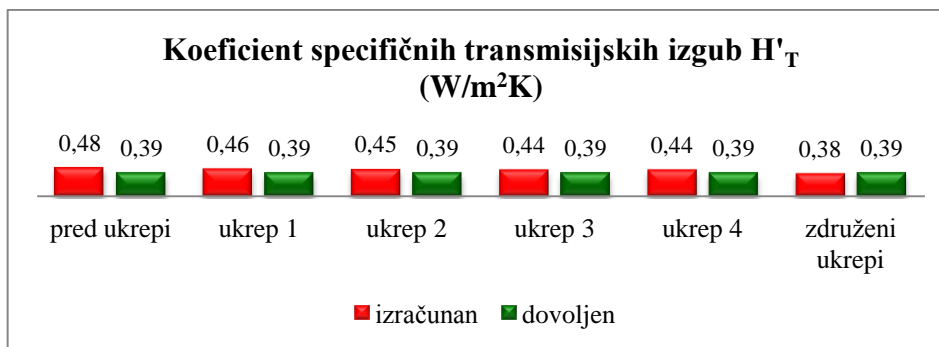
Slika 21: Graf spremembe  $H'_T$  posamičnih ukrepov, objekt B.Slika 22: Graf spremembe  $Q_{NH}/A_U$  posamičnih ukrepov, objekt B.

Izhodiščne rezultate najmlajšega objekta (C) lahko primerjam z rezultati Katarinčičeve analize [6]. Tudi v tem primeru pride do odstopanja. Letna potrebna toplota za ogrevanje v njegovem izračunu znaša  $116,16 kWh/m^2a$  in je višja za 13 %, kar je verjetno posledica vnosa različnih vhodnih podatkov v program TOST.

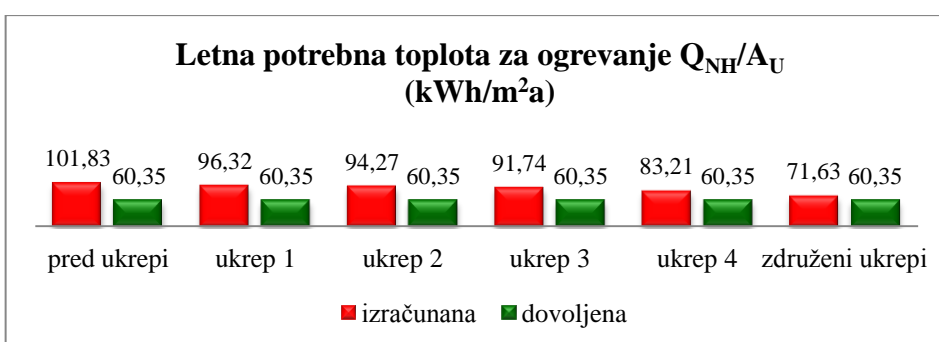
Pri zadnjem obravnavanem objektu (C) se je povečanje dimenzije toplotne izolacije na zunanjih stenah ter predvsem na strehi izkazalo za učinkovit ukrep. Čeprav na spodnjih slikah lahko opazimo, da je 1.ukrep (TI na fasadni ovoj) v tem primeru najmanj učinkovit v primerjavi s prejšnjima, kar je tudi posledica bistveno manjših dimenzij objekta,.

Na prihranek toplote za ogrevanje ter na specifičen koeficient transmisijskih izgub najbolj vplivata 3. (dodatna TI na strehi) in 4.ukrep (znižanje notranje temp.), slednji le na prihranek energije.

Ob združenih ukrepih pa tudi pri zadnjem objektu zadostimo pogoju dovoljenega  $H'_T$ , ne pa pogoju dovoljene  $Q_{NH}/A_U$ , ki ostaja presežena za 1,2-krat. Dovoljeni vrednosti se dodatno približamo z rezultatom  $64,73 kWh/m^2a$  z znižanjem projektne notranje temperature na  $20^{\circ}C$ . Torej tudi tega objekta po PURES-u 2010 ne morem umestiti med energetske učinkovitega.



Slika 23: Graf spremembe  $H'_T$  posamičnih ukrepov, objekt C.



Slika 24: Graf spremembe  $Q_{NH}/A_U$  posamičnih ukrepov, objekt C.

Z izbranimi ukrepi smo skoraj v celoti dosegli cilje naloge:

- pri vseh objektih smo koeficient specifičnih transmisijskih izgub  $H'_T$  znižali na dovoljeno vrednost po PURES-u 2010,
- pri objektih A in B smo znižali potrebno letno toploto za ogrevanje za več kot 50 %,
- pri objektih A in B smo izboljšali energetske učinkovitosti celo za tri razrede,
- pri objektu C pa nismo uspeli izboljšati energetske učinkovitosti za en razred, smo se pa temu zelenemu rezultatu približali.



## 7.0 ZAKLJUČEK

Izhodiščni rezultati, ki kažejo dejansko stanje objektov, so predvsem glede vrednosti dejansko potrebne toplote za ogrevanje zaskrbnjujoči.

Po statističnih podatkih Statističnega urada RS je povprečna letna poraba energije za ogrevanje za naseljena stanovanja v Sloveniji 154,26 kWh/m<sup>2</sup>a [4]. Poudariti je seveda potrebno, da je to povprečje za vsa stanovanja. Zaradi precej neugodne kombinacije razmerja med volumnom ter površino ovoja pa imajo hiše višjo porabo [13]. Torej objekta A in B nista nobeni izjemi glede tako visoko presežene vrednosti energije za ogrevanje. Najnovejši objekt (C) pa z vrednostjo 101,83 kWh/m<sup>2</sup>a pozitivno izstopa iz slovenskega povprečja. Dokazali smo, da se s primernimi učinkovitimi ukrepi vsi obravnavani objekti lahko umestijo med energijsko varčne objekte, ne pa tudi med energijsko učinkovite. Na podlagi analize rezultatov je ugotovljeno, da se po PURES-u 2010 z izbranimi ukrepi v diplomskem delu lahko približamo energetske učinkovitosti stavbam že z ustrezno toplotno izolacijo zunanega ovoja. Pri vseh obravnavanih stavbah smo tudi po PURES-u 2010 zadostili dovoljenemu koeficientu specifičnih transmissijskih izgub  $H_T$  ter pri nobenem največji dovoljeni vrednosti letne porabe toplote za ogrevanje  $Q_{NH}/A_U$ . Glede na rezultate menim, da bi morali lastniki objektov, ki spadajo po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. 77/2009, 2.10.2009) v zadnja energijska razreda, F in G, investirati vsaj v toplotno izolacijo ovoja stavbe, ki je še vedno najpomembnejši in predvsem stroškovno najučinkovitejši način varčevanja z energijo. Zavedati pa se je potrebno, da je toplotno izolacijo v večini primerov ovoja stavb kasneje težko nadgraditi. Izračuni so pokazali, da je pri stroških celotne fasade z vsemi materiali, delom in najemom odra vsak dodatni centimeter TI nad minimalnimi zahtevami le 2 % višja naložba. Vsi drugi ukrepi, da bi zmanjšali porabo energije, zahtevajo bistveno večji investicijski vložek in imajo v večini primerov znatno krajšo življenjsko dobo [14].

Ob vsem tem pa se moramo zavedati, da se ne smemo omejiti le na faktor porabe energije za ogrevanje kot kriterij pri oblikovanju bivalnega okolja, ampak je potrebno upoštevati tudi njegovo kvaliteto.

V prihodnosti bo ogrevanje čim bolj izkoristilo prednosti bioklimatskega načrtovanja, kar pomeni tudi večjo dejansko uporabo dnevne svetlobe do čim večje globine prostorov, saj s tem varčujemo z energijo za osvetlevanje, gretje in hlajenje. Vse to se da doseči z energetske učinkovitimi okni z večjimi odprtini, s čimer najbolj učinkovito izkoristimo sončno energijo [15].

## VIRI

[1] – Masoso, O. T., Grobler, L. J. 2010. The dark side of occupants' behaviour on building energy use. *Energy and Buildings* 42, 173–177.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778809001893>. (Pridobljeno 29. 11. 2013.)

[2] – Direktiva 2010/31/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list EU, L153-13/2010: 23.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL> (Pridobljeno 13. 1. 2014.)

[3] – Energetska učinkovitost in energetske izkaznice. 2013.

<http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/energetsko-ucinkovita-prenova/>. (Pridobljeno 7. 7. 2013.)

[4] – Statistični urad Republike Slovenije. 2013.

[http://www.stat.si/novica\\_prikazi.aspx?id=5803](http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=5803) (Pridobljeno 13. 1. 2014.)

[5] – Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010: 7840. <http://www.uradni-list.si/1/content?id=98727#!/Pravilnik-o-ucinkoviti-rabi-energije-v-stavbah>. (Pridobljeno 15.5.2013.)

[6] – Katarinčič, L. 2011. Pregled porabe toplote za ogrevanje v tipičnih enodružinskih stavbah grajenih od 1920 do 2010. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Katarinčič): 91 str.

[7] – Krainer A., Predan R. 2012. Računalniški program (TOST) za izračun podatkov, potrebnih za končno poročilo oziroma dokaz o ustreznosti toplotne zaščite stavbe. Ljubljana, UL FGG.

[8] – Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010. 2010. Učinkovita raba energije. Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf). (Pridobljeno 15.7.2013.)

[9] – Krainer A., Predan R., Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi vecplastne KS. Ljubljana, UL FGG.

[10] – Primerjava izračunov letne rabe energije za stanovanjsko hišo. 2011.

<http://www.e-m.si/media/eges/casopis/2011/4/20.pdf>. (Pridobljeno 7. 6. 2013.)

[11] – Energetska izkaznica stavbe. 2013.

<http://www.energetskaizkaznicastavbe.si/>. (Pridobljeno 2. 6. 2013.)

[12] – Krainer A., Predan R. 2012. TOST. Program za izračun energetske bilance stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004:2010. Uporabniški priročnik. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 47 str.

[13] – Košir, M., Kristl, Ž., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Ljubljana, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente. Osebna komunikacija. (24. 1. 2014.)

[14] – Kunič, R., Krainer, A. 2009. Ekonomična debelina slojev toplotnih izolacij v kontaktno-izolacijskih fasadah obodnih sten. (Economical thickness of thermal insulation layers in etics façade systems). Gradbeni vestnik. 58, 12: 306-311.

[15] – Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši = Passive house versus bioclimatic house. Gradbeni vestnik. 57, 3: 58–68.