

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:

Žvab, G. 2012. Analiza porabe energije za ogrevanje v večstanovanjski stavbi. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Kristl, Ž., somentor Košir, M.): 59 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:

Žvab, G. 2012. Analiza porabe energije za ogrevanje v večstanovanjski stavbi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kristl, Ž., co-supervisor Košir, M.): 59 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**

Kandidat:

**GREGOR ŽVAB**

**ANALIZA PORABE ENERGIJE ZA OGREVANJE V  
VEČSTANOVANJSKI STAVBI**

Diplomska naloga št.: 25/OG-MK

**ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION IN  
APARTMENT BUILDING**

Graduation thesis No.: 25/OG-MK

**Mentorica:**

doc. dr. Živa Kristl

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Somentor:**

asist. dr. Mitja Košir

**Član komisije:**

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

izr. prof. dr. Jože Lopatič

Ljubljana, 26. 09. 2012

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Podpisani Gregor Žvab izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Analiza porabe energije za toploto v večstanovanjski stavbi«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Kranj, 15. 9. 2012

Gregor Žvab

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>697:699.8(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Gregor Žvab</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. Dr. Živa Kristl</b>
<b>Somentor:</b>	<b>asist. Dr. Mitja Košir</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Analiza porabe energije za ogrevanje v večstanovanjski stavbi</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>60 str., 20 pregl., 43 slik.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>PURES 2010, tehnična smernica TSG-1-004:2010, TOST, zmanjšanje porabe energije za ogrevanje v stavbi, ogrevana cona, neogrevana cona, neogrevana cona z neogrevano kletjo</b>

### **Izveček**

V diplomskem delu se zavzemam analizirati energetske učinkovitost stavbe v kateri živim. Za objekt pridobim vhodne podatke potrebne za analizo. Z programskimi orodji, ki temeljijo na Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbi (PURES 2010), izračunam porabo energije za ogrevanje v stavbi pred ukrepi. Nadaljujem z izračuni porabe energije za ogrevanje že izvedenih ukrepov, ter predvidim dodatne možne ukrepe v smislu večje zaščite stavbnega ovoja ter bivalnih navad porabnikov v stavbi. Predstavim tudi poglavje o dejanski porabi energije od sezone 2008/09 do danes. Na koncu pregledno predstavim rezultate ukrepov ter jih analiziram. V sklepnem delu komentiram slabosti in prednosti že izvedenih ter predvidenih ukrepov.

**BIBLIOGRAPHIC – DOKUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>697:699.8(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Gregor Žvab</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Živa Kristl, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assist. Mitja Košir, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Analysis of energy heating consumption in apartment building</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis – Higher professional studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>60 p., 20 tab., 43 fig.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>PURES 2010, technical guideline TSG-1-004:2010, TOST, reducing energy consumption for heating in the building, heated zone, unheated zone, unheated zone with unheated cellar</b>

**Abstract**

The aim of this undergraduate dissertation to analyse the energetic efficiency in my residential building. First, the building related input data necessary for the analysis have been obtained. By the means of software tools based on the Rules on efficient use of energy in buildings (PURES 2010), the energy consumption for heating of the building has been calculated prior to the introduction of measures set by the aforementioned Rules. The calculation of energy consumption after the introduction of measures follows and additional possible measures for improved protection of the building envelope and living habits of the building residents are introduced. Actual energy consumption for the heating seasons 2008/09 to 2012 is presented in a separate chapter. All the gathered data with regard to the measures are transparently introduced and analysed in the final part. The closing part focuses on the discussion of advantages and disadvantages of already carried out as well as foreseen measures.

## **ZAHVALA**

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela se zahvaljujem mentorju doc. Dr. Živi Kristl in somentorju asist. Dr. Mitji Koširju.

Iskreno se zahvaljujem sorodnikom ter posebej staršem, ker so mi bili vedno v oporo na poti, da pridobim izobrazbo.

**KAZALO VSEBINE**

Stran za popravke, errata	III
Izjave	IV
Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček	V
Bibliographic – dokumentalistic information and abstract	VI
Zahvala	VII
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 Namen naloge	1
1.3 Opis analize	1
1.4 Izboljšanje energetske učinkovitosti na globalni ravni	2
1.5 Preslikava globalnega dogajanja na lokalno raven	2
1.6 Razvoj in raziskave na področju učinkovite rabe energije v stavbah	3
<b>2 TRENUTNA ZAKONODAJA</b>	<b>4</b>
2.1 Direktiva EPBD	4
2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije stavbah	5
2.3 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije	5
<b>3 OPIS OBJETKA</b>	<b>6</b>
3.1 Arhitekturna zasnova	7
4.1 Konstrukcija	10
5.1 Materiali	10
6.1 Inštalacije	10
7.1 Ogrevanje	10
<b>4 ANKETA</b>	<b>11</b>
4.1 Rezultati ankete	12
<b>5 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE STAVBE PRED UKREPI</b>	<b>13</b>
5.1 Program TEDI	13
5.1.1 Koeficienti toplotne prehodnosti KS	13
5.2 Program TOST	17
5.2.1 Splošni podatki	17
5.2.2 Klimatski podatki	18
5.2.3 Računska podobdobja	18
5.2.4 Nočna izolacija, senčenje	18
5.2.5 Podatki o conah	18
5.2.5.1 Ogrevana cona – stanovanja	19
5.2.5.1.1 Osnovni podatki za OC – stanovanja	19
5.2.5.1.2 Prezračevanje v OC – stanovanja	20
5.2.5.1.3 Zunanji ovoj OC – stanovanja	20
5.2.5.1.4 KS med conami	21
5.2.5.1.4 Tla	22
5.2.5.2 Neogrevana cona – stopnišče, avla	22
5.2.5.2.1 Prezračevanje v NC – stopnišče, avla	22



5.2.5.2.2. Zunanji ovoj NC – stopnišče, avla	23
5.2.5.2.3 KS med conami	24
5.2.5.2.4 Tla	24
5.2.5.3 Neogrevana cona z neogrevano kletjo – neogrevana klet	24
5.2.5.3.1 Prezračevanje v NC z NK – neogrevana klet	24
5.2.5.3.2 Ovoj v stiku z zunanostjo.	25
5.2.5.3.3 Tla	26
5.3 Poraba energije za ogrevanje pred ukrepi	27
<b>6 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE</b>	<b>28</b>
6.1 Ukrep 1: Izvedena obnova fasade poleti 2010	28
6.1.2 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 1	29
6.2 Ukrep 2: Prehod na nov obračun stroškov za ogrevanje v sezoni 2011/12	31
6.3 Ukrep 3: Zamenjava vseh vhodnih vrat v blok ter kletnih oken	33
6.3.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 3	34
6.4 Ukrep 4: Varianta s 15 cm toplotne izolacije po zunanjih stenah in strehi	35
6.4.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 4	35
6.5 Ukrep 5: Varianta s 20 cm toplotne izolacije po zunanjih stenah ter strehi	36
6.5.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 5	36
6.6 Ukrep 6: Znižanje temperature v stavbi na 20°C	37
6.6.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 6	37
6.7 Ukrep 7: Zamenjava oken in balkonskih sten po PURES 2010	38
6.7.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 7	38
<b>7 DEJANSKA PORABA V SEZONAH 2008/2009 DO 2011/2012</b>	<b>39</b>
<b>8 ANALIZA</b>	<b>41</b>
8.1 Analiza računskih rezultatov	41
8.2 Analiza dejanske porabe energije za ogrevanje	42
8.3 Računska in merjena energetska izkaznica stavbe	43
<b>9 ZAKLJUČEK</b>	<b>44</b>
<b>VIRI</b>	<b>47</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Klimatski podatki na lokaciji objekta pridobljeni na RS-MOP.....	18
Preglednica 2: Površine $A$ in koeficienti toplotne prevodnosti $U$ zunanjega ovoja OC.....	21
Preglednica 3: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ transparentnega dela na OC.....	21
Preglednica 4: Dolžina $l$ in koeficient toplotne prehodnosti $\Psi$ toplotnih mostov v OC.....	21
Preglednica 5: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ mejnih KS med conami.....	22
Preglednica 6: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ za zunanje stene in streho na NC.....	23
Preglednica 7: Površine $A$ in koeficienti $U$ za zunanje transparentne dele na NC.....	23
Preglednica 8: Dolžina $l$ in koeficient toplotne prehodnosti $\Psi$ za toplotni most na NC.....	23
Preglednica 9: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ za mejne KS med conami.....	24
Preglednica 10: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ za netransparentne dele na NC z NK.....	25
Preglednica 11: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ za transparentne dele na NC z NK.....	25
Preglednica 12: Površine $A$ in koeficienti toplotne prehodnosti $U$ mejnih KS med conami.....	25
Preglednica 13: Vhodni podatki potrebni pri izračunu tal v NC z NK.....	26
Preglednica 14: Rezultati programa TOST pred ukrepi.....	27
Preglednica 15: Rezultati programa TOST po ukrepu 1.....	29
Preglednica 16: Rezultati programa TOST po ukrepu 3.....	34
Preglednica 17: Rezultati programa TOST po ukrepu 4.....	35
Preglednica 18: Rezultati programa TOST po ukrepu 5.....	36
Preglednica 19: Rezultati programa TOST po ukrepu 6.....	37
Preglednica 20: Rezultati programa TOST po ukrepu 7.....	38

## KAZALO SLIK

Slika 1: Shema prenosa zakonodaje učinkovite rabe energije na raven države članice EU .....	4
Slika 2: Pogled na vzhodni del stavbe .....	6
Slika 3: Pogled na zahodni del stavbe .....	6
Slika 4: Tloris kleti .....	7
Slika 5: Tloris pritličja.....	8
Slika 6: Tloris tipične etaže .....	8
Slika 7: Vzhodna fasada .....	9
Slika 8: Zahodna fasada.....	9
Slika 9: Primerjava KS 1 med TEDI in elaboratom .....	13
Slika 10: Primerjava KS 2 med TEDI in elaboratom .....	13
Slika 11: Primerjava KS 3 med TEDI in elaboratom .....	14
Slika 12: Primerjava KS 4 med TEDI in elaboratom .....	14
Slika 13: Primerjava KS 5 med TEDI in elaboratom .....	14
Slika 14: Primerjava KS 6 med TEDI in elaboratom .....	14
Slika 15: Primerjava KS 7 med TEDI in elaboratom .....	14
Slika 16: Primerjava KS 8 med TEDI in elaboratom .....	15
Slika 17: Primerjava KS 9 med TEDI in elaboratom .....	15
Slika 18: Primerjava KS 10 med TEDI in elaboratom .....	15
Slika 19: Primerjava KS 11 med TEDI in elaboratom .....	15
Slika 20: Primerjava KS 12 med TEDI in elaboratom .....	16
Slika 21: KS 13 in 14 .....	16
Slika 22: KS 15 in 16 .....	16
Slika 23: KS 16 in 17 .....	16
Slika 24: Zaporedje vnosa vhodnih podatkov v program TOST .....	17
Slika 25: Sliki prikazujeta zahodni (levo) ter vzhodni del (desno) OC. Različni odtenki prikazujejo različne KS ter toplotne mostove na stavbi .....	20
Slika 26: Slika prikazuje spodnji del OC, ki je hkrati predelni KS z NC z NK. Modra barva na sliki predstavlja mejne KS z NC.....	21
Slika 27: Sliki prikazujeta vzhodno stran (levo) ter zahodno stran (desno) NC .....	23
Slika 28: Zahodni del (levo) ter vzhodni del (desno) NC z NK .....	25
Slika 29: Rjava barva predstavlja površino, NC z NK pod terenom. ....	26
Slika 30: Pogled na zahodni del fasade med obnovo fasade poleti 2010. Delavci na odrih lepijo 10 cm debele ekspandirane polistirenske plošče na že obstoječo fasado.....	28
Slika 31: KS 8 na OC pred in po obnovi .....	29
Slika 32: KS 8 na NC pred in po obnovi .....	29

Slika 33: Merjena dejanska poraba po stanovanjih, Severni del (levo), Južni del (desno). .....	32
Slika 34: Vhodna vrata v blok (levo) ter vhodna vrata v klet (desno) .....	33
Slika 35: Kletna okna v svetlobnih jaških.....	33
Slika 36: Dejanski podatki o porabi toplote za ogrevanje v stavbi v sezoni 2008/09 in 2009/10 .....	39
Slika 37: Dejanska poraba toplote za ogrevanje v stavbi v sezoni 2010/11 in 2011/12.....	40
Slika 38: Graf (levo) prikazuje zmanjševanje koeficienta $H_T$ po ukrepih. Graf (desno) prikazuje zmanjševanje koeficienta $H_T'$ izključno z večanjem debeline toplotne izolacije na zunanji ovoj stavbe. ....	41
Slika 39: Graf (levo) prikazuje zmanjševanje letne potrebne toplote za ogrevanje $Q_{NH}$ po ukrepih. Graf (desno) pa prikazuje zmanjševanje letne specifične potrebne toplote za ogrevanje $Q_{NH}/A_U$ v primerjavi z dovoljeno..	41
Slika 40: Graf (levo) prikazuje trajanje ogrevalnih sezon. Graf (desno) prikazuje povprečno notranjo in zunanjo temperaturo po sezonah .....	42
Slika 41: Graf (levo) prikazuje zmanjšanje dejanske porabe energije za ogrevanje v sezonah. Graf (desno) prikazuje specifično porabo energije za ogrevanje po sezonah .....	42
Slika 42: Računska energetska izkaznica stavbe po izračunanih ukrepih in porabi.....	43
Slika 43: Merjena energetska izkaznica stavbe po dejanskih ukrepih in porabi (ne velja za stanovanjske stavbe) .....	43

## KRATICE

KS	Konstrukcijski sklop
NC	Neogrevana cona – stopnišče, avla
NC z NK	Neogrevana cona z neogrevano kletjo – neogrevana klet
OC	Ogrevana cona – stanovanja
PURES 2010	Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, prenovljen 2010
RS – MOP	Republika Slovenija – Ministrstvo za okolje in prostor
SPTE	Soproizvodnja toplote in električne energije
SURS	Statistični urad Republike Slovenije
TGP	Emisije toplogrednih plinov
UL FGG	Univerza Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

## 1 UVOD

Gradbeništvo je tisti del gospodarstva, ki ga je svetovna ekonomska kriza najbolj prizadela. V Sloveniji je po zadnjih razpoložljivih podatkih Eurostata (Pridobljeno 20.8.2012.) v največjem upadu v Evropski uniji. Tako smo se bodoči inženirji znašli pred negotovim začetkom naše kariere. Naše poslanstvo kar kliče k temu, da smo primorani k iskanju novih idej in novih miselnosti. Temo sem zato prilagodil v najbližji meri aktualnemu dogajanju ter lastnemu veselju, kjer lahko s svojim znanjem pridobim za ta čas uporabne rezultate.

### 1.1 Namen naloge

V diplomskem delu se zavzemam, da bi si s pomočjo Katedre za stavbe in konstrukcijske elemente, UL FGG omogočil analizirati energetske učinkovitosti stavbe v kateri živim. Iz projektne dokumentacije stavbe je razvidno, da so se za naš večstanovanjski objekt pred gradnjo za centralno ogrevanje računale toplotne izgube še po starih predpisih DIN 4702 (Podjetje za stanovanjsko in komunalno gospodarstvo-Kranj, sedanji Domplan d.d., 1975) iz leta 1959. Objekt je bil grajen v letu 1976. Skozi svojo dobo obratovanja objekt ni bil deležen omembe vrednih obnov v zvezi z energetske učinkovitostjo. S spremembo zakonodaje, vse višjih stroškov ogrevanja hkrati pa spodbud države, je med stanovalci prevladala ideja o obnovi. Tako so se pogovori nadaljevali v smislu rednega vzdrževanja, hkrati pa o možnosti energetske učinkovite obnove. Tako se je poleg individualnih obnov že dotrajanih stanovanjskih oken iz rezervnega sklada namenil denar za obnovo zunanjšega ovoja stavbe. V zadnjem letu, pa smo z večinskem soglasju prešli na nov način obračunavanja stroškov po dejanski porabi.

Z ukrepi smo tako prispevali k zmanjšanju porabe energije za ogrevanje, saj je bila ta opazna na nižjih stroških za ogrevanje, kljub vztrajni rasti cen energentov. Vendar, pa še zdaleč ni dosegla zahtev po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (v nadaljevanju PURES 2010) Uradni list RS, št. 52/2010. V nalogi se tako zavzemam, da analiziram že izvedene ukrepe ter predvidim naslednje ukrepe predvsem z vidika stavbnega ovoja, prehoda toplote skozi gradbene konstrukcije ter stavbnega pohištva. S dobljenimi računi, tako ugotovim katera so učinkovita pri porabi energije za ogrevanje.

### 1.3 Opis analize

Pri analizi porabe energije za ogrevanje v večstanovanjski stavbi se omejim na en objekt. Seznanim se z zakonodajo, katera je v veljavi ta čas ter za naše območje. Preučim fizikalno ozadje mejnih vrednosti, ki so ključen pogoj, da je energetska učinkovitost v stavbi dosežena. V Zgodovinskem arhivu Ljubljana, enota za Gorenjsko Kranj, pridobim celotno tehnično dokumentacijo na osnovi PZI (Podjetje za stan...,

sedanji Domplan d.d., 1975). Arhitekturne načrte prenesem v digitalno obliko, ter izpišem bistvene vhodne podatke, ki jih potrebujem pri svoji nalogi iz dokumentacije za centralno ogrevanje ter tehničnega poročila o objektu. Iz dokumentacije za centralno ogrevanje pridobim tudi koeficiente toplotne prehodnosti za vsak posamezen konstrukcijski sklop (KS) v stavbi, ter jih tako s programom TEDI (Perdan, Krainer, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, UL FGG) za račun toplotne prehodnosti skozi večplastne KS preverim ali ustrezajo mejnim vrednotim 5. točke 7. člena v PURES 2010. Do podatkov, čigar narava je individualnega značaja med uporabniki stavbe, pridem s pomočjo anketiranja stanovalcev. Sledi smiselno zaporedje predstavitve vhodnih podatkov stavbe potrebnih za račun ter delitev stavbe na cone. Za boljšo preglednost, vizualizacijo ter lažji račun površin stavbe uporabim programsko orodje Google SketchUp (Pridobljeno 2011.) prosto dostopno na medmrežju. Sledi izračun porabe toplote za ogrevanje pred ukrepi s pomočjo programa TOST (Perdan, Krainer, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente, UL FGG). Nato sledijo analize ter izračuni že izvedenih ukrepov. Nadaljujem z ukrepi, ki so bili v času obnove spregledani ter dodatnimi ukrepi, s katerimi bi lahko še izboljšali energetske učinkovitost stavbe v prihodnosti. Sledijo razprave o učinkovitosti ukrepov. Računske rezultate podkrepim z analizo dejanske porabe.

#### **1.4 Izboljšanje energetske učinkovitosti na globalni ravni**

Evropska unija je s pospešenim razvojem čedalje bolj postala odvisna od uvoza fosilnih goriv (predvsem nafte in plina). Evropa si tako zastavlja ambiciozne cilje za prihodnost na področju energije. Prav tako se tudi Slovenija, kot članica Evropske unije zaveda velike pomembnosti doseganja strateških ciljev EU na področju energije in zmanjševanja emisije toplogrednih plinov (TGP). Trenutno se tako seli težišče investicij v gradbeništvo k zmanjšanju porabe energije in toplotni zaščiti. Zaradi upada gospodarstva, povečanje energetske učinkovitosti prispeva tudi k povečani zanesljivosti oskrbe z energijo, povečani konkurenčnosti gospodarstva, regionalnem razvoju ter zaposlovanju. Inštrumenti za doseg ciljev niso le vedno strožji predpisi v zvezi s povečanjem energijske učinkovitosti, aktivnosti so namenjene tudi v smeri informiranja ter finančnih spodbud v različnih panogah.

#### **1.5 Preslikava globalnega dogajanja na lokalno raven**

Na podlagi Evropskih Direktiv (2002/91/ES, 2006/32/ES in 2010/31/EU) so se na naših tleh izdelali nacionalni akcijski načrti za energetske učinkovitost. Z izvajanjem akcijskih načrtov, so se le ti inštrumenti za doseg ciljev že dodobra integrirali v Slovenski prostor. Tako so se s povečano stopnjo informiranosti, ugodnih finančnih spodbud pa tudi vse višjih cen energentov končni porabniki odločajo za ukrepe. Kot sem omenil se tudi v naši stanovanjski soseski Planina v Kranju stanovalci preudarno

odločajo za izbiro ukrepov ter učinkovito obnovo, ki bo poleg zmanjšanja porabe energije posredno prinesla nižje stroške uporabnikom.

Poleg obnov na posameznih večstanovanjskih stavbah v naselju Planina v Kranju, je med leti 2011/12 sledila celotna rekonstrukcija sistem daljinskega ogrevanja. Z namenom znižanja rabe primarne energije za pripravo in distribucijo ogrevne vode s posodobitvijo obstoječih naprav, ter vključitev sodobnih alternativnih rešitev za dodatno znižanje stroškov ogrevanja, v tem primeru postavitev naprav za sočasno proizvodnjo toplote in elektrike (SPTE). Izvedena je zamenjava dotrajanih vročevodnih kotlov s sodobnimi plinskimi kotli, posodobitev regulacije kotlovnice, obnova toplotnih postaj v stanovanjskih objektih, vgradnja dveh SPTE in izvedba sodobnega centralnega nadzornega sistema.

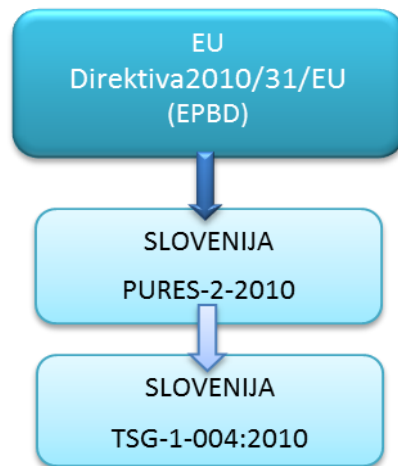
### **1.6 Razvoj in raziskave na področju učinkovite rabe energije v stavbah**

V daljši zgodovini raziskav o porabi energije v stavbah na naših tleh ne gre zaslediti. Prve metode računa toplotne prehodnosti stavb gre zaslediti v leto 1980. Z spremembo zakonodaje zaradi direktiv EPBD je energetska načrtovanje, snovanje ter računanje celovitih energijskih lastnosti stavb vse bolj v ospredju ter pod drobnogledom.

Na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente UL FGG, je bilo do danes napisanih že kar nekaj diplom, znanstvenih člankov ter konferenc in mednarodnih kongresov na temo v zvezi s porabo energije za ogrevanje v stavbah. Diplome z naslovom Primerjalna analiza ukrepov za zmanjševanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG (Žveglič, 2009), Izračun porabe toplote za ogrevanje v tipičnih enodružinskih hišah grajenih od 1920 do 2010 (Katarinčič, 2011) ter Primerjava delovanja programskih orodij za izračun porabe energije v stavbah (Šestan, 2012). Znanstvene konference ter kongresi na temo, Energy renovation of large neighbourhoods in Slovenia (Kristl, Zbašnik-Senegačnik, 2002), Comparison of new slovene regulation Thermal protection and efficient use of energy in buildings eith EnEV (Kristl, 2002), Architectural and energy saving refurbishment of buildings (Kristl, Zbašnik-Senegačnik, 2002). Znanstveni članek z naslovom Analysis on exergy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings (Dovjak, et al., 2010).



## 2 TRENUTNA ZAKONODAJA



Slika 1: Shema prenosa zakonodaje učinkovite rabe energije na raven države članice EU

### 2.1 Direktiva EPBD

Da bi izkoristili velik energijsko varčevalni potencial na področju stavb je Evropska komisija 16. Decembra 2002 sprejela v Evropskem parlamentu Direktivo EU o energetske učinkovitosti stavb Direktivo 2002/91/ES (Uradni list Evropske unije, L15/6, 4.1.2003) Namen in cilj direktive je bil, da države članice na nacionalni ravni predpišejo metodologijo za izračun energijske bilance stavbe in opredelijo minimalne standarde energetske učinkovitosti stavb pri novogradnjah in večjih prenovah stavb in vzpostavijo sistem obveznih študij izvedljivosti za alternativne energetske sisteme v fazi projektiranja stavb. Direktiva EPBD je bila v Slovensko zakonodajo prenesena v zakon o graditvi objektov, v dopolnitve energetskega zakona, zakon o varstvu okolja ter pripadajoče pravilnike.

V letu 2010 je bila sprejeta prenovljena Direktiva EPBD-r (2010/31/EU)(Uradni list Evropske unije, L153/13, 18.6.2010), ki s tem svoje cilje le še povečuje. Bistveno upošteva cilje »20-20-20 do 2020« evropske podnebno-energetske politike. Pri stavbah zahteva 20 odstotno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>, 20 odstotno povečanje energijske učinkovitosti (URE), ter 20 odstotni delež obnovljivih virov (OVE) v primarni energijski bilanci. Direktiva poleg ovoja stavbe vključuje tudi posamezne tehnične sisteme v stavbah. Najbolj »razvpito« določilo prenovljene direktive EPBD-r daje poseben poudarek gradnji skoraj nič nizkoenergijskih hiš, še posebej v javnem sektorju, saj naj bi bil le-ta vzgled preostalim.

## **2.2 Pravilnik o učinkoviti rabi energije stavbah**

V 1. členu PURES 2010 je razloženo čemu je pravilnik namenjen: *»Ta pravilnik 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, zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb«* (Uradni list, RS, št. 52/2010, 30. 6. 2010)

PURES 2010 sodi med gradbeno zakonodajo in skladno z zakonom o graditvi objektov pokriva vse tri faze graditve: projektiranje, gradnjo in vzdrževanje stavb. Pravilnik predstavlja vpeljavo zahtev, usmeritev in priporočil Evropske zakonodaje ter njegov prenos formalizacije na naš lokalno pravni sistem. Prenovljeni PURES pa tako uvaja inštrumente, da Slovenija lahko sledi zahtevam prenovljene direktive o energetski učinkovitosti stavb (EPBD), ki ne zajema le zaostitve iz energetsko-tehničnega vidika rabe energije, temveč tudi področja učinkovitosti ter zdravja, ki sta pomembna dejavnika trajnostne gradnje.

## **2.3 Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije**

V 5. členu PURES 2010 je razloženo čemu je Tehnična smernica za graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije (v nadaljevanju TSG-1-004:2010) namenjena: *»Tehnična smernica graditev TSG-1-004:2010 Učinkovita raba energije v stavbah (v nadaljnjem besedilu: tehnična smernica) določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseg zahtev iz tega pravilnika in določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba tehnične smernice je obvezna.«* (Uradni list, RS, št. 52/2010, 30.6.2010)

Hkrati s PURES 2010 je treba upoštevati tudi TSG-1-004:2010, saj ji Pravilnik predstavlja pravni okvir, s tem pa sta dokumenta v tesni povezavi.

V točki 3.2 prvega odstavka 2. člena je v Zakonu o graditvi objektov TSG-1-004:2010 opredeljena kot »dokument«, s katerim se za določeno vrsto objekta natančneje opredelijo bistvene zahteve, pogoji za projektiranje, razredi gradbenih proizvodov oziroma proizvodov, ki se smejo vgrajevati, ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje. Dokument želi zagotoviti zanesljivost objekta ves čas v njegovi dobi obratovanja, kadar je to potrebno ter tudi podaja postopke s katerimi je mogoče ugotoviti ali so določene zahteve izpolnjene. (Uradni list, RS, št. 110/2002, 18. 12. 2002)

### 3 OPIS OBJETKA



Slika 2: Pogled na vzhodni del stavbe



Slika 3: Pogled na zahodni del stavbe

Investitor: Podjetje za stanovanjsko in komunalno gradnjo – Kranj (leto gradnje: 1976)

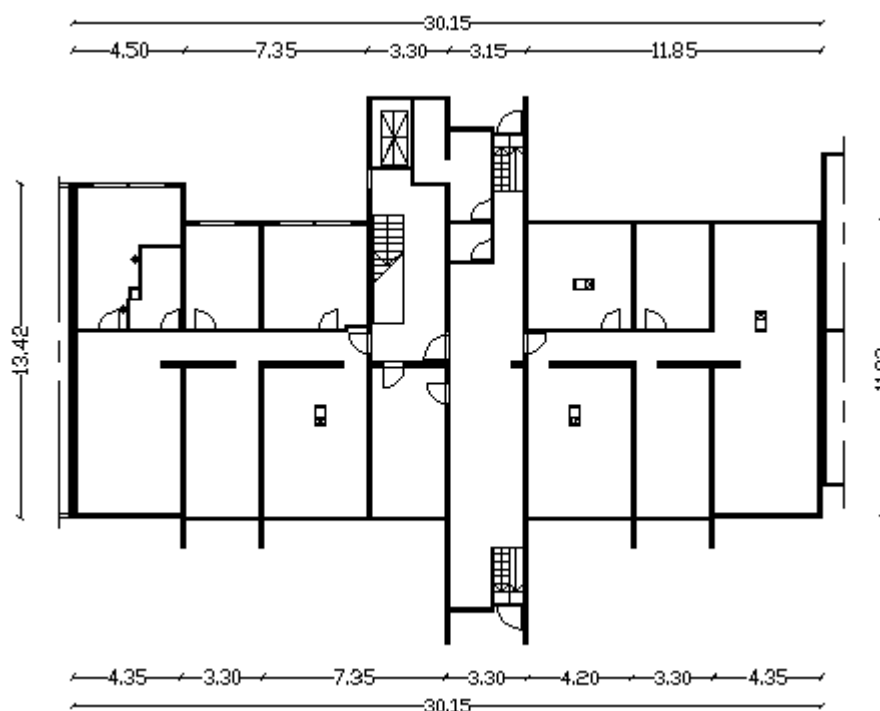
Objekt: Stanovanja na Planini – lamela A6

Tehnična dokumentacija: Biro za projektiranje GIP GRADIS (Podjetje za stan..., sedanji Domplan d.d., 1975)

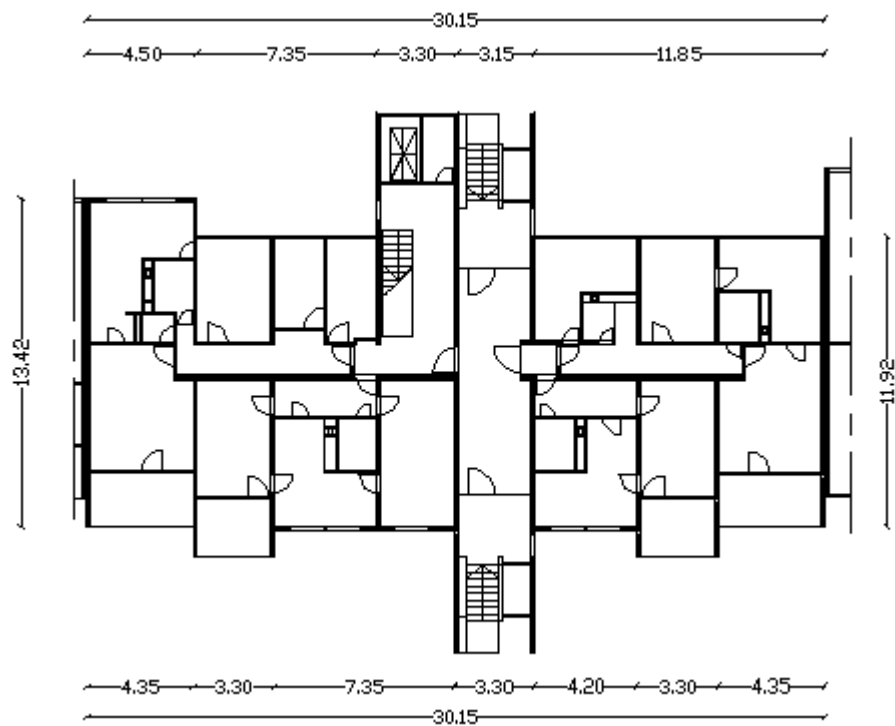
Objekt je lociran na ulici Gorenjskega odreda 6 na Planini pri Kranju. Objekt ima 7 stanovanjskih etaž z trisobnimi, dvosobnimi, enosobnimi stanovanji ter garsonjerami. Klet je namenjena shrabsnim prostorom ter hišnim funkcionalnim prostorom in tehničnim napravam.

### 3.1 Arhitekturna zasnova

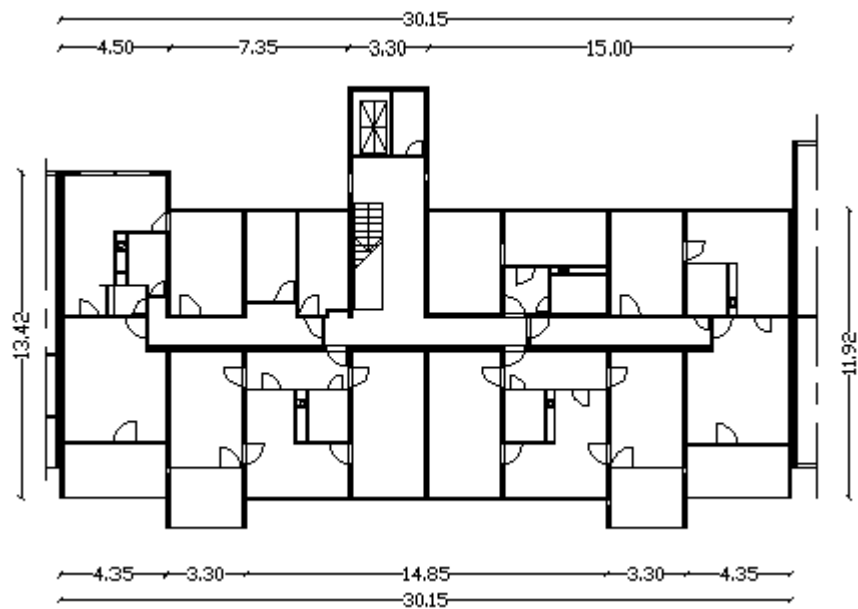
Vključen je v strnjeno verigo stanovanjskih enot, katerih gabariti so določeni po zazidalnem načrtu. Od 8 gradbenih etaž je kletna etaža do polovice pod nivojem terena. Visoka pritlična etaža je namenjena stanovanjem in vhodnemu delu, 6 nadstropne etaže so stanovanjske etaže. Streha je dvojna, ostrešni prostor je neizkoriščen. Visoko pritličje je prehodno v prečni smeri na tistem mestu kjer se dotika vertikalne komunikacije. S tem je dosežena enakovrednost vhodov z ulične strani in strani parkirnih prostorov. V nadstropnih etažah je na stopnišče priklopljenih po pet stanovanj. V pritličju so štiri stanovanja. Stopnišče je locirano ob zunanji steni in osvetljeno z dnevno svetlobo. Streha je dvojna z enostavno hidroizolacijo je prekrita še z metuljasto streho z notranjimi odtoki.



Slika 4: Tloris kleti



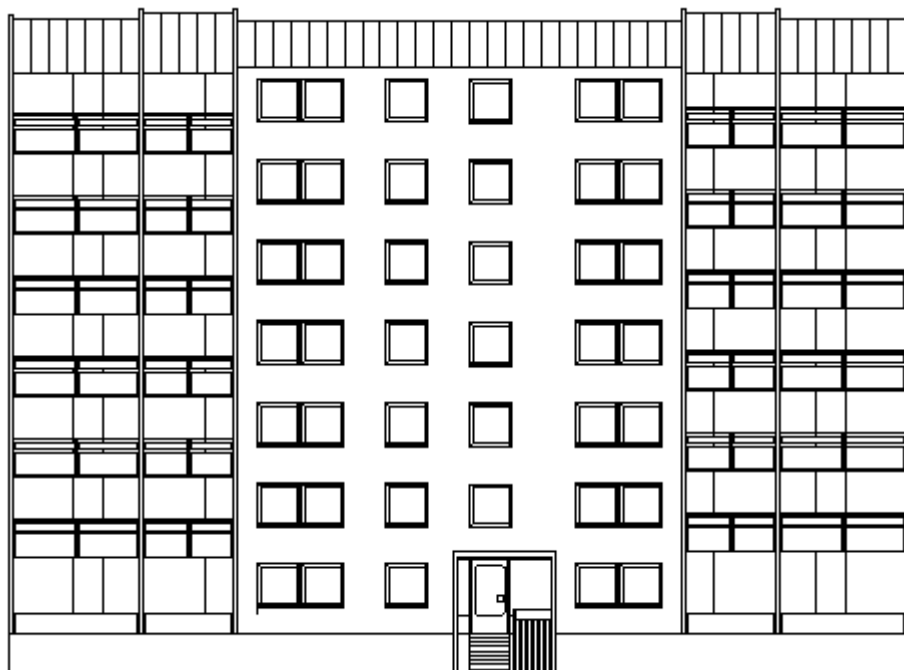
Slika 5: Tloris pritličja



Slika 6: Tloris tipične etaže



Slika 7: Vzhodna fasada



Slika 8: Zahodna fasada

#### **4.1 Konstrukcija**

Armirano betonska stenasta konstrukcija debeline 15cm v prečni smeri, ki jo v vzdolžni smeri povezuje stena debeline 25cm ob notranjem hodniku. Strop tvorijo masivne betonske plošče debeline 15cm. Ostrešje je leseno s roženiki na vzdolžnih robnih in vmesnih legah.

#### **5.1 Materiali**

Material konstrukcije je liti beton. Fasadne stene so prav tako iz litega betona debeline 12 cm do 25 cm obložene z tankoslojnim ometom ter 4 cm polistirena. (po obnovi fasade poleti 2010, se je na že obstoječo fasado dodalo 10cm polistirena in nov tankoslojni omet) Betonski elementi stanovanjskih lož so iz vidnega betona. Predelne stene so montažne pripravljene v betonarni debeline 7 cm. Streha je dvokapna z naklonom navznoter, ravni del nad zadnjo etažo je zaščiten s toplotno izolacijo iz polistirena, ki je izveden z betonskim slojem in običajno hidroizolacijo. Leseno ostrešje je pokrito z jekleno rebrasto pločevino, ki se steka v žloto v osi stavbe. Ometov v stavbi ni.

#### **6.1 Inštalacije**

V stavbi je centralna kurjava priključena na daljinsko ogrevanje, topla in mrzla voda, hidranti, telefonska inštalacija, jakotočna električna naprava nizke napetosti. Objekt je priključen na ločen kanalizacijski sistem.

#### **7.1 Ogrevanje**

Stanovanjska stavba se ogreva s toplo vodo preko toplovodnega sistema, ki služi za dobavo toplote za ogrevanje prostorov in pripravo tople sanitarne vode. Toplota se objektom priključenim na toplovod predaja preko toplotnih postaj z vgrajenimi prenosniki toplote in sicer preko celega leta. Kotlarna Planina je v začetku kot energent uporabljala mazut, po letu 1992 se je kot energent pričel uporabljati zemeljski plin.

## 4 ANKETA

S stanovalci v bloku opravi anonimno anketo. Izmed 34 anketiranih stanovanj, vprašalnik izpolni ter odda 22 anketirancev (n = 22) iz posameznih stanovanj. Stanovalcem zastavim sledeča štiri osnovna vprašanja in nekaj pod vprašanj.

- 1.) **Pozimi imate v stanovanju temperaturo \_\_\_ °C**
  
- 2.) **Je bila pred obnovo fasade ista temperatura v vašem stanovanju?**  
Obkrožite!  
DA  
NE – koliko? \_\_\_ °C
  
- 3.) **So v stanovanju že zamenjana stara okna z novimi?**  
Obkrožite in dopišite leto menjave, če so bila!  
NE  
DA leto: \_\_\_\_ Morda veste koeficient toplotne prehodnosti vaših zamenjanih oken?
  
- 4.) **Imate radiatorje že opremljene z regulacijskimi termostatskimi ventili?**  
NE  
DA leto montaže: \_\_\_\_\_ Kakšno temperaturo vzdržujete z njimi pozimi? \_\_\_ °C
  
- 5.) **Kako pogosto v času ogrevalne sezone (oktober–maj) prezračite stanovanje?**

Anketo je oddalo 65 % izmed vseh stanovanj v bloku, zato se odločim, da ti odgovori okvirno veljajo za vsa stanovanja v bloku.

Na podlagi prvega vprašanja tako pridobim povprečno notranjo temperaturo po obnovi fasade v času ogrevalne sezone. Pri drugem vprašanju izvem, kakšna je bila temperatura v bloku pozimi pred obnovo fasade. Tretje vprašanje zastavim zato, da izvem kakšen delež oken je bilo že zamenjanih, v katerem obdobju, ter kakšna je toplotna prehodnost teh oken. Pri četrtem vprašanju se zanimam, koliko stanovalcev že uporablja termostatske ventile na radiatorjih ter kakšno temperaturo vzdržujejo z njimi. Pri zadnjem vprašanju pa dobim podatek o obnašanju stanovalcev pri naravnem prezračevanju objekta.



#### 4.1 Rezultati ankete

- Povprečna notranja temperatura pozimi po obnovi fasade: 22,3°C (n=21)
- Povprečna notranja temperatura pozimi pred obnovo fasade: 21,4°C (n=20)
- Povprečno leto menjave oken: leto 2004 (n=21)
- Povprečni koeficient toplotne prehodnosti oken: ni podatka (n=0)
- Število stanovanj, ki uporabljajo termostatske ventile na radiatorjih: 8 stanovanj (n=21)
- Povprečno obdobje menjave termostatskih ventilov: 2010 (n=8)
- Povprečna temperatura katero vzdržujejo s pomočjo termostatskih ventilov: 23,3 (n=4)
- Povprečno število prezračevanj dnevno v stanovanjih: 2/dan (n=18)
- Povprečen čas prezračevanja: 15 min (n=22)

## 5 IZRAČUN ENERGETSKE BILANCE STAVBE PRED UKREPI

### 5.1 Program TEDI

Računalniški program je namenjen računu toplotne prehodnosti, analizi toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. V njegovi knjižnici materialov tako shranim KS-e za stavbo pridobljene v tehnični dokumentaciji in ogledom objekta.

#### 5.1.1 Koeficienti toplotne prehodnosti KS

Iz sestavnega dela tehnične dokumentacije pridobim podatke o konstrukcijskih sklopih ter jih obenem preverim s programom TEDI. Obenem jih primerjam z mejnim vrednosti, določenih v tabeli 1 točke 3.1.1 TSG-1-004:2010. Opaziti gre, da kriterijem sedanjih predpisov ustrezata le KS pod zaporedno številko devet. Koeficienti večplastnih KS iz tehnične dokumentacije se zelo natančno ujemajo s primerjavo v programu TEDI. Zato se odločim, da za račun uporabim točne vrednosti iz tehnične dokumentacije. Zaporedna številka KS pomeni zaporedno številko koeficienta toplotne prehodnosti.

TEDI	
<b>1. Zunanji zid:</b>	
Beton	0,07 m
Ekspandiran polistiren	0,05 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,833} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Elaborat	
<b>1. Zunanji zid:</b>	
Beton	0,07 m
Dryvit	0,05 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 0,8315 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

Slika 9: Primerjava KS 1 med TEDI in elaboratom

TEDI	
<b>2. Strop nad zadnjo etažo</b>	
Beton	0,05 m
Ekspandiran polistiren	0,06 m
AB plošča	0,15 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,566} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Elaborat	
<b>2. Strop nad zadnjo etažo</b>	
Beton	0,05 m
Ekspandiran polistiren	0,06 m
AB plošča	0,15 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 0,5400 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

Slika 10: Primerjava KS 2 med TEDI in elaboratom

TEDI	
<b>3. Strop nad etažami</b>	
Parket	0,01 m
Betonski estrih	0,035 m
Ekspandiran polistiren	0,02 m
AB plošča	0,15 m
$U_{izrač.} = 1,117 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,9 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 11: Primerjava KS 3 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>3. Strop nad etažami</b>	
Parket	0,01 m
Betonski estrih	0,035 m
Ekspandiran polistiren	0,02 m
AB plošča	0,15 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 1,0220 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

TEDI	
<b>4. Strop nad etažami sanitarij</b>	
Keramična plošča	0,035 m
AB plošča	0,15 m
$U_{izrač.} = 2,843 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,900 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 12: Primerjava KS 4 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>4. Strop nad etažami sanitarij</b>	
Keramična plošča	0,035 m
AB plošča	0,15 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 2,8383 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

TEDI	
<b>5. Notranji zid</b>	
Beton	0,15 m
Apnena malta	0,02 m
$U_{izrač.} = 2,865 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,9 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 13: Primerjava KS 5 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>5. Notranji zid</b>	
Beton	0,15 m
Omet	0,02 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 2,8760 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

TEDI	
<b>6. Pred. stena</b>	
Mavčna stena	0,06 m
$U_{izrač.} = 2,893 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,9 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 14: Primerjava KS 6 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>6. Pred. stena</b>	
Mavčna stena	0,06 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 2,8789 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

TEDI	
<b>7. Predelna stena</b>	
Mavčna stena	0,07 m
Mavčna stena	0,08 m
$U_{izrač.} = 2,108 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,9 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 15: Primerjava KS 7 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>7. Predelna stena</b>	
Mavčna stena	0,07 m
Mavčna stena	0,07 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 2,0247 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

TEDI	
<b>8. Zunanji obodni zid</b>	
Beton	0,15 m
Ekspandiran polistiren	0,04 m
Omet	0,03 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,787} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 16: Primerjava KS 8 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>8. Zunanji obodni zid</b>	
Beton	0,15 m
Dryvit	0,04 m
Omet	0,03 m
<b>Skupaj:</b>	<b>U=0.7792</b> W/m <sup>2</sup> K

TEDI	
<b>9. Parapet pri balkonskih vratih</b>	
Les	0,015 m
Kamena volna	0,03 m
Les	0,02 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,936} \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = \mathbf{1,3} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS ODGOVARJA</b>	

Slika 17: Primerjava KS 9 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>9. Parapet pri balkonskih vratih</b>	
Les	0,015 m
Kamena volna	0,03 m
Les	0,02 m
<b>Skupaj:</b>	<b>U=1,0605</b> W/m <sup>2</sup> K

TEDI	
<b>10. Tla v kleti</b>	
Betonski estrih	0,04 m
Kamena volna	0,04 m
AB plošča	0,1 m
Nasutje	0,1 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,770} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,3} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 18: Primerjava KS 10 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>10. Tla v kleti</b>	
Betonski estrih	0,04 m
Kmena volna	0,04 m
AB plošča	0,1 m
Nasutje	0,1 m
<b>Skupaj:</b>	<b>U=0.7873</b> W/m <sup>2</sup> K

TEDI	
<b>11. Zunanji zid pri vhodu</b>	
Beton	0,15 m
Ekspandiran polistiren	0,01 m
Fasadna opeka	0,1 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{1,6} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 19: Primerjava KS 11 med TEDI in elaboratom

Elaborat	
<b>11. Zunanji zid pri vhodu</b>	
Beton	0,15 m
Ekspandiran polistiren	0,01 m
Fasadna opeka	0,1 m
<b>Skupaj:</b>	<b>U = 1.5029</b> W/m <sup>2</sup> K

TEDI	
<b>12. Zunanji zid v kleti</b>	
Mavčna stena	0,06 m
Kamena volna	0,03 m
Beton	0,12 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,944} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Elaborat	
<b>12. Zunanji zid v kleti</b>	
Mavčna stena	0,06 m
Kamena volna	0,03 m
Beton	0,12 m
<b>Skupaj:</b>	<b><math>U = 0.8913 \text{ W/m}^2\text{K}</math></b>

Slika 20: Primerjava KS 12 med TEDI in elaboratom

Po temeljitejšem ogledu stavbe opazim, da nekaterih KS ni bilo prikazanih v elaboratu. Tako ostale KS, ki jih v elaboratu stavbe ne zasledim, z ogledom na objektu in z računom v programu TEDI predstavim v spodnjem zaporedju.

13. Strop nad kletjo	
Parket	0,01 m
Betonski estrih	0,015 m
Estrudiran polistiren	0,02 m
AB plošča	0,15 m
Celuloza	0,03 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,643} \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = \mathbf{0,280} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

14. Strop nad kletjo sanitarij	
Keramične ploščice	0,12 m
AB plošča	0,15 m
Celuloza	0,03 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,643} \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = \mathbf{0,35} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 21: KS 13 in 14

15. Notranji nosilni zid	
Beton	0,25 m
Omet	0,02 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{2,551} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,9} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

16. Zunanji strop v kleti	
Beton	0,1 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{4,697} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 22: KS 15 in 16

16. Zunanji strop v kleti	
Beton	0,1 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{4,697} \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{\text{max}} = \mathbf{0,28} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

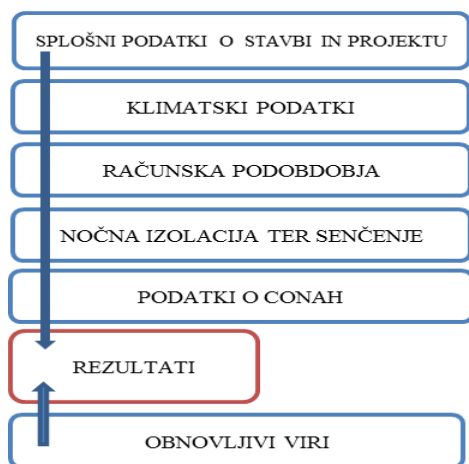
17. Tla v avli	
Naravni kamen	0,035 m
Beton	0,15 m
Vlaknaste lesene plošče	0,03 m
$U_{\text{izrač.}} = \mathbf{0,994} \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{\text{max}} = \mathbf{0,35} \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 23: KS 16 in 17

## 5.2 Program TOST

Program TOST izračuna podatke, potrebne za končno poročilo (v skladu s SIST EN ISO 13790:2008) oziroma dokaz ustreznosti o toplotni zaščiti stavbe (v skladu s PURES 2010). Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje v stanovanjskih in ne stanovanjskih stavbah po obeh metodah; mesečni in sezonski. Za vsak mesec je možno upoštevati po eno obdobje nezasedenosti. Mogoče je upoštevati vpliv prekinjenega ogrevanja in ostalih časovno odvisnih karakteristik posameznih toplotnih con. V izračun je moč vključiti tudi posebne elemente ovoja, kot so steklenjaki, prezračevani in ogrevani elementi ovoja, ne transparentni elementi s transparentno izolacijo ter zbiralno shranjevalne stene.

Program je izdelan v okolju Excel, vendar je vizualno zasnovan tako, kot vsak drug program z okni. Program tudi ne omogoča dinamičnega izračuna, zato je omejen na določeno število toplotnih con in njihovih elementov.



Slika 24: Zaporedje vnosa vhodnih podatkov v program TOST

### 5.2.1 Splošni podatki

Po splošnih podatkih, ki so že navedeni v poglavju diplomske naloge (opis objekta), program zahteva, da izberem katere mejne vrednosti želim upoštevati. Izberem merodajne, ki so stopile v veljavo s 1. Januarjem 2011. Toplotne mostove z linijsko toplotno prehodnostjo  $\Psi_e > 0,2 \text{ W/mK}$  upoštevam posamezno, ostale z linijsko toplotno prehodnostjo  $\Psi_e < 0,2 \text{ W/mK}$  pa upoštevam na poenostavljen način po navodilih TSG s povečanjem toplotne prehodnosti celotnega ovoja stavbe za  $0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Za toplotno prevodnost zemljine upoštevam konzervativno vrednost:  $\lambda_G = 2,0 \text{ W/mK}$ . Pri vrsti energenta za stavbo izberem, da se objekt ogreva na daljinsko toploto brez kogeneracije. Za učinkovitost sistema, tako po posvetu z somentorjem ter upravnikom naše kotlovnice podam naslednje vrednosti:

- Generacija: 0,9,
- Distribucija: 0,8,
- Emisija: 0,78.

### 5.2.2 Klimatski podatki

Povežem se s spletno stranjo Agencije RS za okolje ter podam koordinate na lokaciji kjer se objekt nahaja.

GKY = 451090 GKX = 121618

Program na osnovi podanih koordinat iz podatkovne baze izbere ustrezne podnebne podatke. Program upošteva najnovejše podatke RS-MOP, določeni za površino kvadratov 1 km<sup>2</sup>. Vendar je statistika zbrana za povprečje zadnjih trideset let. Poleg navedenih podatkov v spodnji tabeli poda tudi globalno sončno obsevanje po orientacijah S, J, V in Z.

Preglednica 1: Klimatski podatki na lokaciji objekta pridobljeni na RS-MOP

Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	3500
Projektna temperatura (°C)	-16
Povprečna letna temperatura (°C)	9,3
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1111
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	250
Začetek ogrevalne sezone (dan)	260
Konec ogrevalne sezone (dan)	145

### 5.2.3 Računska podobdobja

Program zahteva, da razdelim trajanje dneva in noči po mesecih. Tako podam povprečne dolžine dneva ter noči po mesecih. Vsota dolžin vseh dni traja 2632 ur, ter 3248 ur vsota dolžin vseh noči. Ker stanovalci v stavbi redno prebivajo, ter se ogrevamo neprekinjeno z daljinsko toploto ne upoštevam obdobj nezasedenosti.

### 5.2.4 Nočna izolacija, senčenje

Nočne izolacije ne upoštevam, saj nobeden od stanovalcev nima vgrajenih toplotno izoliranih rolojev. Poleg tega tehnična smernica navaja, da je vpliv nočne toplotne zaščite na oknih dovoljeno upoštevati, le kadar je predvideno avtomatsko vodenje elementov za nočno toplotno zaščito.

### 5.2.5 Podatki o conah

Ker ogrevana cona ne presega 80% prostornine celotne stavbe, oziroma neogrevani prostori presegajo 20% objekta, tako objekt razdelim na tri posamezne cone.

- OC (ogrevana cona – stanovanja)
- NC (neogrevana cona – stopnišče, avla)
- NC z NK (Neogrevana cona z neogrevano kletjo – neogrevana klet)

### 5.2.5.1 Ogrevana cona – stanovanja

Ogrevana cona tako zavzema uporabno površino ter prostornino stavbe. V ta del ogrevane cone spadajo samo stanovanja v sedmih etažah. Res je, da razvod centralnega ogrevalnega omrežja poteka tudi skozi stopnišče, avlo ter minimalen del kleti, smo se stanovalci domenili, da jim odvzamemo ventile. Radiatorji tako preko celega leta ne oddajajo toplote. Pri tem pride do manjših izgub, saj vroča voda v neizoliranih ceveh, kroži skozi neogrevano cono. Kot je iz slike 3 razvidno, naša stavba tako na Južno in Severno stran meji na sosednja objekta. Južna stran je popolnoma v stiku z sosednjim ogrevanim objektom medtem, ko je sosednja stavba na Severni strani nižja za dve etaži. Ker program ne nudi možnosti, da podam vrsto stene, ki meji na sosednje ogrevane stavbe, se posvetujem z somentorjem o ustrezni rešitvi. Dogovoriva se o edini možnosti, da v račun vnesem tri ogrevane cone. Preostali coni, bosta tako izničila toplotne izgube ogrevani coni skozi ta del ovoja, saj bo v vseh treh conah identična notranja temperatura. Pri končnih rezultatih, moram tako odšteti porabo od »navideznih con«, da pridobim pravilne rezultate.

#### 5.2.5.1.1 Osnovni podatki za OC – stanovanja

- Prostornina cone: 5826,92 m<sup>3</sup>
- Uporabna površina cone: 1927 m<sup>2</sup>

Vrsta konstrukcije glede na njeno kapaciteto: Težka

Po navodilih TSG-1-004:2010 objekt zaradi masivnih zunanjih in notranjih gradbenih elementov in velikim deležem le-teh, ter s plavajočim estrihom ter brez visečega stropa uvrstim med težke konstrukcije.

- Izračunana toplotna kapaciteta cone:  $C = 501,02 \text{ MJ/K}$

Projektna notranja temperatura pozimi:

- Na podlagi ankete je povprečna temperatura v stavbi pozimi bila:  $\theta_i = 21,4^\circ\text{C}$

Povprečna moč dobitkov notranjih virov:

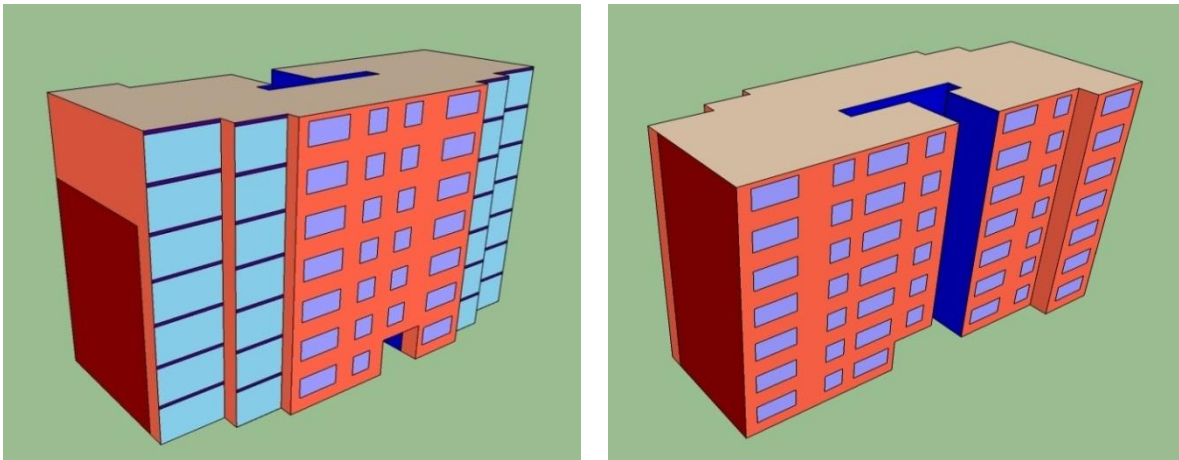
Po navodilih TSG-1-004:2010 se lahko prispevek notranjih virov pri potrebni toploti za ogrevanje stanovanjske stavbe poenostavi na 4 W/m<sup>2</sup> uporabne površine stavbe.

$$4\text{W/m}^2 \cdot 1927 \text{ m}^2 = 7708 \text{ W}$$



### 5.2.5.1.2 Prezračevanje v OC – stanovanja

V stavbi ni mehanskega ter hibridnega prezračevanja temveč je le naravno prezračevana. Izmenjava zraka je odvisna od zrakotesnosti ovoja, tlačnih razlik med okolico in stavbo, vgrajenega stavbnega pohištva ter obnašanja stanovalcev pri prezračevanju. Pri izračunu je v program potrebno podati urno izmenjavo zraka z zunanjim okoljem na neto uporabne prostornine stavbe. Podajanje količine izmenjave zraka v program je zagotovo eden najbolj občutljivih parametrov na končni rezultat o porabi. Pomagam si z podatkom iz ankete saj stanovalci v povprečju zračijo le do dvakrat na dan po petnajst minut. Tudi glavna menjava oken je bila v letu 2004, takrat pa je bila ponudba z okni na trgu že z več tesnili. Menim kljub temu, da je stavba starejša, da blok zaradi že zamenjanega stavbnega pohištva v ogrevani coni ter redkejšim zračenjem stanovalcev, spada med bolj zrakotesne objekte.



Slika 25: Sliki prikazujeta zahodni (levo) ter vzhodni del (desno) OC. Različni odtenki prikazujejo različne KS ter toplotne mostove na stavbi

### 5.2.5.1.3 Zunanji ovoj OC – stanovanja

Zunanji stena OC je sestavljena iz več različnih KS, ker program omogoča, vnos le ene zunanje stene, tako povprečim toplotno prehodnost za celotno zunanjo steno na OC. Pri odprtinah v OC dobim podatek (anketa), da so bila okna v bloku že v celoti zamenjana, v povprečju v letu 2004. Žal ne pridobim nobenega podatka kakšno toplotno zaščito imajo, tako ocenim povprečen koeficient toplotne prehodnosti oken v letu 2004 na trgu na  $2,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Balkonske stene niso bile še v večini zamenjane. Z računom dobim povprečno toplotno prehodnost balkonske stene iz lesenih okvirjev, parapetov ter dvojne zasteklitve na približno  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . V računu, kot sem omenil upoštevam linijske toplotne mostove večje od  $2 \text{ W/mK}$ . Upoštevam toplotne mostove ob balkonskih vetrolovih ter ob zasteklitvi pri vходу v blok.

Preglednica 2: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prevodnosti  $U$  zunanjšega ovoja OC

ZUNANJA STENA, STREHA	Simbol (slika 14)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanja stena (netransparenten del)		781,5	0,83
Streha		313,0	0,58

Preglednica 3: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  transparentnega dela na OC

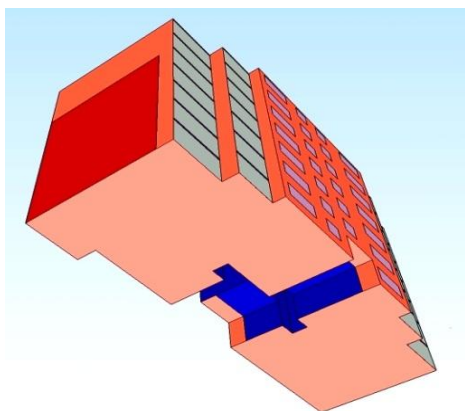
ZUNANJA STENA (TRANSPARENTNI DEL)	Simbol (slika 14)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Okna (Vzhod)		149,0	2,4
Okna (Zahod)		80,4	2,4
Balkonske stene 3m x 2,5m		147,0	2,52
Balkonske stene 4,2m x 2,5m		105,0	2,48

Preglednica 4: Dolžina  $l$  in koeficient toplotne prehodnosti  $\Psi$  toplotnih mostov v OC

TOPLOTNI MOSTOVI	Simbol (slika 14)	Dolžina (m)	toplotna prehodnost (W/mK)
Med etažami vetrolovov		122,4	0,22
Strop ter stene pri vhodnih vratih		17	0,22





#### 5.2.5.1.4 KS med conami

OC je v neposrednem stiku z NC – stopnišče, avla ter NC z NK – neogrevana klet. Zato v nadaljevanju v tabeli navedem seznam predelnih konstrukcijskih sklopov med OC in NC. Netransparentni predelni konstrukcijski sklopi OC so tako notranje stene stavbe, ki mejijo na stopnišče, avlo ter tla nad kletjo, ki mejijo na NC z NK. Transparentni del OC pa sestavlja površina vhodnih vrat v stanovanja skozi stopnišče.



Slika 26: Slika prikazuje spodnji del OC, ki je hkrati predelni KS z NC z NK. Modra barva na sliki predstavlja mejne KS z NC.

Preglednica 5: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  mejnih KS med conami

MEJNI KS MED CONAMI			
NETRANSSPARENTNI DEL	Simbol (slika 25)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Stene in tla, ki mejijo na NC		448,5	2,56
Tla, ki mejijo na NC z NK		278,3	0,64
Steni, ki mejita na sosedna objekta		295,7	2,00
TRANSPARENTNI DEL	Simbol (slika 25)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
vhodna vrata v stanovanja, ki mejijo na NC		70,2	2,50

#### 5.2.5.1.4 Tla

Ogrevana cona ni v stiku s terenom. Spodnja površina ogrevane cone je v stiku z NC z NK ter NC.

#### 5.2.5.2 Neogrevana cona – stopnišče, avla

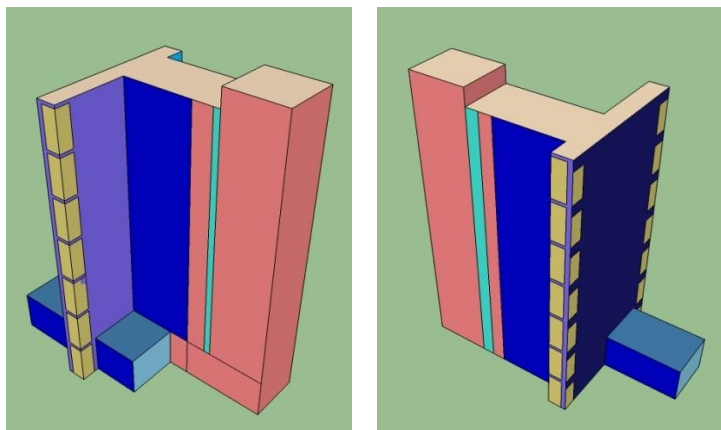
Neogrevano cono sestavlja stopnišče v sedmih etažah, jašek za dvigalo ter avla pri vhodu. Zunanji del ovoja oklepa le jašek dvigala ter streha. Preostal del je z notranjimi stenami objet z OC. Spodnji del cone, pa je tako kot OC v stiku z NC z NK. Povprečna notranja temperatura pozimi je v NC znašala 17°C. Vendar je zaradi termike ter vhodnih vrat v blok bilo do 1,5°C razlike med pritličjem in šestim nadstropjem.

- Prostornina cone: 885,55m<sup>3</sup>
- Uporabna površina cone: 262,41 m<sup>2</sup>

##### 5.2.5.2.1 Prezračevanje v NC – stopnišče, avla

Neogrevana cona se v stopnišču ne prezračuje, saj so transparentni elementi vgrajeni v konstrukcijo in naravno zračenje ni mogoče. Do velike izmenjave zraka pride pri obeh vhodnih vratih, pri vstopu in izstopu stanovalcev. Vendar je avla ločena z vrati med stopniščem, ki zavzema večinsko prostornino te cone. Vseeno, zaradi prepaha, ki nastane zaradi nasprotno orientiranih vhodnih vrat, ter slabo zatesnjene vetrolova pri vhodu, NC uvrstim med manj tesno. Ker stanovalci večinoma izstopajo in vstopajo v dnevem času in zgodnji polovici noči to ustrezno korigiram.

### 5.2.5.2.2. Zunanji ovoj NC – stopnišče, avla



Slika 27: Sliki prikazujeta vzhodno stran (levo) ter zahodno stran (desno) NC

Preglednica 6: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  za zunanje stene in streho na NC

ZUNANJA STENA, STREHA	Simbol (slika 26)	Površina (m <sup>2</sup> )	toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Zunanja stena (netransparenten del)		276,4	0,83
Streha		68,8	0,58

Preglednica 7: Površine  $A$  in koeficienti  $U$  za zunanje transparentne dele na NC

ZUNANJA STENA (TRANSPARENTEN DEL)	Simbol (slika 26)	Površina (m <sup>2</sup> )	toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Steklena stena (Sever)		15,1	3,0
Steklena stena (Jug)		6,5	3,0
Vhodna vrata v blok (Vzhod)		7,5	5,0
Vhodna vrata v blok (Zahod)		7,5	5,0

Preglednica 8: Dolžina  $l$  in koeficient toplotne prehodnosti  $\Psi$  za toplotni most na NC

TOPLOTNI MOSTOVI	Simbol (slika 26)	Dolžina (m)	toplotna prehodnost (W/mK)
Del oboda vhodnih vrat		5	0,22

### 5.2.5.2.3 KS med conami

Preglednica 9: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  za mejne KS med conami

MEJNI KS MED CONAMI			
NETRANSARENTEN DEL	Simbol (slika 26)	Površina (m <sup>2</sup> )	toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Nosilna stena proti OC (25cm)		116,6	2,55
Stena proti OC (15cm)		186,2	2,88
Predelna stena proti OC		119,4	2,03
Strop nad etažami proti OC		26,4	2,84
Tla, ki mejijo na NC z NK		68,8	0,94
TRANSPARENTEN DEL	Simbol (slika 26)	Površina (m <sup>2</sup> )	toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Vhodna vrta v stanovanja proti OC		70,2	2,50

### 5.2.5.2.4 Tla

Tla neogrevane cone niso v stiku z zemljino temveč le z NC z NK.

### 5.2.5.3 Neogrevana cona z neogrevano kletjo – neogrevana klet

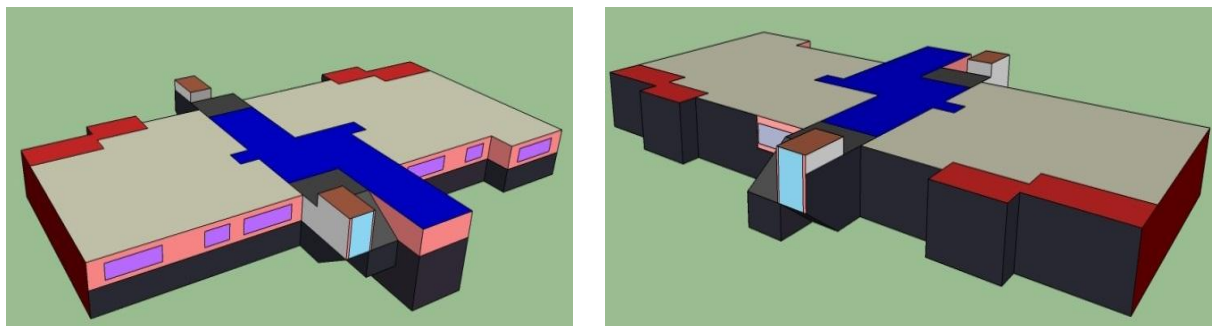
Neogrevana cona z neogrevano kletjo zajema celotno klet. Celotni del kleti je pod terenom, le Vzhodni del kleti, ima vkopane svetlobne jaške 1,35 m nad spodnjim delom kleti ter je tako izpostavljen zunanosti. Zunanosti je prav tako izpostavljen vhod v blok in veža iz obeh strani. Prostor pod stopnicami in vežo je NC z NK. Celotna tla kleti ležijo na terenu.. Severna ter Južna stran sta v stiku z sosednjim ogrevanim objektom. Zgornja stran cone pa je v stiku z NC in OC.

- Prostornina cone: 1117,28 m<sup>3</sup>
- Uporabna površina cone: 369,97 m<sup>2</sup>

#### 5.2.5.3.1 Prezračevanje v NC z NK – neogrevana klet

Cona je izpostavljena izmenjavi zraka pri vhodu v klet od zunaj. Okna v kleti še niso bila zamenjana, saj je to predmet naslednjega ukrepa. V coni so nameščena od izgradnje stavbe stara lesena »termopan« dvoslojna okna. V kleti je veliko vrat, ki med seboj ločuje sosednje kletne lože in tam prostori niso pretirano izpostavljeni prezračevanju. Po presoji zato ta del stavbe uvrstim med srednje tesne. Tudi v tej coni ustrezno korigiram večjo izmenjavo zraka v dnevnem času.

### 5.2.5.3.2 Ovoj v stiku z zunanostjo.



Slika 28: Zahodni del (levo) ter vzhodni del (desno) NC z NK

Preglednica 10: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  za netransparentne dele na NC z NK

STENE, STREHA (NETRANSSPARENTNI DEL)	Simbol (slika 27)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Stena v kleti nad terenom		51,4	0,89
Stena v kleti pri vhodu (10cm)		14,3	4,70
Zunanja stena pri vhodu (25cm)		8,1	1,50
Stena v stiku z zemljino		178,3	0,89
Strop nad kletjo pri vhodu klet		7,8	4,70
Strop pod avlo + stopnice		26,8	0,94
Strop v kleti nad balkoni		32,2	0,94

Preglednica 11: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  za transparentne dela na NC z NK

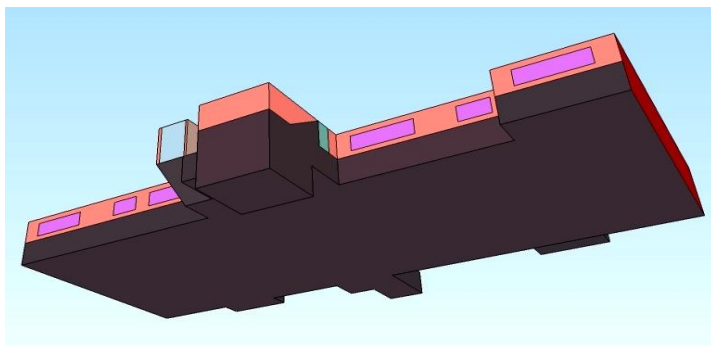
STENE (TRANSPARENTNI DEL)	Simbol (slika 27)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
okna v kleti (Vzhod)		11,2	3,0
okna v kleti (Zahod)		2,2	3,0
vrata v klet (Vzhod)		3,0	4,5
vrata v klet (Zahod)		3,0	4,5
Steklena stena (Sever)		1,1	3

Preglednica 12: Površine  $A$  in koeficienti toplotne prehodnosti  $U$  mejnih KS med conami

PREDELNI KS MED CONAMI			
NETRANSSPARENTEN DEL	Simbol (slika 27)	Površina (m <sup>2</sup> )	Toplotna prehodnost (W/m <sup>2</sup> K)
Steni, ki mejita na sosednja ogrevana objekta		67,8	2,00

### 5.2.5.3.3 Tla

- Debelina zunanje stene nad terenom: 0,13 m
- Toplotna prehodnost zunanje stene kleti nad terenom: 1,700 W/m<sup>2</sup>K
- Toplotna prehodnost tal med kletjo in prostori nad njo: 0,684 W/m<sup>2</sup>K



Slika 29: Rjava barva predstavlja površino, NC z NK pod terenom.

Preglednica 13: Vhodni podatki potrebni pri izračunu tal v NC z NK

TLA	Simbol (slika 28)	$A_{bf}$ (m <sup>2</sup> )	P (m)	$R_{bf,t}$ (m <sup>2</sup> K/W)	z(m)	h(m)	n(h <sup>-1</sup> )
Tla v kleti		405,7	108,5	1,27	2	0,7	1

$A_{bf}$ .....površina tal v kleti,

P.....izpostavljen obseg tal v skladu s SIST EN ISO 13370,

$R_{bf,t}$ .....skupni toplotni upor tal,

z.....globina tal v kleti pod nivojem terena,

h.....višina zgornje površine stropa kleti nad nivojem terena,

n.....urna izmenjava zraka (iz kleti) z zunanjim okoljem.

### 5.3 Poraba energije za ogrevanje pred ukrepi

Preglednica 14: Rezultati programa TOST pred ukrepi

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,86</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>261722</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>135,82</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	139,12
Ventilacijske izgube	45,27
<b>Skupne izgube</b>	<b>184,40</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,63
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,67</b>

Iz izkaza o energijski lastnosti stavbe za ogrevanje pred ukrepi vidimo, da objekt ne ustreza sedanjim zahtevam po PURES 2010. Čeprav ima objekt zelo nizek faktor oblike stavbe  $f_o$ , zaradi zelo majhne površine zunanje ovoja stavbe je poraba energije za ogrevanje zelo visoka. Stavba zavzema manjšo zunanjo površino zaradi tega, ker se obe fasadi (Severna in Južna) skoraj v celoti dotikata sosednje ogrevane stavbe. Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe  $H_T'$  je skoraj dvakrat večji od največjega dovoljenega. Povprečna toplotna prehodnost zunanje ovoja ne ustreza. Na zunanji ovoj je bilo med gradnjo položeno le 5cm toplotne izolacije kar pomeni toplotno prehodnost zunanje stene 0,825 W/m<sup>2</sup>K. Na zunanji ovoj stavbe, bi bilo tako potrebno dodati dodaten sloj izolacije. Velike izgube nastanejo tudi zaradi slabo izolirane strehe. Stavba ima tudi zelo velik delež transparentnih površin, ki pa imajo kljub zamenjavi oken v zadnjih letih še vedno večjo toplotno prehodnost, kot je dovoljeno danes.

Letna potrebna toplota pred obnovo za ogrevanje presega največjo dovoljeno skoraj za petkrat po izračunu v programu TOST. Čeprav se je po dejanski porabi pokazalo (v nadaljevanju), da je poraba nekoliko nižja je še vedno previsoka za približno štirikrat. (odvisno od temperaturnega primanjkljaja v sezoni). Tako lahko sklepam, da je bila poraba pred obnovo previsoka, saj objekt spada tako po izračunu, kot dejanski porabi po Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb (Uradni list RS, št. 77/2009, 2.10.2009) v energijski razred E, v katerega spadajo stavbe s porabo od 105 do 150 kWh/m<sup>2</sup>a.



## 6 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVBE

### 6.1 Ukrep 1: Izvedena obnova fasade poleti 2010



Slika 30: Pogled na zahodni del fasade med obnovo fasade poleti 2010. Delavci na odrih lepijo 10 cm debele ekspanzirane polistirenske plošče na že obstoječo fasado.


Pri obnovi fasade se je na zunanji ovoj OC z do sedaj 5 cm obstoječo fasado dodalo še 10 cm ekspandiranega polistirena. Tako je zunanja stena zadostila mejnim vrednostim iz TSG-1-004:2010 za zunanje stene. Na zunanji del ovoja NC pa se je tako na že 5 cm sloja izolacije dodalo 3 cm ekspandiranega polistirena. Ta sklop še vedno ni zadostil pogojem iz TSG-1-004:2010.

Tako se je konstrukcijskemu sklopu, ki zavzema 625,72 m<sup>2</sup> površine na OC zmanjšala toplotna prehodnost iz 0,7792 W/m<sup>2</sup>K na 0,268 W/m<sup>2</sup>K. Na NC, kjer je zunanji del zidu v stiku z zunanostjo, pa iz 0,7792 W/m<sup>2</sup>K na 0,471 W/m<sup>2</sup>K.

V programu TOST, tako v primerjavi z postopkom izračuna pred ukrepi spremenim koeficienta toplotne prehodnosti za KS na zunanji steni (netransparenten del) pri OC in NC. Pri podajanju notranje temperature

$\theta_i$  v OC pa le to povečam iz 21,4 na 22,3°C saj je bilo iz odgovorov v anketi razvidno, da je bila temperatura v stanovanjih višja po obnovi. Uporabniki so uporabljali še star režim ogrevanja, ki ni bil prilagojen situaciji z dodatno plastjo toplotne izolacije na fasadi.


8. Zunanji obodni zid	
Beton	0,15 m
Dryvit	0,04 m
Omet	0,03 m
$U_{izrač.} = 0,7792 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,28 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	



8. Zunanji obodni zid	
Beton	0,15 m
Ekspandiran polistiren	0,04 m
Omet	0,03 m
Polistirenske plošče	0,1 m
Omet	0,01 m
$U_{izrač.} = 0,268 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,28 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS ODGOVARJA</b>	

Slika 31: KS 8 na OC pred in po obnovi

8. Zunanji obodni zid	
Beton	0,15 m
Dryvit	0,04 m
Omet	0,03 m
$U_{izrač.} = 0,787 \text{ (W/m}^2\text{K)} > U_{max} = 0,28 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	



8. Zunanji obodni zid	
Beton	0,15 m
Ekspandiran polistiren	0,04 m
Omet	0,03 m
Polistirenske plošče	0,03 m
Omet	0,01 m
$U_{izrač.} = 0,496 \text{ (W/m}^2\text{K)} < U_{max} = 0,28 \text{ (W/m}^2\text{K)}$	
<b>KS NE ODGOVARJA</b>	

Slika 32: KS 8 na NC pred in po obnovi

### 6.1.2 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 1

Preglednica 15: Rezultati programa TOST po ukrepu 1

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,73</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>244893</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>127,09</b>	28,34

se nadaljuje...

...nadaljevanje Preglednice 15

<b>Izgube in dobitki (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>	<b>Stavba</b>
Transmisijske izgube	128,79
Ventilacijske izgube	48,58
<b>Skupne izgube</b>	<b>177,37</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,68
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,72</b>

Po obnovi fasade leta 2010 lahko vidimo, da se oblikovni faktor  $f_o$  ne spremeni, saj na faktor vpliva sama arhitekturna zasnova objekta in ne nižana toplotna prehodnost ovoja. Vidimo pa, da se zmanjša koeficient  $H_T'$  saj se glede na velik delež fasade pri stavbnem ovoju zmanjša povprečna toplotna prehodnost ogrevanega dela stavbe. Zmanjša se tudi letna potrebna toplotna za ogrevanje, saj se zaradi manjše toplotne prehodnosti ovoja zmanjša toplotni tok iz objekta. Specifična poraba pade iz 135,82 kWh/m<sup>2</sup>a na 127,09 kWh/m<sup>2</sup>a. Glede na 6. člen Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskega izkaznika stavb, se stavba po obnovi po izračunu uvrsti še vedno v razred energetske učinkovitosti E.

## **6.2 Ukrep 2: Prehod na nov obračun stroškov za ogrevanje v sezoni 2011/12**

Omenil sem že, da je del porabe toplote v stavbi odvisen tudi od obnašanja uporabnikov v stavbi. Doslej stanovalci v večstanovanjskih stavbah niso bili motivirani za varčevanje s toploto. Stroški za ogrevanje so bili fiksni, saj se je strošek delil izključno po velikosti ogrevane površine stanovanja. Stanovalci smo se tako z več kot 50 % soglasjem odločili, da preidemo z uvajanjem novega plačila stroškov za ogrevanje po dejanski porabi. Tako se po sporazumu stroški za ogrevanje na posamezno stanovanje delijo 30 % po kvadraturi stanovanja, 70 % pa glede na porabo toplote v stanovanju. V skladu z energetskega zakonom je bil dne 29.1.2010 izdan nov Pravilnik o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več posameznimi deli (Uradni list RS, št. 7/2010, 29. 1. 2010).

### **Pravilnik o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več posameznimi deli**

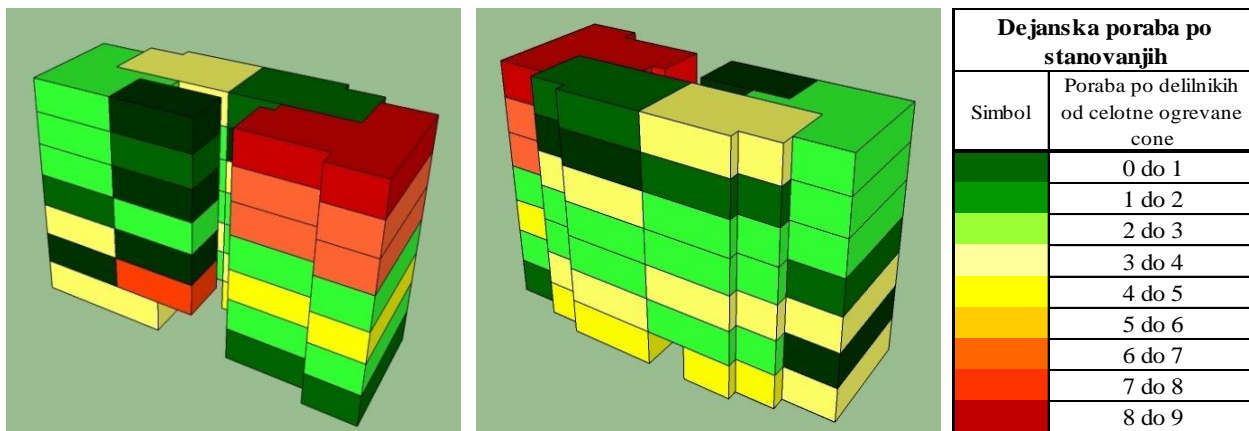
V 1. členu tega Pravilnika je razloženo čemu je namenjen: *»Ta pravilnik določa način merjenja toplote ter način delitve in obračuna stroškov za toploto v večstanovanjskih in drugih stavbah z najmanj štirimi posameznimi deli (v nadaljevanju: stavbe) v skladu z Direktivo 2006/32/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 5. aprila 2006 o učinkovitosti rabe končne energije in o energetskih storitvah ter o razveljavitvi Direktive Sveta 93/76/EGS.«* (Uradni list RS, št. 7/2010, 29. 1. 2010)

Za merjenje dejanske porabe po stanovanjih je bilo treba na vsa grelna telesa, namestiti merilne naprave, oziroma delilnike stroškov toplote. Po 3. členu omenjenega pravilnika so delilniki stroškov toplote naprave za indikacijo ali merjenje dejanske porabe toplote, ki omogočajo določitev deležev stroškov za ogrevanje in deležev stroškov za pripravo tople vode posameznih delov stavbe. Delilniki po tem Pravilniku so delilniki, ki so nameščeni na grelnih telesih, ter merilniki toplotne energije in vodomeri za toplo vodo v posameznih delih stavbe (Uradni list RS, št. 7/2010, 29. 1. 2010). Na trgu obstaja več vrst delilnikov, ki se med seboj razlikujejo po delovanju, funkcionalnosti ter ceni. Stanovalci smo se odločili za EDSO 201S elektronske delilnike proizvajalca Qundis iz Nemčije. Ta naprava z vgrajenim mikroprocesorjem meri in shranjuje podatke o količini oddane toplotne energije v prostor. Na koncu sezone se opravi ročno odčitavanje števecv. Poraba se na podlagi vseh delilnikov ene toplotne postaje preračuna na deleže dejanske porabe po stanovanjih.

Iz poročila o stroških za toploto (2012) v ogrevalni sezoni 2011/12 pridobim podatke po posameznih stanovanjih izključno po dejanski porabi. Tako pripadajočo OC razdelim na stanovanjske enote, ter jih kategoriziram po dejanski porabi. Iz slike 33 je razvidno, kako se poraba po stanovanjih spreminja. V majhni meri se opazi, da manjša stanovanja porabijo manj, saj imajo manjšo grelna površino ter

posledično manj grelnih teles. Stanovanja, ki so v pritličju in prvem nadstropju bloka, ter so izpostavljena vходу v blok so izpostavljena večji porabi. Vzrok temu doprinese neizoliran zunanji del stropa v avli pri vходу. Poleg tega niso izolirane stene takoj za vhodnimi vrati, ki so samo enojno zastekljene. Večji porabi pa so tudi izpostavljena stanovanja na Severni strani stavbe saj v zimskem času prejmejo manj sončne svetlobe. Poraba pa se tem stanovanjem povečuje tudi z višino, zaradi slabo izolirane strehe na stavbi. V osnovi pa se opazi, da se poraba spreminja »naključno« kar pomeni, da je od motiviranosti stanovalcev po posameznih stanovanjih odvisno kdo varčuje in kdo ne.

Ta ukrep se ne da preveriti z izračunom, saj gre pri tem ukrepu izključno za obnašanje porabnikov po stanovanjih. Priporočeno je, da grelna telesa niso obdana s predmeti (dolge zavese, omare, kavči), ki tako ovirajo kroženje zraka po prostoru ter zvišujejo temperaturo v bližini grelnih teles. Če je v bližini grelnega telesa višja temperatura, delilniki merijo večjo porabo pri tem grelnem telesu. Zato imajo posredno porabniki velik vpliv na porabo.



Slika 33: Merjena dejanska poraba po stanovanjih, Severni del (levo), Južni del (desno).

### 6.3 Ukrep 3: Zamenjava vseh vhodnih vrat v blok ter kletnih oken

Plan naslednjih ukrepov v naši stavbi so zamenjava vseh vhodnih vrat ter kletnih oken. Vhodna vrata niso bila zamenjana od začetka obratovanja stavbe. Slabo tesnjenje ter velika toplotna prehodnost tako prinaša velike izgube bližnjim stanovanjem v pritličju. Poleg izgub skozi odprtino prihaja tudi do toplotnih mostov po obodu površine. V kletnih prostorih pa tako ostajajo še edina ne zamenjana okna v stavbi ter vhodna vrata v klet iz obeh strani.



Slika 34: Vhodna vrata v blok (levo) ter vhodna vrata v klet (desno)



Slika 35: Kletna okna v svetlobnih jaških

Zamenjava naj bi se izvedla v naslednjem obdobju. Vhodna vrata ter okna naj bi se zamenjala z stavbnim pohištvom, ki ima ustrezno toplotno prehodnost po PURES 2010, ki znaša za vhodna vrata  $1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  ter okna  $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

V program TOST tako za račun naslednjega ukrepa spremenim le koeficiente toplotne prehodnosti za transparentni del površin vhodnih vrat v NC – stopnišče, avla in oken ter vhodnih vrat v klet v NC z NK – neogrevana klet.

### 3.3.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 3

Preglednica 16: Rezultati programa TOST po ukrepu 3

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,72</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>237005</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>122,99</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	124,46
Ventilacijske izgube	48,46
<b>Skupne izgube</b>	<b>172,92</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,83
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,87</b>

Po ukrepu, ki še ni bil izveden, posledično tudi ni bilo pridobljenih podatkov o dejanski porabi, gre opaziti, da do bistvenjšega prihranka toplote v stavbi nebi prišlo. Koeficient  $H_T'$  se skoraj ne spremeni, letna poraba toplote na neto uporabne površine stavbe pa se zmanjša le iz na 127,09 kWh/m<sup>2</sup>a na 122,99 kWh/m<sup>2</sup>a. Do manjše porabe pride predvsem zato, ker vhodni transparentni del ter kletna okna nimajo velikega deleža površine v stavbnem ovoju.

#### 6.4 Ukrep 4: Varianta s 15 cm toplotne izolacije po zunanjih stenah in strehi

Ker z obnovo fasade pred sezono 2010/2011 z računom v programu TOST zadostimo le enem pogoju izmed mejnih vrednosti sem se odločil primerjati energetska učinkovitost stavbe, z obnovo, ki bi imela dodaten sloj toplotne izolacije v ovoju. Tako na KS, ki se je med obnovo dodalo dodatnih 10 cm izolacije dodam še 5 cm. Med dejansko obnovo sem opazil, da na zunanje stranske stene balkonov niso namestili izolacije, čeprav skupno zavzemajo 118,22 m<sup>2</sup> površine zunanje stene. Prav tako tudi na strop avle pri vhodu ni bilo položenega dodatnega sloja toplotne izolacije, čeprav je v stiku z zunanostjo ter zavzema skupaj 8,58 m<sup>2</sup> površine na OC ter 26,4 m<sup>2</sup> na mejnem KS med NC in OC. Prav tako niso izolirali celotno streho na bloku, ki skupno zavzema 313,03 m<sup>2</sup> na OC in 68,76 m<sup>2</sup> na NC.

V program TEDI, na našete KS dodam dodatne plasti toplotne izolacije, izračunane faktorje toplotne prehodnosti pa vnesem v program TOST.

##### 6.4.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 4

Preglednica 17: Rezultati programa TOST po ukrepu 4

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,64</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>208104</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>107,99</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	108,33
Ventilacijske izgube	47,91
<b>Skupne izgube</b>	<b>156,24</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,87
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,91</b>

Obnova fasade in strehe z 15 cm slojem, ter dodatno sanacijo nekaterih manjših delov površin, bi prineslo občutno zmanjšanje porabe energije. Koeficient  $H_T'$  se bi tako zmanjšal na 0,643 W/m<sup>2</sup>K in se tako že približal največjemu dovoljenemu. Tudi letna potrebna toplota za ogrevanje, bi se približala energijskemu razredu D s porabo od 60 do 105 kWh/m<sup>2</sup>a.



## 6.5 Ukrep 5: Varianta s 20 cm toplotne izolacije po zunanjih stenah ter strehi

Zaradi optimističnih rezultatov pri obnovi s 15 cm debelim slojem izolacije se tako z računom v programu TOST odločim izvesti ukrep z obnovo 20 cm debele plasti ekspandiranega polistirena na fasado in streho ter za 15cm debelejšo izolacijo na posamezne dele stavb, ki med obnovo niso bili sanirani.

V programu TEDI tako na omenjene KS na že 15 cm nove plasti izolacije dodam še dodatnih 5 cm, dobljene faktorje zamenjam v programu TOST pri ustreznih KS.

### 6.5.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 5

Preglednica 18: Rezultati programa TOST po ukrepu 5

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,62</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>201974</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>104,81</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	104,91
Ventilacijske izgube	47,79
<b>Skupne izgube</b>	<b>152,71</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,89
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,93</b>

Iz rezultatov je razvidno, da pride do dodatnega zmanjšanja letne potrebne toplote za ogrevanje, vendar bistveno manj, kot iz prehoda 10 cm dodatne izolacije na dodatnih 15cm. Tudi koeficient  $H_T'$  ostane skoraj nespremenjen. Iz te ugotovitve pridem do bistvene ugotovitve, da se toplotna prehodnost gradbene konstrukcije ne zmanjšuje linearno z debelino toplotne izolacije. Zato optimalno debelino toplotne izolacije ne moremo določiti le iz toplotne prehodnosti gradbene konstrukcije  $U$ , temveč moramo upoštevati ekonomske in okoljske kriterije (Kunič, Krainer, 2009). Odločim se, da bom analiziral, še druge vrste ukrepov, s katerimi bi na objektu privarčevali na porabi, saj se z morebitnim še debelejšim slojem za ta objekt iz finančnega vidika stanovalcev ne izplača več. Z debelejšimi sloji izolacije bi privarčevali bistveno manj proporcionalno ceni obnove. Glede na ugotovitve v znanstvenih člankih Kuniča in Krainerja (2009 in 2010) je debelina 20 cm že blizu optimalni pri tej tehnologiji.

## 6.6 Ukrep 6: Znižanje temperature v stavbi na 20°C

Iz rezultatov ankete je bilo ugotovljeno, da temperatura zraka v stavbi pozimi  $\theta_i$  po obnovi fasade v povprečju na posamezno stanovanje znaša 22,3°C. Ugotovljeno je, da je ugodna temperatura pozimi v bivalnih prostorih med 20°C in 22°C. Tudi po 14. členu Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št. 42/2002, 15.5.2002) je priporočena temperatura za toplotno ugodje v času ogrevanja med 20°C in 22°C.

Kot možen ukrep bi bila montaža regulacijskih termostatskih ventilov na vsa grelna telesa v stavbi. Ugotovljeno je bilo (anketa), da ima v stavbi na grelna telesa že montirane termostatske ventile osem stanovanj, vendar z njimi vzdržujejo sorazmerno visoko temperaturo, kljub uvedbi delilnikov stroškov ogrevanja. V kolikor bi se v objektu zavzeli, da bi vsa grelna telesa opremili z termostatskimi ventili, ter vzdrževali skupno notranjo temperaturo v stavbi 20°C pozimi, ki še omogoča bivalno ugodje, bi bil prihranek pri porabi še večji.

Pri tem ukrepu v programu TOST znižam notranjo temperaturo v stavbi pozimi  $\theta_i$  iz 22,3°C na 20°C.

### 6.6.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 6

Preglednica 19: Rezultati programa TOST po ukrepu 6

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,62</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>162723</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>84,44</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	86,39
Ventilacijske izgube	39,14
<b>Skupne izgube</b>	<b>125,54</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,89
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,93</b>

Izračun pokaže, da ostane koeficient  $H_T'$  nespremenjen, saj notranja temperatura v stavbi pozimi  $\theta_i$  ne vpliva na enačbo koeficienta specifičnih transmisijских toplotnih izgub stavbe  $H_T'$ . Občuten padec sledi pri letni potrebni toploti za ogrevanje. S tem ukrepom bi se objekt uvrstil zelo nizko v D razred energetske učinkovitosti. Letna poraba toplote za ogrevanje tako po izračunu ukrepa 6, znaša 84,44 kWh/m<sup>2</sup>a in bi pomenil za stavbo izdaten prihranek.

## 6.7 Ukrep 7: Zamenjava oken in balkonskih sten po PURES 2010

Iz pridobljenih podatkov (anketa) izvem, da je bila glavnina obnov oken izvedena v letu 2004. Takrat, pa so bila na trgu okna z večjo toplotno prehodnostjo, kot zahteva današnji PURES 2010. Poleg tega pa kupci oken v preteklem obdobju še vedno niso namenjali dovolj velike pozornosti toplotni prehodnosti skozi okna. V tem primeru velja še vedno slaba informiranost stanovalcev o toplotni zaščiti pri stavbnem pohištvu. S tem ukrepom tako želim ugotoviti, koliko bi lahko privarčevali, če bi v OC vso stavbno pohištvo na transparentnih površinah zamenjali z sedanjim zahtevam po PURES 2010.

V programu TOST tako vsem transparentnim elementom v OC spremenim koeficiente toplotne prehodnosti po PURES 2010 ( $U_{\max}=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

### 6.7.1 Poraba energije za ogrevanje po ukrepu 7

Preglednica 20: Rezultati programa TOST po ukrepu 7

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	1927,00		
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	5826,92		
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	2356,26		
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,40	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T'$		<b>0,40</b>	0,47
Letna potrebna toplota za ogrevanje	$Q_{NH}$ (kWh)	<b>110101</b>	54617
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabna površine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	<b>57,14</b>	28,34

Izgube in dobitki (kWh/m <sup>2</sup> a)	Stavba
Transmisijske izgube	59,35
Ventilacijske izgube	34,96
<b>Skupne izgube</b>	<b>94,31</b>
Notranji dobitki	35,04
Solarni dobitki	34,89
<b>Skupni dobitki</b>	<b>69,93</b>

Zaradi velikega deleža zunanjih odprtih v OC se z znižanjem toplotne prehodnosti tem površinami močno zniža poraba energije za ogrevanje. Iz tabele je razvidno, da koeficient  $H_T'$  ustreza največjim dovoljenim po PURES 2010. S tem ukrepom bi zadostili zahtevi  $H_T'$ . Tudi letna potrebna toplota za ogrevanje se zniža ter tako stavbo pomakne še nižje v razred energetske učinkovitosti C v katere spadajo objekti od 35 do 60 kWh/m<sup>2</sup>a.

## 7 DEJANSKA PORABA V SEZONAH 2008/2009 DO 2011/2012

Dejanske podatke o porabi energije za ogrevanje v stavbi pridobim pri Vladu Ahčinu dipl. ekon. (osebna komunikacija, 7.6. 2012) v podjetju Domplan d.d., ki je upravnik kotlovnice za naselje Planina v Kranju. Pridobil sem podatke za letno porabo energije v stavbi, ter trajanje kurilnih sezon iz preteklih let.

Uspel sem pridobiti dejansko mesečno, letno ter specifično porabo toplote za ogrevanje v stavbi, temperaturni primanjkljaj ter trajanje kurilnih sezon za zadnja štiri leta. Kljub kratkem obdobju, združim podatke pridobljene iz naše kotlovnice (Domplan d.d.) ter meteorološke podatke iz Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) (pridobljeno 1.9.2012.). Tako pridem do določenih ugotovitev vzrokov za nihanje porabe med sezonami.

2008 - 2009	Poraba (kWh)	Povprečna mesečna zunanja temperatura (°C)			
Od 19.September	5.895	13,4			
Oktober	16.150	10,1			
November	29.805	4,5			
December	44.260	0,4			
Januar	47.775	-3			
Februar	35.665	-0,4			
Marec	27.750	5,1			
April	12.630	11,3			
Do 11.Maj	3.030	16,2			
<b>Dejanska poraba toplote za ogrevanje v sezoni (kWh)</b>	<b>222.960</b>	>	<b>54.617</b>	<b>Največja dovoljena (kWh)</b>	
<b>Dejanska potrebna toplota za ogrevanje na neto m<sup>2</sup> uporabne površine (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>115,70</b>	>	<b>28,34</b>	<b>Največja dovoljena (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	
Povprečna zunanja temperatura v ogrevalni sezoni (°C)	5,1				
Povprečna temperatura v stavbi v ogrevalni sezoni (°C)	21,4				
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	233				
Dejanski temp. primanjkljaj	3443				

2009 - 2010	Poraba (kWh)	Povprečna mesečna zunanja temperatura (°C)			
September	0	15,7			
Od 11.Oktober	16.710	9,2			
November	26.840	5,2			
December	39.550	0,5			
Januar	48.160	-3,2			
Februar	38.685	-1			
Marec	31.415	4,1			
April	18.015	9,5			
Do 21.Maj	8.175	14,2			
<b>Dejanska poraba toplote za ogrevanje v sezoni (kWh)</b>	<b>227.550</b>	>	<b>54.617</b>	<b>Največja dovoljena (kWh)</b>	
<b>Dejanska potrebna toplota za ogrevanje na neto m<sup>2</sup> uporabne površine (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>118,09</b>	>	<b>28,34</b>	<b>Največja dovoljena (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	
Povprečna zunanja temperatura v ogrevalni sezoni (°C)	4,5				
Povprečna temperatura v stavbi v ogrevalni sezoni (°C)	21,4				
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	210				
Dejanski temp. primanjkljaj	3406				

Slika 36: Dejanski podatki o porabi toplote za ogrevanje v stavbi v sezoni 2008/09 in 2009/10

V ogrevalnih sezonah 2008/09 ter 2009/10 ni bilo omembe vrednih ukrepov za zmanjšanje porabe. Iz ankete je bilo vendarle razvidno, da so bila med leti 2007 ter 2009 zamenjana okna v sedmih stanovanjih že samo med tistimi, ki so izpolnili vprašalnik. To naj bi v povprečju znašalo 99,05 m<sup>2</sup> transparentne površine v zunanjem ovoju. Vendar pa se je kljub krajši kurilni ter manjšim temperaturnim primanjkljajem v sezoni 2009/10 poraba povečala. Opaziti gre, da je bila le povprečna zunanja temperatura v času ogrevanja nižja za 0,6°C.

2010 - 2011	Poraba (kWh)	Povprečna mesečna zunanja temperatura (°C)
Od 23. September	4.010	13,4
Oktober	24.270	8
November	23.165	6,5
December	37.180	-1,8
Januar	36.955	-3
Februar	28.915	0,4
Marec	22.925	5,1
April	8.355	11,3
Do 18.Maj	3.695	16,2
<b>Dejanska poraba toplote za ogrevanje v sezoni (kWh)</b>	<b>189.470</b>	<b>54.617</b> Največja dovoljena (kWh)
<b>Dejanska potrebna toplota za ogrevanje na neto m<sup>2</sup> uporabne površine (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>98,32</b>	<b>28,34</b> Največja dovoljena (kWh/m <sup>2</sup> )
Povprečna zunanja temperatura v ogrevalni sezoni (°C)	5,0	
Povprečna temperatura v stavbi v ogrevalni sezoni (°C)	21,4	
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	237	
Dejanski temp. primanjkljaj	3353	

2011 - 2012	Poraba (kWh)	Povprečna mesečna zunanja temperatura (°C)
September	0	18,1
Od 7.Oktober	7.565	8,7
November	17.350	2,4
December	21.155	1,6
Januar	23.080	0,2
Februar	26.545	-2,7
Marec	10.290	8,4
April	7.165	10
Do 3.Maj	215	15
<b>Dejanska poraba toplote za ogrevanje v sezoni (kWh)</b>	<b>113.365</b>	<b>54.617</b> Največja dovoljena (kWh)
<b>Dejanska potrebna toplota za ogrevanje na neto m<sup>2</sup> uporabne površine (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>58,83</b>	<b>28,34</b> Največja dovoljena (kWh/m <sup>2</sup> )
Povprečna zunanja temperatura v ogrevalni sezoni (°C)	4,2	
Povprečna temperatura v stavbi v ogrevalni sezoni (°C)	22,3	
Trajanje ogrevalne sezone (dnevi)	208	
Dejanski temp. primanjkljaj	3436	

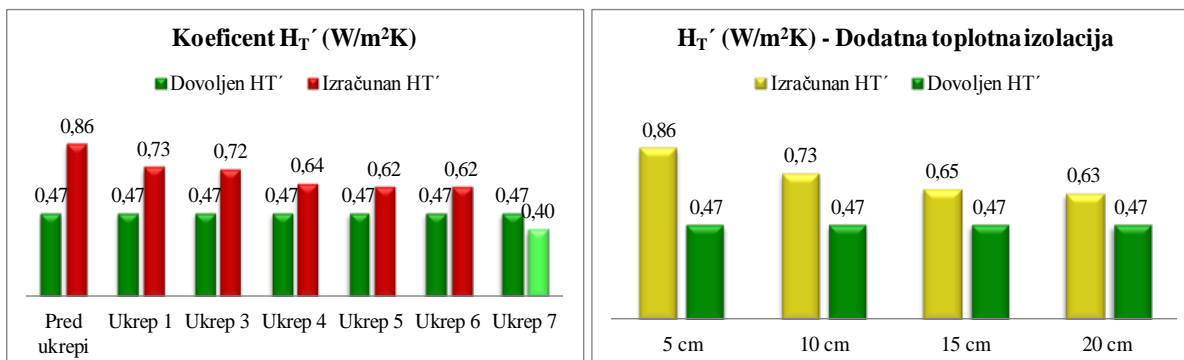
Slika 37: Dejanska poraba toplote za ogrevanje v stavbi v sezoni 2010/11 in 2011/12

Poleti 2010 je bil na objektu izveden prvi ukrep obnove fasade. Iz preglednice na sliki 37 je razvidno, da je prišlo do občutnega padca v porabi energije za ogrevanje v kurilni sezoni 2010/11. Indeks med porabo tako v primerjavi z predhodno sezono znaša 83. Kurilna sezona pa je bila, kljub manjši porabi daljša. Prav tako pa je bila pozimi višja notranja temperatura v stavbi (anketa).

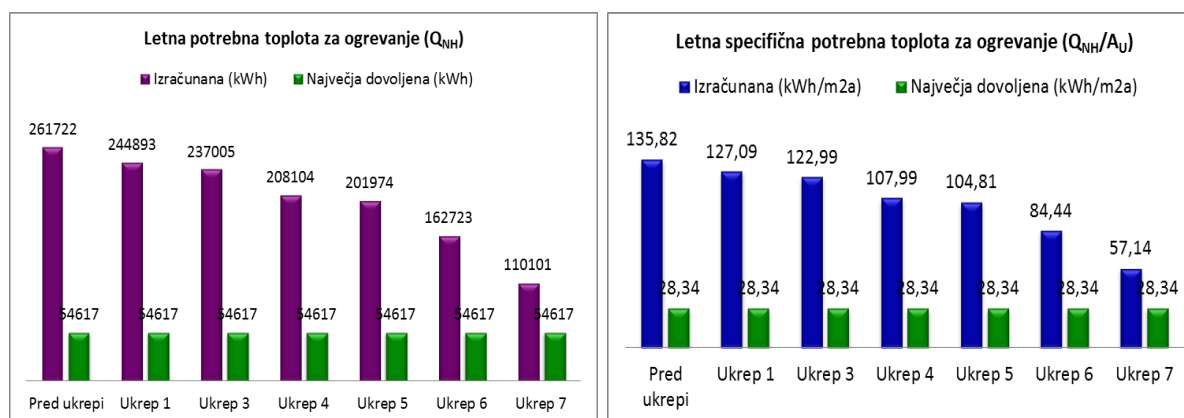
Med sezonama 2010/11 in 2011/12 smo v stavbi prešli nov način delitve stroškov ogrevanja. Z ukrepom 2 smo tako prešli na merjenje dejanske porabe v stanovanju s pomočjo delilnikov stroškov ogrevanja. Iz tabele je razvidno, da se poraba v sezoni 2011/12 zopet zniža. Tako je indeks porabe glede na prejšnjo sezono 60. Indeks glede na sezoni 2009/10 in 2011/12 pa znaša celo 50. Zadnja kurilna sezona se je začela pozno 7. Oktobra in končala že 3. Maja. Večji temperaturni primanjkljaj v sezoni 2011/12 pa je nastal ne zaradi daljše kurilne sezone, temveč v povprečju nižje zunanje temperature v sezoni.

## 8 ANALIZA

### 8.1 Analiza računskih rezultatov



Slika 38: Graf (levo) prikazuje zmanjševanje koeficienta  $H_T'$  po ukrepih. Graf (desno) prikazuje zmanjševanje koeficienta  $H_T'$  izključno z večanjem debeline toplotne izolacije na zunanji ovoj stavbe.

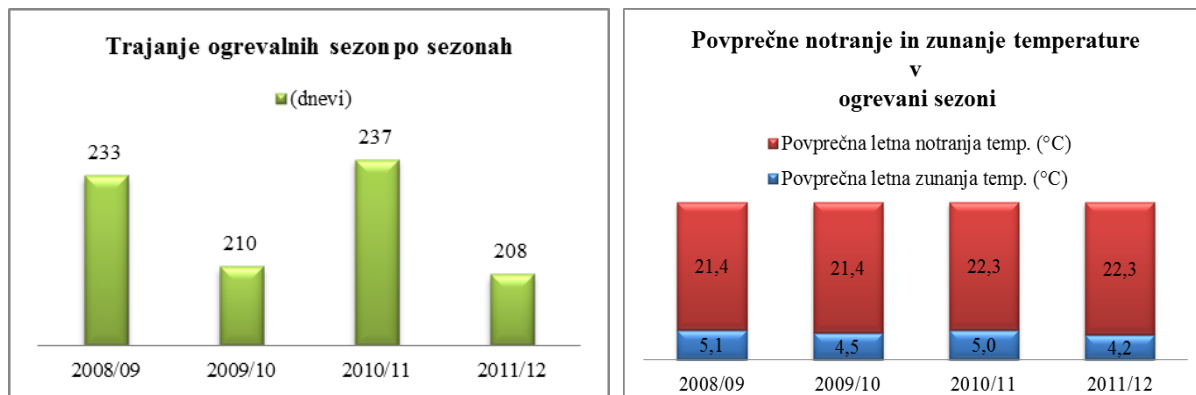


Slika 39: Graf (levo) prikazuje zmanjševanje letne potrebne toplote za ogrevanje  $Q_{NH}$  po ukrepih. Graf (desno) pa prikazuje zmanjševanje letne specifične potrebne toplote za ogrevanje  $Q_{NH}/A_U$  v primerjavi z dovoljeno.

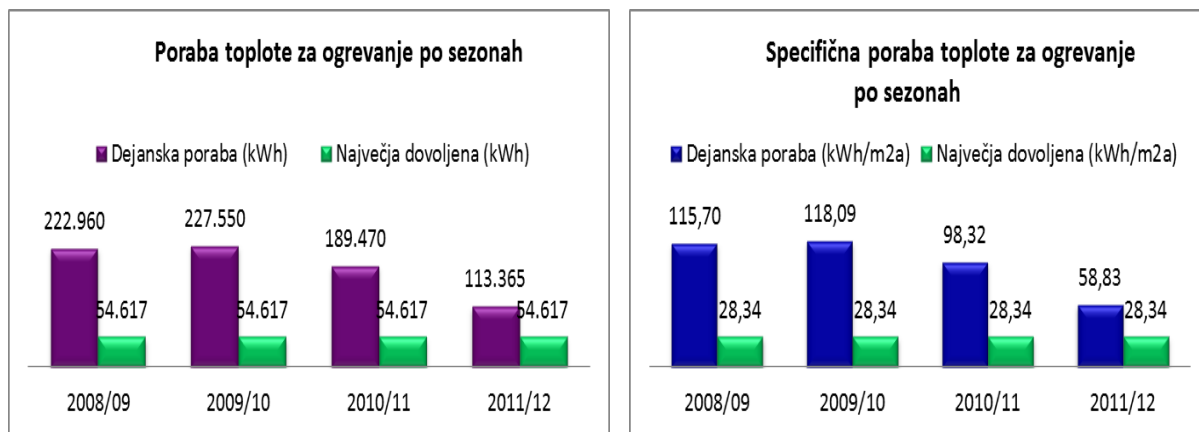
Po vseh ukrepih, ki sem jih predvidel, smo tako zadostili dovoljenemu koeficientu specifičnih transmissijskih toplotnih izgub  $H_T'$ . Največji vpliv pri zmanjšanju te vrednosti, je prispevala optimalna debelina toplotne izolacije na zunanjih stenah (slika 38 desno). S trenutnega stališča porabe energije v stavbi ter starosti objekta je 20 cm dodatne izolacije smiseln ukrep. V kolikor bi v prihodnosti prišlo do višanja cen energentov pa bi bilo koristno dodati še debelejšo plast toplotne izolacije (Kunič, Krainer, 2010) Na bistveno znižanje koeficienta  $H_T'$  vpliva tudi menjava vseh transparentnih površin v OC po PURES 2010, (Slika 38 levo) saj njihov delež znaša 28,4 % površine toplotnega ovoja stavbe. Ukrepa (3 in 6) bistvenega vpliva na koeficient  $H_T'$  nimata, saj smo že omenili, da ukrep 3 zavzema manjši delež v zunanjem ovoju, ukrep 6 pa vpliva na znižanje temperature v prostoru, z vidika avtomatskega nadzora ogrevanja.

Z predvidenimi ukrepi nisem zadostil pogoju dovoljene letne potrebne toplote za ogrevanje  $Q_{NH}$  (Slika 39 levo), ter letni specifični potrebni toploti za ogrevanje  $Q_{NH}/m^2a$  (Slika 39 desno). Največji vpliv na zmanjšanje potrebne toplote za ogrevanje imata zadnja dva ukrepa (6 in 7). Znano je, da znižanje temperature v notranjih prostorih za 1°C lahko zmanjša porabo energije za ogrevanje od 6 % do 10 %. To lahko dosežemo s pomočjo avtomatskega nadzora (termostatski ventili). Tako sem v izračunu dokazal (ukrep 6), da bi z 2,3°C nižjo temperaturo v ogrevanih prostorih dosegli 19,43 % manjšo porabo energije za ogrevanje. Z zamenjavo ustreznih oken ter balkonskih sten po PURES 2010 (ukrep 7) pa bi porabo energije za toploto še dodatno znižali za 32 %.

## 8.2 Analiza dejanske porabe energije za ogrevanje



Slika 40: Graf (levo) prikazuje trajanje ogrevalnih sezon. Graf (desno) prikazuje povprečno notranjo in zunanjo temperaturo po sezonah



Slika 41: Graf (levo) prikazuje zmanjšanje dejanske porabe energije za ogrevanje v sezonah. Graf (desno) prikazuje specifično porabo energije za ogrevanje po sezonah

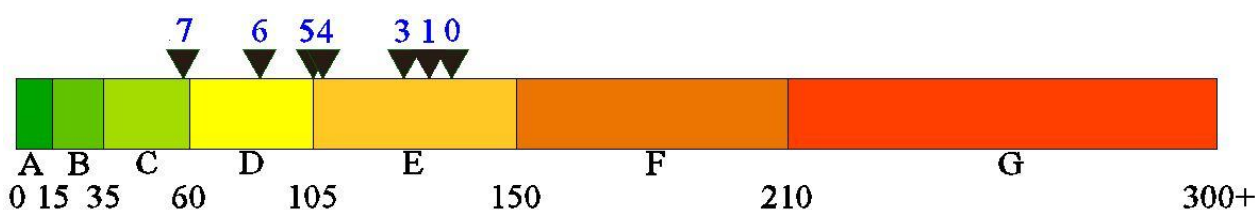
Zagotovo iz izkazov dejanske porabe (slika 38, 39 in 41) po sezonah sklepam, da se je poraba v sezoni 2010/11 in 2011/12 zmanjšala zaradi ukrepov z vidika zmanjšanja toplotnega toka skozi ovoj ter prehoda na nov obračun stroškov za ogrevanje. Stanovalci smo imeli v sezoni 2010/11 za 16,7 % manjšo porabo

energije za toploto glede na prejšnjo sezono. V naslednji sezoni pa celo 40,2 % nižjo porabo glede na prejšnjo. Tu lahko opazimo, kako koristen je bil ukrep prehod na nov obračun stroškov za ogrevanje po dejanski porabi v stavbi. Vendar pa se je v tej sezoni tudi začela izvajati rekonstrukcija sistema daljinskega ogrevanja. Vpliv nihanja porabe energije za ogrevanje je odvisen tudi od zunanjih klimatskih pogojev na lokaciji kjer se stavba nahaja. Temperaturni primanjkljaj, zunanja temperatura, sončno obsevanje in trajanje kurilne sezone so parametri, ki so odvisni od klimatskih pogojev.

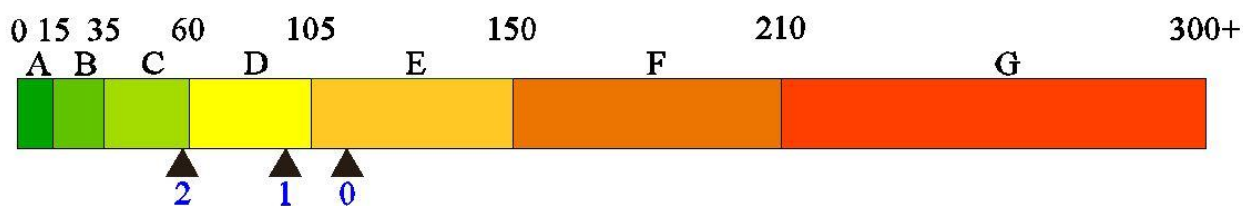
### 8.3 Računska in merjena energetska izkaznica stavbe

Po 3. členu Pravilnika o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb se energetska računsko izkaznica določi na podlagi izračunanih energijskih kazalnikov rabe energije stavbe. Energetska računsko izkaznica se izda za novozgrajene stavbe in obstoječe stanovanjske stavbe medtem, ko se merjena energetska izkaznica, določi na podlagi meritev rabe energije. Merjena energetska izkaznica se izda za obstoječe ne stanovanjske stavbe. (Uradni list RS, št. 77/2009, 2.10.2009)

Spodaj je prikazano, v kateri razred energetske učinkovitosti se stavba uvrsti na podlagi računsko energetske izkaznice stavbe za ukrepe (od 1-7, razen 2) ter merjene energetske izkaznice (ne velja za stanovanjske stavbe) za ukrepa (1 in 2) po energijskem kazalniku letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe  $Q_{NH}/A_U$ .



Slika 42: Računska energetska izkaznica stavbe po izračunanih ukrepih in porabi



Slika 43: Merjena energetska izkaznica stavbe po dejanskih ukrepih in porabi (ne velja za stanovanjske stavbe)



## 9 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu sem se z analizo porabe energije za ogrevanje osredotočil na stavbo v kateri živim. Ker je ravno obdobje, ko se objekt prenavlja v smislu energetske sanacije, sem se v diplomskem delu zavzel, da s pomočjo pridobljenih podatkov, ter računalniškimi orodji (TOST, TEDI) analiziram že izvedene ukrepe, ter predvidim možne ukrepe, ki bi na objektu zmanjšali porabo energije za ogrevanje. Tako sem ugotovil, da je obnova toplotne izolacije smiseln ukrep, vendar sem z dodatnimi ukrepi debelejše toplotne izolacije ugotovil, da ni bila izbrana primerna debelina. Obnova z 20 cm in ne 10 cm debelo toplotno izolacijo bi bila bolj opravičena glede na vse kriterije, ki vplivajo na smotrno porabo energije. Med temeljitejšem ogledom objekta in analizo dodatnih ukrepov sem ugotovil, da nekateri deli zunanjskega ovoja niso bili energetske sanirani. Tako lahko rečem, da sama obnova zunanjskega stavbnega ovoja ni bila izvedena celovito. Posledica se kaže v velikih neizoliranih površinah. Tudi ob morebitni kasnejši sanaciji teh površin, se situacija za izvedbo poslabšuje. Toplotna izolacija na strehi bi morala biti izvedena že pred obnovo strehe, saj bi ob morebitni obnovi morali ponovno demontirati strešno ploščevino, ki onemogoča dostop do vrhnje betonske plošče na stavbi. Dodatna obnova zunanjskega ovoja stavbe, ki med obnovo ni bil saniran, bi prinesla višje stroške stanovalcem. Vzrok, da so bila okna neustrezna po PURES 2010 v stanovanjih zamenjana že pred obnovo, gre iskati predvsem v slabi informiranosti stanovalcev ter strogih zahtev direktive EPBD-r, na kar splošna javnost ni bila pripravljena.

Koristen ukrep, s katerim smo stanovalci znatno privarčevali, je prehod na nov obračun stroškov za ogrevanje. Iz slike 41 opazimo, da je bila v pretekli sezoni (2011/12) poraba do 40,2% nižja v primerjavi na predhodno sezono. Glede na to, da je obračunavanje stroškov za ogrevanje po dejanski porabi v večstanovanjskih stavbah sorazmeroma nov ukrep, vidimo kakšen učinek ima na dejansko porabo toplote za ogrevanje. Poleg obnov z vidika gradbenih ter strojnih del v stavbi, lahko velik del pri znižanju porabe za ogrevanje dosežemo z motiviranostjo stanovalcev. Stanovalci, kot sem že omenil v poglavju (6.2 Ukrep 2: Prehod na nov obračun stroškov za ogrevanje v sezoni 2011/12), so spremenili svoje navade do grelnih teles, prezračevanja prostorov ter notranje temperature izključno zaradi delilnikov stroškov ogrevanja. Tako pridem tudi do zaključka, da ukrep v smislu povečanja izolativnosti zunanjskega ovoja ni tako učinkovit, če po ukrepu ne pride do prilagojenega režima v stavbi (vzdrževanje ugodne notranje temperature, pravilno prezračevanje), ki pa je, če ni zagotovljene avtomatske regulacije v rokah stanovalcev. Do izdatnega zmanjšanja dejanske porabe v zadnji sezoni pa je prišlo tudi zaradi začetka celotne rekonstrukcije sistema daljinskega ogrevanja.

V prihodnosti, bi lahko s stanovalci dodatno privarčevali na porabi toplote za ogrevanje tako, da bi znižali temperaturo v stanovanjih pozimi na 20°C saj je po podatkih (anketa) po obnovi pozimi v povprečju 22,3°C. Z ukrepom 6, sem tako dokazal, da že manjša sprememba temperature v stanovanju občutno zmanjša porabo toplote za ogrevanje. Ta ukrep bi zagotovili z avtomatskim nadzornim sistemom v obliki vgradnje regulacijskih termostatskih ventilov na vsa grelna telesa v stavbi.

Po izračunih vseh ukrepov sem po PURES 2010 zadostil prvemu pogoju mejnih vrednosti, koeficientu specifičnih transmisijskih izgub  $H_T'$ . Prav tako sem delno zadostil petemu pogoju mejnih vrednosti za posamezne KS določene v tabeli 1 točke 3.1.1 TSG-1-004:2010 z dodatno debelino toplotne izolacije, ter jim tako znižal koeficient toplotne prehodnosti. Kot možni naslednji ukrepi bi bili, ki jih pri izračunih nisem upošteval, dodatna debelina toplotne izolacije na mejne KS med OC in NC ter NC z NK. Ob boljši toplotni izolaciji med neogrevano kletjo ter stanovanji, ter neogrevanim stopniščem in stanovanji bi se objekt približal oziroma bi lahko zadostil še ostalim mejnim vrednostim po PURES 2010. Prav tako bi se lahko lotili obnove naprav na centralnem sistemu za ogrevanje na območju stavbe (v planu je tudi menjava hidroforja v toplotni postaji).

V celoti gledano smo kljub nekaterim napakam, pri energijski sanaciji dosegli nižjo porabo toplote za ogrevanje. Tako lahko poleg moje analize v diplomskem delu podam sporočilo stanovalcem v naši stavbi s stališča »na napakah se učimo«. Naslednje ukrepe na stavbi moramo obravnavati bolj premišljeno. Enako velja za vse stanovalce v večstanovanjskih stavbah, kjer se odločajo za energetske učinkovite obnove, saj je še posebej ob veliki razpršenosti odločitev med stanovalci treba obnovo obravnavati celovito.

Naj strnem, količina porabe toplote za ogrevanje v stavbi je zelo »izmuzljiva« z vidika v kakšnem razmerju različni dejavniki prispevajo za večjo porabo energije za ogrevanje. Kot vsi vemo, toplota iz stavbe prehaja v hladnejšo okolico v največji meri s pomočjo transmisije (skozi zunanji ovoj) ter ventilacije (skozi priprta okna in vrata ter slabo zrakotesne stavbne elemente) vendar, v kakšnem razmerju od vpliva različnih dejavnikov je precej odvisno od specifik stavbe. Poraba je odvisna od klimatskih pogojev v času ogrevanja, gradbeno fizikalnih lastnosti stavbe, vrste ogrevalnega sistema, bivalnih navad in odnosa uporabnikov do samega objekta. Med analizo in izračunom, tako moramo pri vnosu podatkov upoštevati vse naštetе dejavnike za posamezno stavbo.

Porabo energije za ogrevanje v stavbah se iz »zgornje« strani omejuje na globalnem nivoju zaradi posledic obremenjenosti okolja, ter omejenih virov energije. Na lokalnem nivoju pa ključno vlogo prispevajo stroški energije. S »spodnje« strani pa je poraba energije v stavbah upravičena z razlogom udobja ter zdravja v njej bivajočih stanovalcev, ki je tudi bistven, zakaj ogrevamo stavbe. Pomembnost rabe energije

za ogrevanje stavb, ki postaja danes vse bolj pomembno, tako omejuje in po drugi strani ščiti vrsta  
pravilnikov. Kako močno lahko vpliva zakonodaja na predvidene posege v stavbah pa bo moč spremljati v  
prihodnje.

## VIRI

Ahčin, V. 2012. Podatki o dejanski porabi energije v stavbi za sezone od 2008/09 do 2011/12. Osebna komunikacija. (7. 6. 2012.)

Direktiva 2002/91/ES evropskega parlamenta in sveta z dne 16. decembra 2002 o energetske učinkovitosti stavb. Uradni list Evropske unije, L15/6, 4.1.2003.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=DD:12:02:32002L0091:SL:PDF>

(Pridobljeno 3. 8. 2012.)

Direktiva 2010/31/EU evropskega parlamenta in sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb (prenovitev). Uradni list Evropske unije, L153/13, 18.6.2010.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:SL:PDF>

(Pridobljeno 3. 8. 2012.)

Dovjak, M., Shukuya, M., Olesen, B., Krainer, A. 2010. Analysis on exergy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings. Energy policy 38, str. 2998-3007.

Poročilo o stroških za toploto, 2012. Enerkon. Komenda.

Eurostat. 2012. newsrelease euroindicators, Production in construction down by 0.5% in euro area.

[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_PUBLIC/4-20082012-AP/EN/4-20082012-AP-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/4-20082012-AP/EN/4-20082012-AP-EN.PDF)

(Pridobljeno 20. 8. 2012.)

Google SketchUp. 2012.

<http://www.sketchup.com/> (Pridobljeno 10. 9. 2012.)

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

Krainer, A., Predan R. 2012. Računalniški program (TEDI) za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS. Ljubljana, UL FGG.

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.

Kristl, Ž., Zbašnik-Senegačnik, M. 2002. Energy renovation of large neighbourhoods in Slovenia. V: The Fourth (4th) ISES-Europe Solar Congress, Bologna, Italy, June 23-26, 2002. Renewable energy for local communities of Europe, toward Rio+10 : Proceedings. Rome: International Solar Energy Society Italia: p.1-8.

Kristl, Ž., 2002. Comparison of new slovene regulation Thermal protection and efficient use of energy in buildings eith EnEV. V: Guarracino, G. (ur.). EPIC 2002 AIVC : proceedings - actes : energy efficient & healthy buildings in sustainable cities : The 3rd European Conference on Energy Performance & Indoor Climate in Buildings and The 23rd Conference of the Air Infiltration & Ventilation Centre, Lyon, France, 23-26 October 2002. Vaulx-en-Velin: ENTPE: p. 895-900.

Kristl, Ž., Zbašnik-Senegačnik, M. 2002. Architectural and energy saving refurbishment of buildings. V: FRANKOVIĆ, Bernard (ur.). 18. Znanstveni skup o energiji i zaštiti okoliša = 18th Scientific Conference

on Energy and the Environment, Opatija, Croatia, October 23-25, 2002. Energija i okoliš 2002. Rijeka: Hrvatski savez za sunčevu energiju: str. 281-289.

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. Gradb. vestn. 58: 306-311.

Kunič, R., Krainer, A. 2010. Ekonomična debelina toplotnoizolacijskih slojev v ravnih strehah. = Economical thickness of thermal insulation layers in flat roofs. Gradb. vestn. 59: 6-12.

Povprečne letne in mesečne temperature zraka po meteoroloških postajah, Slovenija. 2012. Statistični Urad Republike Slovenije.

[http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=0156101S&ti=Povpre%20E8ne+letne+in+mese%20E8ne+temperature+zraka+po+meteorolo%20postajah%20C+Slovenija&path=../Database/Okolje/01\\_ozemlje\\_podnebje/10\\_01561\\_podnebni\\_kazalniki/&lang=2](http://pxweb.stat.si/pxweb/Dialog/varval.asp?ma=0156101S&ti=Povpre%20E8ne+letne+in+mese%20E8ne+temperature+zraka+po+meteorolo%20postajah%20C+Slovenija&path=../Database/Okolje/01_ozemlje_podnebje/10_01561_podnebni_kazalniki/&lang=2) (Pridobljeno 20. 8. 2012.)

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. Uradni list RS, št. 52/2010.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=201052&stevilka=2856> (Pridobljeno 20. 8. 2012.)

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS, št. 42/2002.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200242&stevilka=2013> (Pridobljeno 25. 8. 2012.)

Pravilnik o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več posameznimi deli. Uradni list RS, št. 7/2010.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=20107&stevilka=241> (Pridobljeno 2. 9. 2012.)

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb. Uradni list RS, št. 77/2009.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=200977&stevilka=3362> (Pridobljeno 1. 9. 2012.)

Podjetje za stanovanjsko in komunalno gospodarstvo – Kranj (sedanji Domplan d.d.). 2012. Tehnična dokumentacija za stanovanja na Planini – lamela A6 in A8, Zgodovinski arhiv Ljubljana, Enota za Gorenjsko Kranj.

Šestan, P. 2012. Primerjava delovanja programskih orodij za izračun porabe energije v stavbah.

Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba P. Šestan): 64 str.

Tehnična smernica TSG-1-004:2010 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. 8. 2012.)

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS, št. 102/2004.

<http://www.uradni-list.si/1/objava.jsp?urlid=2004102&stevilka=4398> (Pridobljeno 10. 8. 2012.)

Žveglič, L. 2006. Primerjalna analiza ukrepov za zmanjševanje porabe energije za ogrevanje v stavbi FGG. Diplomska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba L. Žveglič): 84 str.

Standardi:

SIST EN ISO 13790:2008 – Toplotne značilnosti stavb – Računanje potrebne energije za ogretje in hlajenje prostora.

SIST EN ISO 6946:2008 – Gradbene komponente in gradbeni elementi – Toplotna upornost in toplotna prehodnost – Računsko metoda (ISO 6946:2007).

SIST EN ISO 10211:2008 – Toplotni mostovi v stavbah – Toplotni tokovi in površinske temperature – podrobni izračuni (ISO 10211:2007).

SIST 1025:2002 Toplotna tehnika v gradbeništvu – Metoda izračuna difuzije vodne pare v stavbah.