

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*

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



Univerzitetni program Gradbeništvo,  
Konstrukcijska smer

Kandidat:

**Mihael Mirtič**

**Prenova večstanovanjske stavbe z vidika  
stroškovne analize življenjskega cikla objekta  
(LCC)**

**Diplomska naloga št.: 3079**

**Mentor:**  
prof. dr. Roko Žarnić

**Somentor:**  
dr. Marjana Šijanec Zavrl

Ljubljana, 25. 9. 2009

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **MIHAEL MIRTIC** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**»PRENOVA VEČSTANOVANJSKE STAVBE Z VIDIKA STROŠKOVNE ANALIZE  
ŽIVLJENJSKEGA CIKLA OBJEKTA (LCC)«.**

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske  
separatoteke FGG.

Ljubljana, \_\_\_\_\_

(Podpis)

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

<b>UDK:</b>	<b>65.012:69.059(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Mihael Mirtič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Roko Žarnić</b>
<b>Somentor:</b>	<b>dr. Marjana Šijanec Zavrl</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Prenova večstanovanjske stavbe z vidika stroškovne analize življenjskega cikla objekta (LCC)</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>93 str., 104 pregl., 33 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>LCC, trajnostni razvoj, NSV, subvencije</b>

### **Izveček**

LCC analize (stroškovne analize življenjskega cikla stavbe) so postale del pravilnika o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo, in sicer kot orodje za oceno alternativnih energetskega sistemov, kot jih zahteva 5. člen EPBD (Evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb). S posodobitvijo te direktive se pričakuje večja vloga LCC analiz pri načrtovanju energijsko učinkovite gradnje in vključitev tovrstnih analiz v okvire nacionalnih pravilnikov.

Javni stanovanjski sklad Mestne občine Ljubljana je v letu 2007 izvedel energijsko sanacijo večstanovanjske stavbe na Steletovi 8, kar predstavlja pilotski primer kakovostne sanacije starejše stanovanjske stavbe. Cilj diplomskega dela je primerjati izvedeno prenovo z drugimi možnimi scenariji bolj ali manj obsežne prenove in preveriti, če je izbran scenarij prenove najbolj primeren. Zato je potrebno definirati vse stroške, ki so v analizi zajeti. Za ta namen je bila izvedena energetska analiza posameznih variant, katere rezultat je izračunana potrebna energija za ogrevanje objekta. Na podlagi le-te so določeni obratovalni stroški objekta in vplivi na okolje. Zmanjšanje obojih je pomemben odločitveni kriterij. Za ustrezne scenarije prenove, ki so v okviru zakonskih možnosti, je narejena analiza občutljivosti na podlagi spreminjanja ključnih spremenljivk (cena energentov, diskontna stopnja...).

Na osnovi dela lahko zaključimo, da je obravnavani objekt dober primer obnove socialnih stanovanj v skladu z nizko energetske standardi in je dober pokazatelj, kam nas vodijo prihodnje smernice gradnje.

## **BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC:** 65.012:69.059(043.2)  
**Author:** Mihael Mirtič  
**Supervisor:** prof. dr. Roko Žarnić  
**Co-Supervisor:** dr. Marjana Šijanec Zavrl  
**Title:** Refurbishment of multi-dwelling building based on the LCC principles  
**Notes:** 93 p., 104 tab., 33 fig.  
**Key words:** LCC, sustainable development, NPV, subventions

### **Abstract**

LCC (life cycle costing) analysis has become a part of the regulation on methodology and content of feasibility studies of alternative energy systems, as a tool to assess alternative energy systems, as required by the Article 5 of EPBD (the Energy Performance of Buildings Directive). The recast of EPBD directive is expected to increase the role of the LCC analysis in the design of energy-efficient construction and the inclusion of such analysis in the frameworks of national policies.

Housing Fund – public fund of the Municipality Ljubljana in 2007 carried out an energy efficient renovation of existing multi-dwelling building and selected Steletova building as a case study. The aim of the thesis is to compare accomplished refurbishment with other possible scenarios of more or less extensive renovation and check if the most appropriate reform scenario was chosen. It is therefore necessary to define all costs that are included in the analysis. For this purpose energy analysis of each variant was carried out, which results in a calculated energy required for heating the building, operating costs of the facility and its environmental impact are based on these calculations. Reduction of both is an important decision-making criterion. For the corresponding reform scenarios, which are under legal options, sensitivity analysis is made on the basis of changing key variables (price of energy, discount rate ...).

It can be concluded on the basis of the work, that the facility is a good example of refurbishment according to low-energy standards and is a good indicator, where future construction guidelines are aiming to.

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju dr. Roku Žarniću, gospe Tonki Grgić in somentorici dr. Marjani Šijanec Zavrl za nasvete, gradivo in pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Posebna zahvala velja staršem in družini, ki so mi omogočili študij, ter vsem profesorjem in delavcem fakultete.

## KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	STROŠKOVNA ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA .....	3
2.1	Definicija .....	3
2.2	Tipični primeri in področja uporabe LCC .....	3
2.3	Kdaj uporabiti LCC in katere stroške obravnavati? .....	4
2.3.1	Strateški nivo investicijskega načrtovanja.....	4
2.3.2	Sistemi in podrobni odločitveni nivo med načrtovanjem in gradnjo .....	5
2.3.3	Obratovanje in vzdrževanje – načrtovanje faze uporabe.....	6
2.3.4	Večja popravila, nadomestitve in adaptacija .....	6
2.3.5	Odstranitev .....	7
2.4	Razčlemba strukture stroškov.....	7
2.4.1	Pridobitveni / investicijski stroški .....	7
2.4.2	Stroški vzdrževanja, obratovanja in upravljanja.....	7
2.4.3	Preostala vrednost nepremičnine in stroški odstranitve .....	8
2.5	Finančne spremenljivke, kriterij odločitve in mere ekonomskega vrednotenja .....	10
2.5.1	Sedanja vrednost (PV ali SV), neto sedanja vrednost (NPV ali NSV) in neto sedanji stroški .....	10
2.6	Računske metode LCC .....	13
2.6.1	Deterministične metode LCC-ja.....	13
2.6.2	Analiza občutljivosti.....	15
2.7	Analiza življenjskega cikla (LCA) .....	16
2.7.1	LCC in LCA .....	17
3	VEČSTANOVANJSKA STAVBA STELETOVA 8 .....	19
3.1	Predstavitev objekta.....	19
3.1.1	Pred prenovo.....	19
3.1.2	Po prenovi – novo stanje .....	20
3.2	Določitev potrebne energije za ogrevanje .....	21
3.2.1	Uvod v standard SIST EN ISO 13790.....	21
3.2.1.1	Osnutek računskega postopka za izračun $Q_{NH}$ .....	22
3.2.2	Predstavitev programske opreme PHPP in standarda SIST EN ISO 13790 .....	23

3.2.2.1	Vnos podatkov v program PHPP in potek izračuna.....	24
3.3	Predstavitev obravnavanih variant .....	29
3.3.1	Enaki vhodni podatki pri vseh variantah za izračun $Q_{NH}$ .....	29
3.3.1.1	Vsem variantam skupne karakteristike ogrevane cone .....	29
3.3.1.2	Vsem variantam skupne karakteristike ovoja ogrevane cone .....	29
3.3.1.3	Skupne termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone .....	32
3.3.1.4	Geografski in klimatski podatki .....	33
3.3.1.5	Notranji toplotni pritoki – $Q_{H,int}$ – in toplotna kapaciteta stavbe .....	34
3.3.1.6	Skupni vhodni podatki pri prezračevanju .....	34
3.3.1.7	Skupni vhodni podatki za izračun izgub skozi neogrevano klet.....	35
3.3.1.8	Vsem variantam skupni toplotni mostovi .....	37
3.4	Predstavitev variant.....	38
3.4.1	Varianta 1 in varianta 2 .....	38
3.4.1.1	Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone.....	39
3.4.1.2	Izgube skozi linijske toplotne mostove .....	42
3.4.1.3	Prezračevanje .....	43
3.4.2	Varianta 3 .....	44
3.4.2.1	Prezračevanje .....	44
3.4.3	Varianta 4 .....	44
3.4.3.1	Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone.....	45
3.4.3.2	Izgube skozi linijske toplotne mostove .....	48
3.4.3.3	Prezračevanje .....	49
3.4.4	Varianta 5 .....	49
3.4.4.1	Prezračevanje .....	49
3.4.5	Varianta 6.....	50
3.4.5.1	Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone.....	50
3.4.6	Varianta 2a in varianta 5a .....	50
3.5	Izračun potrebne toplote za ogrevanje $Q_{NH}$ .....	51
3.5.1	Rezultati variante 1 in variante 2 .....	51
3.5.2	Rezultati variante 3 .....	51
3.5.3	Rezultati variante 4 .....	52
3.5.4	Rezultati variante 5 .....	52

3.5.5	Rezultati variante 6.....	53
3.5.6	Dejanska letna potrebna energija za ogrevanje variante2a in variante5a.....	53
3.5.6.1	Primerjava dejanske porabe z izračunano.....	54
4	LCC analiza.....	55
4.1	Investicijski stroški.....	55
4.1.1	Popis del in ocena stroškov izvedbe.....	55
4.1.1.1	Izoliranje ovoja stavbe.....	55
4.1.1.2	Menjava stavbnega pohištva.....	60
4.1.1.3	Mehansko prezračevanje z rekuperacijo.....	67
4.1.1.4	Investicijski stroški po variantah.....	68
4.2	Vzdrževalni stroški.....	69
4.2.1	Vzdrževalni stroški ovoja ogrevane cone.....	69
4.2.2	Vzdrževalni stroški stavbnega pohištva.....	70
4.2.3	Vzdrževalni stroški mehanskega prezračevanja z rekuperacijo.....	72
4.2.4	Vzdrževalni stroški po variantah.....	72
4.3	Obratovalni stroški.....	73
4.3.1	Stroški ogrevanja.....	73
4.3.2	Stroški porabe električne energije pri mehanskem prezračevanju z rekuperacijo.....	74
4.3.2.1	Primer izračuna obratovalnih stroškov.....	76
4.3.3	Obratovalni stroški po variantah.....	78
4.4	NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe.....	79
4.5	Primerjava VAR1, VAR4 in VAR5.....	81
4.5.1	Ekonomska primerjava variant.....	81
4.5.1.1	VAR1.....	81
4.5.1.2	VAR4.....	82
4.5.1.3	VAR5.....	82
4.5.2	Primerjava variant z ekološkega vidika.....	83
4.5.3	Primerjava variant z analizo občutljivosti.....	84
4.5.3.1	Diskontna stopnja.....	84
4.5.3.2	Cena energije daljinskega ogrevanja.....	85
4.5.3.3	Inflacija.....	86



4.5.3.4	Življenjska doba stavbe.....	87
5	ZAKLJUČEK ali SKLEPI.....	89
6	VIRI .....	92

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Primeri kriterijev zračne prepustnosti normalne in najboljše prakse za različne tipe stavb (ATTMA, 2009).....	28
Preglednica 2: Neto ogrevane površine po etažah.....	29
Preglednica 3: Orientacija in površina sten, ki tvorijo ovoj ogrevane cone.....	30
Preglednica 4: Površine medetažnih konstrukcij, ki tvorijo ovoj ogrevane cone.....	30
Preglednica 5: Orientacija in površina poroznih površin, ki tvorijo ovoj ogrevane cone.....	31
Preglednica 6: Privzete širine okenskega okvirja.....	31
Preglednica 7: Orientacija in površina neporoznih površin, ki tvorijo ovoj ogrevane cone.....	31
Preglednica 8: F6 – kletna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom.....	32
Preglednica 9: T1 – tlaki v kleti (ogrevani prostori).....	32
Preglednica 10: S1 – strop nad kletjo.....	33
Preglednica 11: Geografska lega objekta na Steletovi 8.....	33
Preglednica 12: Povprečne mesečne količine sončnega sevanja po vseh straneh neba (MOP – ARSO, 2009).....	33
Preglednica 13: Povprečne temperature v različnih mesecih (MOP – ARSO, 2009).....	33
Preglednica 14: Izračun potrebne dobave zraka v eni uri.....	34
Preglednica 15: Izračun skupnih potreb po odvajanju zraka v eni uri.....	34
Preglednica 16: Izračun povprečne izmenjave zraka.....	35
Preglednica 17: Koeficienta zaščite e in f pred vetrom po SIST EN ISO 13790.....	35
Preglednica 18: Karakteristike tal.....	35
Preglednica 19: Vhodni podatki za izračun izgub skozi neogrevane dele kleti.....	36
Preglednica 20: F6 – kletne stene v neogrevanih prostorih.....	36
Preglednica 21: T2 – tlaki v kleti v neogrevanih prostorih.....	36
Preglednica 22: F1 – prefabricirana panelna stena.....	39
Preglednica 23: F2 – prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti.....	39
Preglednica 24: F3 – prefabricirana panelna stena v pasovih rolet.....	39
Preglednica 25: F4 – čelna fasada.....	40
Preglednica 26: F5 – kletna stena v ogrevanih prostorih.....	40
Preglednica 27: F7 – cokel - čelna fasada.....	40
Preglednica 28: F8 – cokel – prefabricirana panelna stena.....	41
Preglednica 29: F9 – cokel – prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti.....	41

Preglednica 30: S2 – strop nad zadnjo etažo.....	41
Preglednica 31: Toplotne prehodnosti okenskega okvirja in zasteklitve pri variantah 1 in 2 .	42
Preglednica 32: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve pri variantah 1 in 2 .....	42
Preglednica 33: Vnešene vrednosti pri prezračevanju za varianti 1 in 2 .....	43
Preglednica 34: Vnešene vrednosti pri prezračevanju za varianto 3 .....	44
Preglednica 35: F1* - prefabricirfana panelna stena.....	45
Preglednica 36: F2* - prefabricirfana panelna stena v pasovih oken s parapeti .....	45
Preglednica 37: F3* - prefabricirfana panelna stena v pasovih rolet .....	46
Preglednica 38: F4* - čelna fasada .....	46
Preglednica 39: F5* - kletna stena v ogrevanih prostorih.....	46
Preglednica 40: F7* - cokel - čelna fasada .....	47
Preglednica 41: F8* - cokel - prefabricirfana panelna stena v pasovih oken s parapeti .....	47
Preglednica 42: F9* - prefabricirfana panelna stena.....	47
Preglednica 43: S2* - strop nad zadnjo etažo .....	48
Preglednica 44: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve pri varianti 4 .....	48
Preglednica 45: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve pri varianti 4 .....	48
Preglednica 46: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve starih lesenih oken pri varianti 7 .....	50
Preglednica 47: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve starih lesenih oken pri varianti 7 .....	50
Preglednica 48: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve novih PVC oken pri varianti 7 .....	50
Preglednica 49: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve novih PVC oken pri varianti 7.....	50
Preglednica 50: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 1 in varianto 2 .....	51
Preglednica 51: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 3 .....	51
Preglednica 52: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 4 .....	52
Preglednica 53: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 5 .....	52
Preglednica 54: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 7 pred prenovo izvedeno za to varianto .....	53
Preglednica 55: Popis del in stroškov za prenovo čelne fasade z dodajanjem TI.....	55

Preglednica 56: Popis del in stroškov za prenovo prefabricirane panelne stene z dodajanjem TI.....	55
Preglednica 57: Popis del in stroškov za prenovo prefabricirane panelne stene v pasovih oken z dodajanjem TI.....	55
Preglednica 58: Popis del in stroškov za prenovo prefabricirane panelne stene v pasovih rolet z dodajanjem TI.....	56
Preglednica 59: Popis del in stroškov za prenovo kletne stene v ogrevanih prostorih z dodajanjem TI.....	56
Preglednica 60: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 20 % površine podstrehe) z dodajanjem TI (trde plošče) .....	56
Preglednica 61: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 80 % površine podstrehe) z dodajanjem TI (srednje trde plošče).....	56
Preglednica 62: Popis del in stroškov za prenovo cokla čelne fasade z dodajanjem TI.....	57
Preglednica 63: Popis del in stroškov za prenovo cokla prefabricirane panelne stene z dodajanjem TI.....	57
Preglednica 64: Popis del in stroškov za prenovo cokla prefabricirane panelne stene v pasovih oken z dodajanjem TI .....	57
Preglednica 65: Izračun stroškov za prenovo ovoja ogrevane cone z dodajanjem TI.....	58
Preglednica 66: Popis del in stroškov za prenovo fasade z nespremenjeno debelino TI .....	59
Preglednica 67: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 20 % površine podstrehe) z nespremenjeno debelino TI (trde plošče).....	59
Preglednica 68: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 80 % površine podstrehe) z nespremenjeno debelino TI (srednje trde plošče) .....	59
Preglednica 69: Izračun stroškov za prenovo ovoja ogrevane cone z nespremenjeno debelino TI.....	60
Preglednica 70: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 2,24 m * 1,40 m z novimi PVC okni enakih dimenzij .....	60
Preglednica 71: Popis del in stroškov za zamenjavo starih balkonskih vrat z okni z novimi PVC balkonskimi vrati in okni enakih dimenzij .....	61
Preglednica 72: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 0,90 m * 1,40 m z novimi PVC okni enakih dimenzij .....	61

Preglednica 73: Popis del in stroškov za zamenjavo starih zastekljenih sten dimenzij 1,40 m * 2,75 m z novimi PVC zastekljenimi stenami enakih dimenzij .....	62
Preglednica 74: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m * 1,85 m z novimi PVC okni enakih dimenzij.....	62
Preglednica 75: Popis del in stroškov za izdelavo prebojev v obstoječo AB steno in vgradnjo novih PVC oken dimenzij 0,60 m * 0,60 m.....	63
Preglednica 76: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m * 1,00 m z novimi PVC okni enakih dimenzij.....	63
Preglednica 77: Popis del in stroškov za zamenjavo starih vhodnih vrat z novimi PVC vrati	64
Preglednica 78: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 2,24 m * 1,40 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij .....	64
Preglednica 79: Popis del in stroškov za zamenjavo starih balkonskih vrat z okni z novim lesenimi balkonskimi vrati in okni enakih dimenzij .....	65
Preglednica 80: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 0,90 m * 1,40 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij .....	65
Preglednica 81: Popis del in stroškov za zamenjavo starih zastekljenih sten dimenzij 1,40 m * 2,75 m z novimi lesenimi zastekljenimi stenami enakih dimenzij .....	66
Preglednica 82: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m * 1,85 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij .....	66
Preglednica 83: Popis del in stroškov za zamenjavo starih vhodnih vrat z novimi lesenimi vrati.. .....	66
Preglednica 84: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m * 1,00 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij.....	67
Preglednica 85: Karakteristike prezračevalne naprave VENTOS 50 DC in cena .....	67
Preglednica 86: Popis del in stroškov za vgradnjo mehanskega prezračevanja z rekuperacijo	68
Preglednica 87: Diskontirani na leto 2007 letni investicijski stroški po variantah.....	68
Preglednica 88: Tehnični normativi vzdrževanja ovoja ogrevane cone (Šijanec Zavrl, 2002)	69
Preglednica 89: Tehnični normativi vzdrževanja posameznih delov stavbnega pohištva (Šijanec Zavrl, 2002).....	70
Preglednica 90: Predpostavljeni in združeni tehnični normativi vzdrževanja stavbnega pohištva .....	71
Preglednica 91: Diskontirani na leto 2007 letni vzdrževalni stroški po variantah.....	73

Preglednica 92: Cena MWh daljinskega ogrevanja od leta 2006 do 2009 (Energetika Ljubljana) .....	74
Preglednica 93: Struktura cene električne energije v letu 2008 (Elektro Ljubljana).....	75
Preglednica 94: Struktura cene električne energije v letu 2009 (Elektro Ljubljana).....	75
Preglednica 95: Predpostavljena priklopna moč po variantah.....	76
Preglednica 96: Diskontirani na leto 2007 letni obratovalni stroški po variantah.....	78
Preglednica 97: NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe .....	79
Preglednica 98: Struktura in deleži stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe primerjanih variant .....	81
Preglednica 99: Izpust emisij CO <sub>2</sub> za primerjane variante .....	83
Preglednica 100: Primerjava NSV različnih variant, za različne diskontne stopnje 3%, 5%, 7% in 9% .....	84
Preglednica 101: Primerjava NSV različnih variant, za različne spremembe cene energije daljinskega ogrevanja 4%, 6%, 8% in 10% .....	85
Preglednica 102: Primerjava NSV različnih variant, za različno letno inflacijo 0,00%, 2,50% in 5,00% .....	86
Preglednica 103: NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe .....	87
Preglednica 104: Primerjava NSV različnih variant, za različno življenjsko dobo stavbe 30 let in 60 let .....	87

## KAZALO SLIK

Slika 1: Časovni potencial stroškovnih prihrankov in pojav stroškov skozi čas do izgradnje ..	5
Slika 2: Tipičen obseg stroškov v celotnem življenjskem ciklu objekta in prikaz stroškov, ki jih lahko obravnavamo pri LCC analizi .....	9
Slika 3: NSV v življenjski dobi v odvisnosti od diskontne stopnje .....	11
Slika 4: Postopek stroškovne analize po deterministični metodi s ponovitvami (Langdon, 2007) .....	15
Slika 5: Postopek stroškovne analize z analizo občutljivosti (Langdon, 2007).....	16
Slika 6: Shema stroškovne analize in vpliv LCA-ja .....	18
Sliki 7 in 8: Fotografiji objekta na Steletovi 8 pred in po prenovi.....	19
Sliki 9 in 10: Termografska posnetka objekta na Steletovi 8 pred prenovu .....	20
Slik 11: Dva primera zasteklitev na obravnavanem objektu.....	31
Slika 12: Primer toplotnega mostu za vogale v kleti .....	37
Slika 13: Primer toplotnega mostu za vogale.....	37
Slika 14: Primer toplotnega mostu za kote .....	37
Slika 15: Primer toplotnega mostu za ploščo na terenu .....	38
Slika 16: Primer toplotnega mostu za strop proti mansardi .....	38
Slika 17: Primer toplotnega mostu za prefabricirano panelno steno pri stiku s ploščo za varianti 1 in 2 .....	42
Slika 18: Primer toplotnega mostu za čelno fasado pri stiku s ploščo za varianti 1 in 2 .....	42
Slika 19: Primer toplotnega mostu na stiku pritlične plošče s prefab. panelno steno za varianti 1 in 2.....	43
Slika 20: Primer toplotnega mostu na stiku pritlične plošče s čelno fasado za varianti 1 in 2 43	
Slika 21: Primer toplotnega mostu na stiku medetažne plošče z zunanjo steno za varianto 4	48
Slika 22: Primer toplotnega mostu na stiku pritlične plošče z zunanjo steno za varianto 4 ....	49
Slika 23: Primer toplotnega mostu na mestu balkonov.....	49
Slika 24: Graf NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe .....	80
Slika 25: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR1 .....	81
Slika 26: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR4 .....	82
Slika 27: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR5 .....	83

Slika 28: Primerjava NSV različnih variant za različne diskontne stopnje (2,5%, 5%, 7,5% in 10%) .....	84
Slika 29: Primerjava NSV različnih variant za različen porast cene energije daljinskega ogrevanja (4%, 6%, 8% in 10%) .....	85
Slika 30: Primerjava NSV različnih variant za različno inflacijo (0,00%, 2,50% in 5,00%)...	86
Slika 31: Graf NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe .....	87
Slika 32: primerjava NSV različnih variant za različno življenjsko dobo stavbe (30 let in 60 let).....	88
Slika 33: Graf NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe pri diskontni stopnji enaki 5% .....	88





## 1 UVOD

JSS (Javni stanovanjski sklad) MOL (Mestna občina Ljubljana) v skladu s svojim odlokom o ustanovitvi investira v gradnje ali prenove stanovanj, predvsem v neprofitna stanovanja. Izkazalo se je, da je neplačevanje obratovalnih stroškov zelo pogosto razlog dolgoletnih sporov med najemniki in upravniki. Z željo po zmanjšanju obratovalnih stroškov in po ohranitvi ali celo izboljšanju kakovosti bivanja, je JSS MOL v zadnjih petih letih iskal tehnične rešitve in pridobival znanje za racionalizacijo nujnih obratovalnih stroškov.

Aktivnosti JSS MOL so sovpadale z uvajanjem nove zakonodaje in novih tehnologij v gradbeništvo, ki zmanjšujejo rabo energije in posledično manjšajo vpliv toplogrednih plinov na okolje.

JSS MOL je tako v letu 2007 izvedel energijsko sanacijo večstanovanjske stavbe, ki je bila zgrajena leta 1977, na Steletovi 8, kar predstavlja pilotski primer kakovostne sanacije starejše stanovanjske stavbe v Ljubljani. Stavba je bila z vidika energetske učinkovitosti in stanja toplotne zaščite neustrezna glede na sodobne zahteve, kljub temu da je ne moremo šteti med stavbe z izrazito slabimi tovrstnimi karakteristikami. Toplotna zaščita ovoja stavbe je bila nezadostna in neenakomerna, stavbno pohištvo je bilo v slabem stanju. Oboje je povzročalo nepotrebne transmisijske toplotne izgube v ogrevalnem obdobju, nekontrolirane ventilacijske izgube skozi netesna mesta na oknih in vratih in nižjo raven bivalnega ugodja v prostorih. Obratovalni stroški so bili zato višji.

Uporaba LCC analiz (stroškovnih analiz življenjskega cikla) pri stavbah in principov dolgoročnega opazovanja stroškov objekta v celotnem življenjskem krogu na območju Slovenije počasi vstopa tudi v gradbeni sektor, ki sicer kot tradicionalna panoga z zamikom implementira sodobne pristope v svoje delovanje. Kljub vsemu je bilo v zadnjem času zaznati nekaj obetavnih premikov naprej. Po vzoru razvitejših držav je tudi pri nas čedalje pomembnejši ekološki vidik stavbe v celotni življenjski dobi. Visoka stopnja pozornosti se usmerja v zeleno (javno) naročanje z LCC analizami kot pomembnim dodatnim kriterijem v procesu sprejemanja odločitev.

LCC analize so pred kratkim posredno dobile tudi svoje mesto v pravilniku o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo, in sicer kot orodje za oceno alternativnih energetskega sistemov, kot jih zahteva 5. člen EPBD (Evropska direktiva o energetske učinkovitosti stavb). S posodobitvijo te direktive (predvidoma konec 2009) se pričakuje bistveno večja vloga LCC pri načrtovanju energijsko učinkovite gradnje in tudi neposredna vključitev tovrstnih analiz v okvire nacionalnih pravilnikov.

Namen diplomskega dela je primerjati izvedeno prenovo z drugimi možnimi scenariji bolj ali manj obsežne prenove in preveriti, če je izbran scenarij prenove najbolj primeren – tako iz ekonomskega kot tudi iz ekološkega vidika v celotni življenjski dobi stavbe. Zato je potrebno definirati vse stroške, ki so v analizi zajeti. Pomembno je, kolikšna je investicija v določeno varianto prenove in kdaj se določeni stroški v življenjski dobi stavbe pojavijo. Investitor mora poznati različne rešitve pri zasnovi in izvedbi stavbe in njihove posledice, ki nastanejo v celotnem življenjskem ciklu. Za ta namen je bila izvedena energetska analiza posameznih variant, katere rezultat je izračunana potrebna energija za ogrevanje objekta. Na podlagi le-te so določeni obratovalni stroški objekta in vplivi na okolje. Zmanjšanje obojih je pomemben odločitveni kriterij.

Za ustrezne scenarije prenove, ki so v okviru zakonskih možnosti, naredim analizo občutljivosti na podlagi spreminjanja ključnih spremenljivk (cena energentov, diskontna stopnja...).

## 2 STROŠKOVNA ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA

### 2.1 Definicija

**Stroškovna analiza življenjskega cikla** (life cycle costing – LCC) je orodje oziroma metoda, ki omogoča presojo upravičenosti celotne naložbe ali le posameznega posega v vseh fazah stavbe: od začetne naložbe, gradnje, obratovanja in vzdrževanja, do obnove in končne odstranitve.

Gre za dragoceno tehniko, ki se uporablja pri napovedovanju in ocenjevanju pričakovanih stroškov in prihodkov v času in znesku vezanih na gradbeno nepremičnino / stavbo. Gradbeno nepremičnino predstavljajo vsi tipi zgradb z inženirskimi deli.

Omogoča nam primerjavo alternativ, ki zadovoljijo enakim funkcionalnim zahtevam, le-te pa se lahko med seboj razlikujejo v začetni investiciji ali v kasnejših stroških (npr. obratovanja, prenove) v predvideni življenjski dobi objekta.

### 2.2 Tipični primeri in področja uporabe LCC

LCC omogoča:

1. Oceno različnih investicijskih scenarijev (npr. adaptacija in prenova obstoječega objekta ali gradnja novega...).
2. Možnosti primerjave različnih posegov na celotni ali samo določenih delih gradbene nepremičnine (sistemski ali podrobni nivo).
3. Možnost izbire različnih komponent, ki ustrezajo funkcionalnim zahtevam (komponentni nivo).
4. Primerjavo posameznih individualnih stroškov med različnimi alternativami (npr. stroški energije, stroški čiščenja) zaradi že izvedenih (preteklih) odločitev.
5. Oceno pričakovanih stroškov v času in znesku ter oceno upravičenosti naložbe in s tem primerjavo različnih alternativ z drugačnimi denarnimi tokovi v različnih časovnih okvirjih.

Področja uporabe:

1. Celotna novogradnja (večino dogodkov v življenjskem ciklu stavbe, vključujoč stroške življenjskega cikla, lahko določimo že v fazi načrtovanja, zato je LCC še posebno uporaben pri ocenjevanju celotnih / skupnih stroškov v zgodnji fazi projekta).

2. Večja obnova stavbe.
3. Nabava posameznih komponent ob vzdrževanju ali zamenjavi naprav ali delov stavbe.

### **2.3 Kdaj uporabiti LCC in katere stroške obravnavati?**

Celoten življenjski cikel katerekoli gradbene nepremičnine ali gradbenega projekta sestavljajo štiri značilne faze:

1. Strateško investicijsko načrtovanje (nakup ali najem)
2. Načrtovanje in gradnja
3. Obratovanje in vzdrževanje (popravila in zamenjave)
4. Odstranitev (porušitev)

Če v fazi uporabe in vzdrževanja pride do prenove in adaptacije, se ponovno ponovi faza načrtovanja in gradnje. Do faze odstranitve je lahko teh ponovitev več.

Investitorju morajo biti jasno opredeljene postavke, ki so vključene v LCC (npr. če so negradbeni stroški, ki so povezani z nepremičnino, vključeni ali izvzeti iz analiz).

Skozi **celoten življenjski cikel** (Whole life cycle - WLC) katerekoli gradbene nepremičnine so tri ključne faze, v katerih je uporaba LCC-ja bistvenega pomena:

- pri načrtovanju investicije v projekt – ocena na strateškem nivoju (pred gradnjo),
- med načrtovanjem in gradnjo na sistemskem ali podrobnem nivoju,
- med obratovanjem (po gradnji in kasneje).

#### **2.3.1 Strateški nivo investicijskega načrtovanja**

V tej fazi je potrebno:

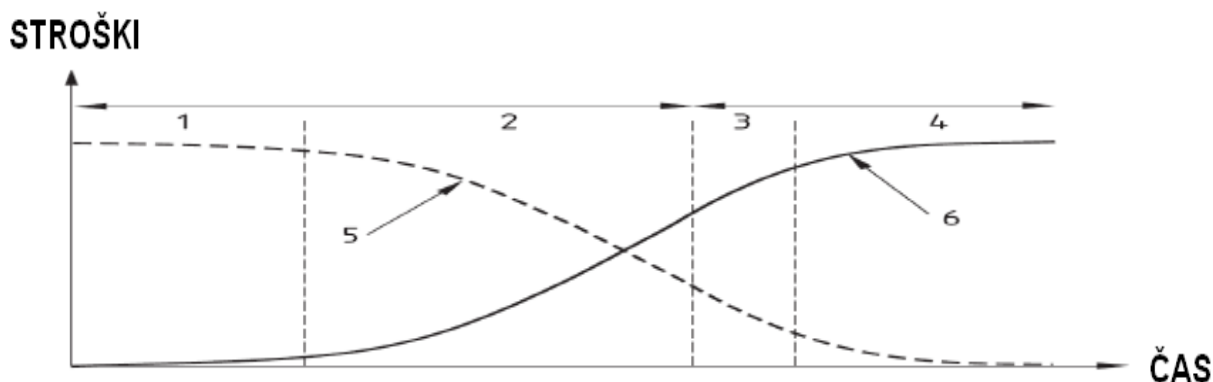
- definirati potrebe gradbene nepremičnine za izpolnjevanje funkcionalnih in storitvenih zahtev;
- določiti načrtovano življenjsko dobo stavbe ali čas uporabe stavbe;
- upoštevati naročnikove želje glede vračilnega roka investicije;
- narediti preliminarni koncept modela in s tem povezane predpostavke (obratovalna / tehnična življenjska doba);
- upoštevati različne načine pridobitve nepremičnine (vključno z gradnjo, nakupom ali lizingom);

- natančno določiti obravnavane spremenljivke in tiste, ki jih v analizi nismo uporabili (npr. ali upoštevamo nakup, ki vključuje potrebne provizije ali ostale stroške, na katerih temelji naš postopek odločanja za investicijo in ali vzamemo v račun dohodke od prodaje obstoječe nepremičnine);
- za natančnejšo analizo narediti večje število modelov, ki variirajo v večjem številu parametrov.

Za vsako investicijsko možnost moramo narediti ločeno stroškovno analizo življenjskega cikla. Različne količine imajo tipične predpostavke (npr. cena energije, izbira diskontne stopnje, življenjska doba posameznih komponent...).

### 2.3.2 Sistemski in podrobni odločitveni nivo med načrtovanjem in gradnjo

Ta faza nudi največji potencial vpliva na stroške v življenjskem ciklu obratovanja stavbe, saj postane vpliv na načrtovanje in gradbene možnosti zelo omejen, potem ko pridobitvena faza napreduje v obvezo investiranja v nakup ali izgradnjo nepremičnine.



1	Zasnova / Koncept	3	Detajlno načrtovanje	5	Potencial stroškovnih prihrankov
2	Izvedljivost	4	Gradnja	6	Stroški sprememb

Slika 1: Časovni potencial stroškovnih prihrankov in pojav stroškov skozi čas do izgradnje

Statistika kaže, da proces načrtovanja vpliva na 80 % obratovalnih, vzdrževalnih in stroškov popravil. Vendar kljub temu sprejemamo odločitve, zbiramo podatke z neprekinjenim opazovanjem (merjenje / monitoring) in optimiziramo stroške življenjskega cikla skozi celotno življenjsko dobo stavbe.

Z izborom »natančnostnega« nivoja je izdelani model in načrt LCC, ki je osnovan na projektnih predpostavkah, postopoma izboljššan. Začetne predpostavke bodo pregledane in

zamenjane z boljšimi ocenami količin, stroškov in z natančnejšimi učinki alternativnih komponent, materialov in storitev. Tako dobimo natančneje definiran model.

Pomembno je, da vzporedno z načrtovanjem razvijamo LCC in oboje navezujemo na začetni investicijski načrt ter katerikoli problem primerno razrešimo. Postopoma zanašanje na pretekle stroške nadomestimo z »bolj zaupanja vrednimi« stroški, ki nastopajo pri obravnavanem projektu.

### **2.3.3 Obratovanje in vzdrževanje – načrtovanje faze uporabe**

Preden bo gradbeni projekt dokončan ga moramo opremiti s priročnikom, ki vsebuje potrebne informacije o njegovi uporabi, vodenju in vzdrževanju. S sprejetjem navodil naredimo model LCC z natančnejšimi podatki in ga posodabljammo med fazo dovršitve za zasnovanje obratovalnih in vzdrževalnih stroškov v fazi uporabe. Načrt LCC naj bi vseboval informacije o trajnosti elementov, načrte vzdrževanja in pričakovane stroške življenjskega cikla komponent in storitev.

V fazi uporabe z monitoringom učinkov in stroškov ugotavljamo:

- odklone od naših že prej narejenih napovedi,
- posledice sprememb obratovalnih in vzdrževalnih režimov,
- porast tekočih stroškov (možna posledica naročnikovih adaptacij),
- preveliko pazljivost ali preveč optimistične napovedi pri narejenih analizah...

Obratovalna in vzdrževalna faza sta pogosto najdaljši izmed vseh faz v življenjskem ciklu gradbene nepremičnine. Čeprav lahko aktivnosti v fazi obratovanja in vzdrževanja skrajšajo ali podaljšajo življenjsko dobo stavbe ali njenih delov, ti dve fazi pogosto zanemarjamo. Tempiranje in predhodna napoved aktivnosti v teh dveh fazah je zelo pomembna v LCC. Te aktivnosti so ponovljive in v večini primerov predstavljajo večji delež celotne LCC stavbe. Potrebna je natančna analiza večjih skupin stroškov (npr. za zagotovitev sprejemljivega razmerja med glavnimi in vzdrževalnimi, obratovalnimi in upravljalnimi stroški ali za omejitev nesprejemljivega tveganja okvar v uporabi).

### **2.3.4 Večja popravila, nadomestitve in adaptacija**

Faza večjih popravil, nadomestitve in adaptacije je v osnovi delna ponovitev vseh aktivnosti v fazi pridobitve, vendar se ta faza začne v poznejši dobi življenjskega cikla gradbene

nepremičnine. Po izvedenih delih se ponovno prične obratovalna in vzdrževalna faza, vendar tokrat z drugimi začetnimi karakteristikami.

Odločanje o večji prenovi ali zamenjavi potrebuje novo LCC, začenši s prvotno oceno vseh alternativnih možnosti, pri čemer moramo upoštevati oceno preostale življenjske dobe obravnavane gradbene nepremičnine.

### **2.3.5 Odstranitev**

Faza odstranitve vsebuje porušitev, pripravo na recikliranje in / ali ponovno uporabo (če je to mogoče) ter razpolaganje z odpadki. Rezultat odstranitve je lahko dohodek (bolje kot strošek), če imajo gradbena nepremičnina ali njeni deli nadaljnjo potencialno rabo. Rušenje lahko nastopi pred ali po razpolaganju z odpadki in v analizi moramo jasno opredeliti, če smo vanjo te stroške vključili.

## **2.4 Razčlemba strukture stroškov**

V LCC vnašamo vhodne podatke o stroških za izračun stroškov v različnih fazah življenjskega cikla projekta. Stroškovne spremenljivke kategoriziramo v sledeče skupine:

### **2.4.1 Pridobitveni / investicijski stroški**

Pridobitveni stroški vsebujejo:

- stroške gradbišča,
- stroške začasnih del,
- inženirske stroške / stroške načrtovanja,
- stroške pridobitve obratovalnih in gradbenih dovoljenj,
- stroške gradnje in zemeljskih del in
- lastne administrativne stroške.

### **2.4.2 Stroški vzdrževanja, obratovanja in upravljanja**

Vzdrževanje, obratovanje in upravljanje je potrebno za zagotovitev ustreznega delovanja in funkcioniranja stavbe skozi svoj celoten življenjski cikel. Vrste stroškov in dohodkov v tej fazi so naslednje:

- pristojbine (obratovalni strošek),
- zavarovanje (obratovalni strošek),
- stroški energije (obratovalni strošek),



- stroški vode in kanalščine (obratovalni strošek),
- stroški upravljanja stavbe / upravitelja (upravljalni strošek),
- čiščenje (obratovalni strošek),
- varovanje (obratovalni strošek),
- letni stroški inšpekcij / pregleda (npr. požarnih vrat) in urejevalni stroški vzdrževanja (vzdrževalni strošek),
- vzdrževanje (npr. popravila, zamenjava, prenova) (vzdrževalni strošek) in
- dohodki lastništva ali uporabe nepremičnine (npr. najemnina, stroški storitev...).

Vzdrževalne dejavnosti vključujejo monitoring, testiranje, inšpekcije / preiskave stanja, načrtovanje vzdrževanja, popravila, prenovo in delne zamenjave. V račun lahko vzamemo tudi sledeče posredne vplive vzdrževalnih del:

- izgubo funkcije v nekem obdobju,
- motnjo poslovnih / službenih aktivnosti,
- začasno izguba funkcionalnosti,
- stroškovne posledice na estetsko stanje,
- zunanje stroške in
- realne opcije, ki zajemajo možne prihodnje investicije, ki lahko nastanejo kot posledica obstoječe investicije, oziroma investicije, ki jo presojamo zdaj.

### **2.4.3 Preostala vrednost nepremičnine in stroški odstranitve**

Obstaja nekaj alternativ za oceno preostale vrednosti:

- primerjava cen trenutnih gradbenih nepremičnin, ki so naprodaj na tržišču,
- razpoložljive ocene prodanih vrednosti iz industrijskih ali vladnih virov in
- uporaba priznanih praks za oceno vrednosti gradbene nepremičnine.

Ostali obravnavani stroški v tej fazi so:

- stroški rušenja,
- stroški razpolaganja z odpadki,

- nepričakovani stroški, ki izhajajo iz naknadno uvedene zakonodaje za dovršitev gradbene nepremičnine (npr. v povezavi z okoljskimi, zdravstvenimi in varnostnimi zahtevami).



Slika 2: Tipičen obseg stroškov v celotnem življenjskem ciklu objekta in prikaz stroškov, ki jih lahko obravnavamo pri LCC analizi

## 2.5 Finančne spremenljivke, kriterij odločitve in mere ekonomskega vrednotenja

### 2.5.1 Sedanja vrednost (PV ali SV), neto sedanja vrednost (NPV ali NSV) in neto sedanji stroški

Izraz sedanja vrednost uporabimo, kadar se sklicujemo na posamezen strošek ali prihodek v posameznem časovnem obdobju. Izraz neto sedanja vrednost pa uporabimo, kadar se sklicujemo na razliko med prihodki in stroški v posameznem ali celotnem časovnem obdobju. Stroški, ki se zgodijo v različnih časovnih obdobjih niso neposredno primerljivi zaradi spreminjanja vrednosti enote denarja (npr. 100 EUR) v času. Sedanja vrednost stroškov, ki je ekvivalentna prihodnji vrednosti stroškov je definirana kot količina denarja, ki jo moramo investirati danes (pri obrestni meri enaki diskontni stopnji), da bi lahko odplačali stroške, ki se zgodijo v prihodnosti (učinek inflacije vključimo v izračune).

Enačba za sedanjo vrednost (razmerje med sedanjo in prihodnjo vrednostjo):

$$PV = \frac{FV}{(1 + d)^n}$$

PV... sedanja vrednost stavbe

FV... vrednost v prihodnosti

d... diskontna stopnja (obrestna mera)-izražena kot decimalno število

n... število obdobj (v letih-če uporabimo letno obrestno mero)

Stroškovna analiza življenjskega cikla objekta v gradbeništvu je izračunana kot sedanja vrednost akumuliranih prihodnjih letnih stroškov skozi obdobje analize (obdobje je npr. pričakovana življenjska doba objekta); npr. življenjska doba objekta je 60 let (N=60), dogovorjena diskontna stopnja (d) je 7% (d=0.07) (diskontna stopnja je močno odvisna od inflacije). Sedanja vrednost je izračunana na sledeč način:

$$PV = \sum_{t=0}^N \frac{C_t}{(1 + d)^t}$$

C<sub>t</sub>... vsota vseh pomembnih stroškov zmanjšana za prihodke (pozitivni denarni tok) v obdobju t

N... celotno število obdobj (npr. življenjska doba objekta)

Če načrtujemo denarni tok skupaj z učinki inflacije, je potrebno v diskontni stopnji zajeti pričakovano inflacijo. UL RS št. 60, 9.6.2006 v Uredbi o enotni metodologiji za pripravo in

obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ predpisuje uporabo 7%-ne diskontne stopnje.

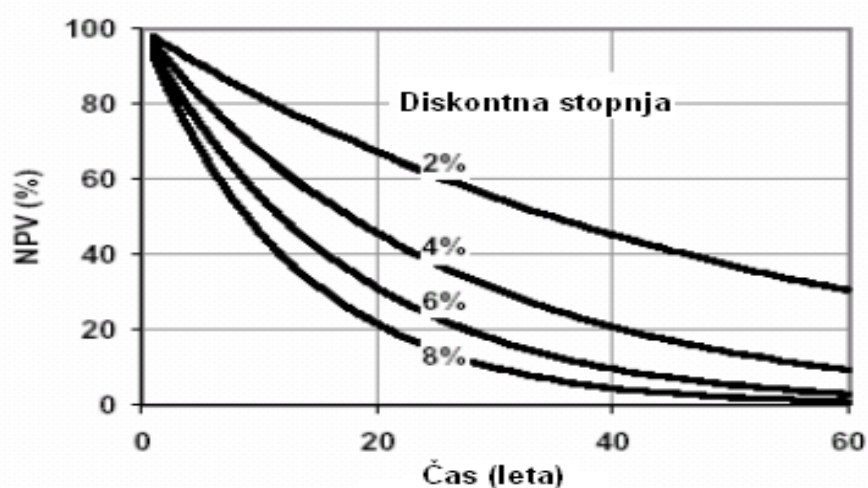
SV lahko izračunamo z uporabo (navajanjem) nominalnih stroškov in diskontne stopnje, ki naj bi odražala pričakovane prihodnje obrestne mere. Uporaba nominalnih stroškov in prihodkov je primerna za pripravo letnega proračuna, prav zato diskontiramo (prevajamo) zneske v druga obdobja, da lahko izpolnimo pričakovane obveznosti, ko te nastanejo. SV lahko izračunamo tudi z uporabo realne diskontne stopnje. Če načrtujemo denarni tok po stalnih cenah, se diskontna stopnja določi brez vplivov pričakovane inflacije – t.j. realna diskontna stopnja. Izračunamo jo na sledeč način:

$$d_{\text{real}} = \frac{1 + i}{1 + a} - 1$$

i... nominalna obrestna mera (obrestna mera banke, ki že vključuje inflacijo)

a... stopnja inflacije

Sedanja vrednost prihodnjih stroškov je odvisna od višine diskontne stopnje in števila obdobj. Višja kot je (bo) uporabljena diskontna stopnja, nižja je sedanja vrednost stroška ali prihodka. Bolj kot je strošek ali prihodek časovno oddaljen, večkrat se diskontira, kar povzroči nižjo sedanjo vrednost. Sedanja vrednost naložbe, ki večino dobička generira dlje (daleč) v prihodnosti, je manj vredna kot pa naložba, ki večino dobičkov generira v bližnjem (krajšem) obdobju (kot je razvidno iz grafa 5.1).



Slika 3: NSV v življenjski dobi v odvisnosti od diskontne stopnje

Pri LCC analizi stroškov in prihodkov investicije v nek energetske sistem uporabljamo koncept sedanje vrednosti in življenjsko obdobje investicije v ta energetske sistem. Med pomembnejše stroške štejemo (poleg drugih stroškov) stroške energije, vgraditev tega sistema, nakup (pridobitev) sistema, obratovanje in vzdrževanje, popravila in nadomestitev sistema pri upoštevanju inflacije in diskontne stopnje za čas investicije v sistem.

Kot mero ekonomske učinkovitosti (uspešnosti) investicije v energetske sistem uporabljamo koncept neto sedanje vrednosti. Investicija z višjo NSV je boljša kot investicija z nižjo NSV (če obravnavamo samo stroške – seštevamo samo stroške, je investicija z nižjo NSV stroškov boljša).

Obstajajo tudi druge mere ekonomske učinkovitosti (interna stopnja donosa, čas do poravnave med prihodki in odhodki...), vendar imajo določene teoretične in praktične pomanjkljivosti.

Pri ocenjevanju investicijskega projekta je v praksi praviloma lažje natančneje napovedati življenjski cikel objekta kot pa prihodnje obrestne mere ter inflacijo. Zato bodimo pazljivi pri uporabi metode NSV in preigramo več scenarijev. V teoriji so uporabljene različne komponente, ki sestavljajo izraz za NSV. Vsak izraz za NSV uporablja pritoke in odtok (prihodke in stroške) denarja, med seboj pa se razlikujejo v sestavi (izboru) teh prihodkov in stroškov.

Ameriško združenje za testiranje materialov uporablja sledeči model za izračun NSV:

$$NSV=C+R-S+A+M+E(+W+O)$$

C... investicijski stroški (negativen predznak)

R... stroške nadomestitve (stroški zamenjave sistema)

S... prodajna cena na koncu življenjskega cikla investicije

A... letni stroški obratovanja, vzdrževanja in popravil

M... ne vsako letni stroški obratovanja, vzdrževanja in popravil

E... stroški energije

W... stroški porabe vode (ponavadi jih navajamo ločeno)

O... ostali stroški

Posebnost tega modela je ločitev stroškov energije, kar omogoča uporabo različnih diskontnih stopenj za prikaz različnih stopenj inflacije.

## 2.6 Računske metode LCC

Na razpolago imamo raznoliko zbirko tehnik in sredstev za izračun LCC. V nekaterih primerih je LCC nekaj več kot neposredna uporaba standardnih ekonomskih načel. V drugih primerih kriteriji LCC predstavljajo podporo prefinjenim / visoko razvitim matematičnim programskim tehnikam za iskanje optimalnih načinov vzdrževanja in popravila stavbe. Spet drugi primeri predstavljajo sredstvo za odločanje na podlagi analiz občutljivosti, tveganosti in (ali) več lastnostnih analiz.

Za doseg zadovoljive klasifikacije je potrebno:

- dognati in organizirati napreden razvoj LCC metod v logični in razumljivi smeri,
- ločiti pristne metodološke podpore od načel visoko razvite neposredne uporabe LCC in
- ločiti verodostojne od vprašljivih izboljšav v teoriji in praksi LCC-ja.

### 2.6.1 Deterministične metode LCC-ja

Deterministične metode so osnova praktično vsem LCC raziskavam. Proces se začne z naročnikovo potrebo in konča z izbiro ljubše opcije / variante. V tem kontekstu služi LCC kot podpora naročnikovemu odločanju in je osredotočena na njegovo zadovoljstvo.

Naročnikove potrebe so prikazane v nizu zahtev, ki jih morajo med seboj izključujoče variante izpolnjevati. Pripravimo različne izvedljive variante in vsako analiziramo v kontekstu LCC-ja po naslednjih korakih:

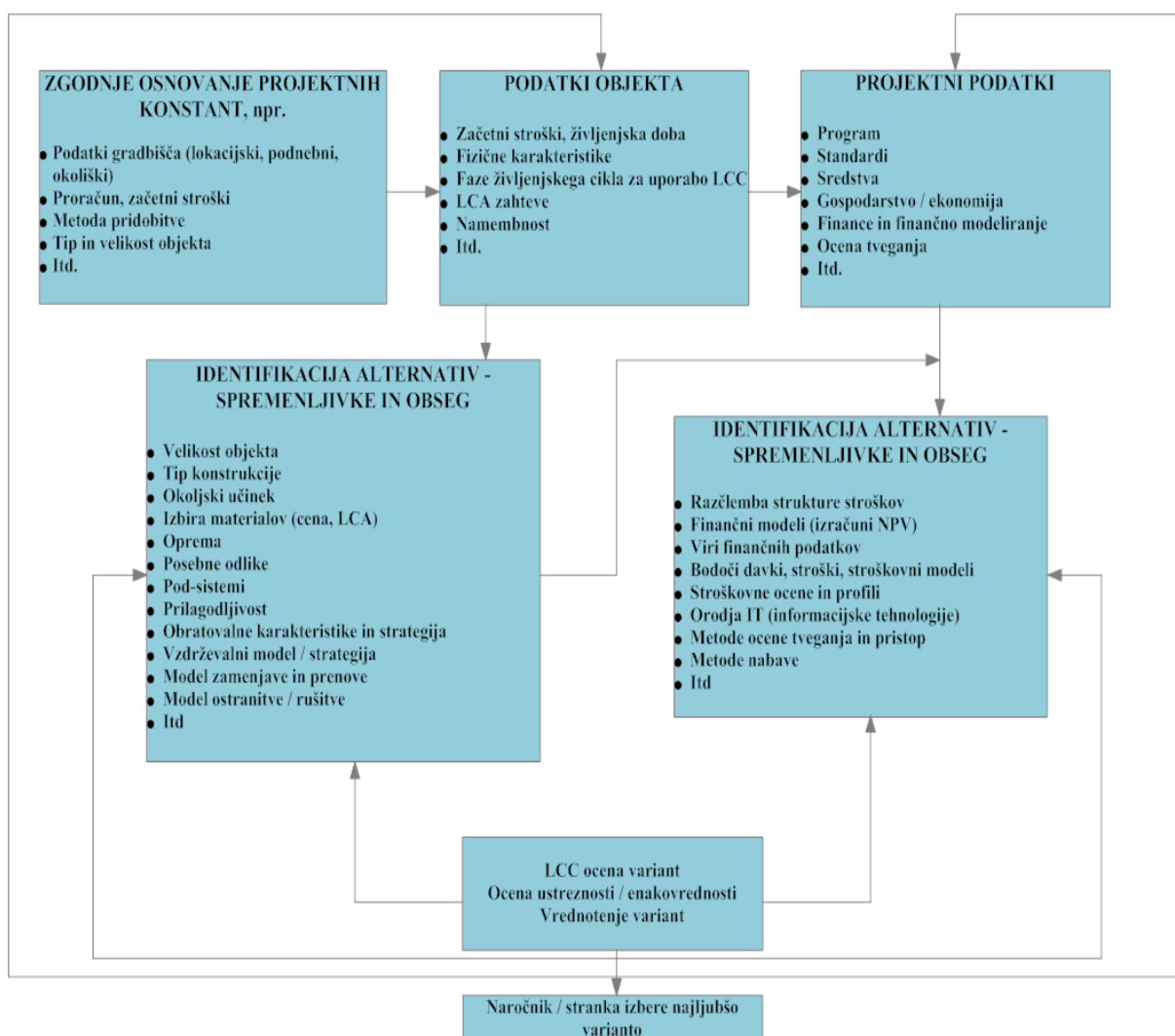
- Prvi korak je določitev stroškovnih profilov vezanih na vsako varianto posebej. Vsak stroškovni profil sestavljajo ocene serije stroškov načrtovanja, gradnje, vzdrževanja, podpore, obratovanja in rušenja / odstranitve, ki jih določimo v njegovem življenjskem ciklu oziroma jih vključimo v analizo.
- Vsak stroškovni profil prevedemo na ustrezno merilo, ki služi kot kriterij odločanja (aplikacija časa – vrednost denarnih faktorjev za pretvorbo napovedanih denarnih tokov v primerljiv indeks; npr NSV).
- Primerjamo rezultate računov časovne vrednosti denarja in jih razporedimo od najboljšega do najslabšega – najboljši predstavlja »priporočano« varianto.
- Na koncu predstavimo lastniku gradbene nepremičnine rezultate LCC, ki mu služijo kot podpora pri odločanju.

Princip determinističnega pristopa je določitev fiksnih, diskretnih vrednosti vsaki LCC vhodni spremenljivki; analitik določi neko vrednost, ki je najverjetnejša, za vsak vhodni parameter. Ta odločitev temelji na zgodovinskih podatkih ali strokovni presoji. V celoti služijo vhodni podatki za izračun ene ocene LCC. Tradicionalno so bile LCC deterministične. Problem le-te pa je v tem, da ne sporoči stopnjo negotovosti povezane z oceno sedanje vrednosti (SV). Omogoča pa rangiranje različnih alternativ (stroškovnih profilov) na podlagi NSV.

Nasprotno determinističnim so stohastične metode, kjer so vrednosti za vsak vhodni parameter LCC-ja slučajne spremenljivke, podane s porazdelitvijo verjetnosti (princip enak kot pri analizi občutljivosti, ki je razložena v naslednji točki).

Deterministična metoda predpisuje logično zaporedje analitičnih aktivnosti / dejavnosti in kredibilen način za vrednotenje (od najboljše do najslabše) izvedljivih možnosti primernih za gradnjo, prenovo in obratovanje – miselni vzorec Slika 4: Postopek stroškovne analize po deterministični metodi s ponovitvami.

Običajna nadgradnja osnovne LCC vsebuje uporabo analize občutljivosti in tveganja.



Slika 4: Postopek stroškovne analize po deterministični metodi s ponovitvami (Langdon, 2007)

## 2.6.2 Analiza občutljivosti

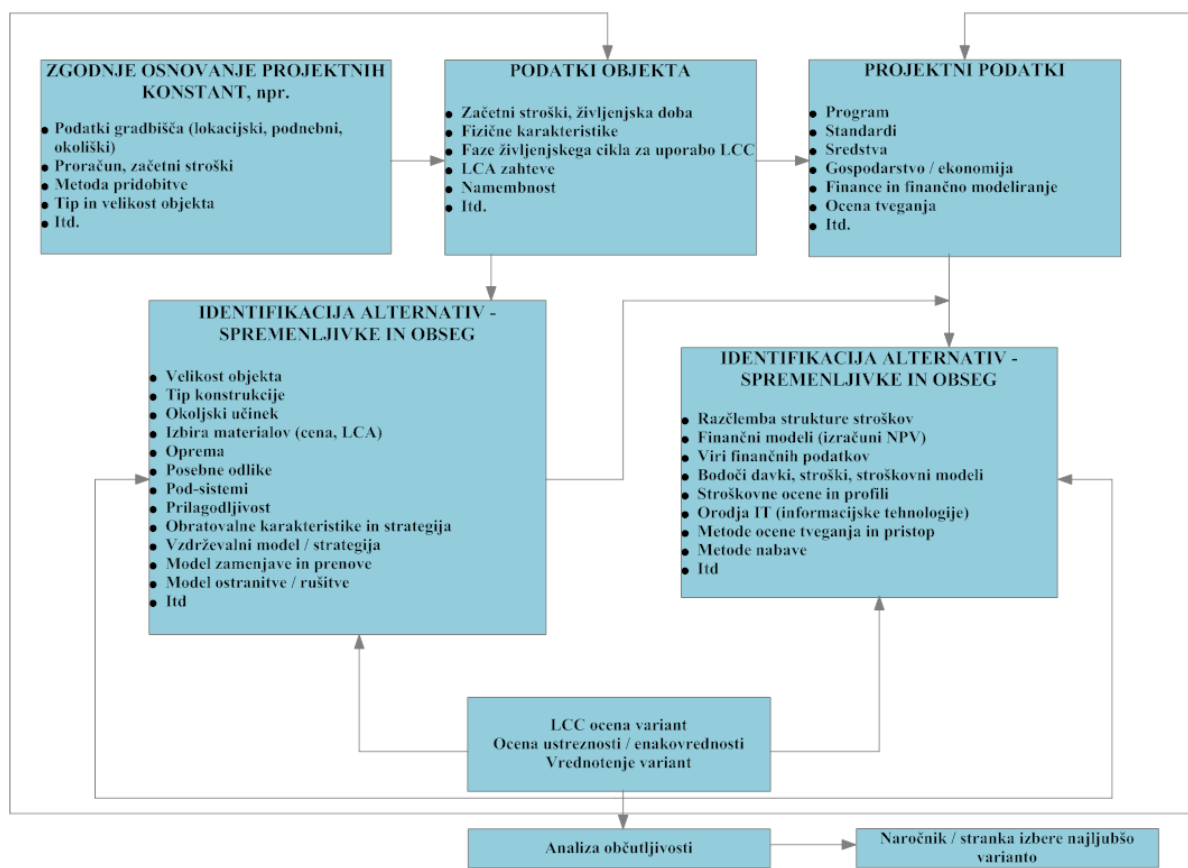
V splošnem z analizo občutljivosti preučujemo obnašanje modelnih spremenljivk (vhodnih podatkov) znotraj že vnaprej določenih mej za preučitev njihovih vplivov na vrednost investicije. Skozi ta proces lahko analitik:

- Identificira spremenljivke modela, ki imajo prevladujoč vpliv na vrednost investicije in (ali)
- Določi »točke povrnitve investicije« (break-even points) (točka, v kateri investitor pokrije vse fiksne in spremenljive stroške)

Oba cilja omogočata pomemben vpogled investitorju pri odločanju, ki je upravičeno skeptičen do ocene determinirane vrednosti investicije. Izkaže se, da prav negotovost ponavadi pokvari / »okuži« še najprevidnejše in pametne deterministične analize.



Uporabljene predpostavke in postavke v analizi občutljivosti morajo biti osnovane na smiselnih vrednostih in njim smiselnih pripadajočih intervalih. Na primer v LCC lahko analitik upošteva oceno strokovnega inženirja za oceno gornjih in spodnjih vrednosti določenih stroškov. Za zagotovitev dosledno postavljenih mej znotraj modelnih spremenljivk naj bi analitik vzpodbudil inženirja za presojo minimalnih in maksimalnih vrednosti na osnovi 95 % verjetnostnega intervala (npr. inženir z 95 % gotovostjo trdi, da se dejanska vrednost nahaja med obema ekstremnima vrednostma). S tem se izognemo poljubnim spremembam spremenljivk v modelu LCC, ki lahko ali ne vplivajo na verjetnost, da se »prava« vrednost nahaja znotraj postavljenih mej.



Slika 5: Postopek stroškovne analize z analizo občutljivosti (Langdon, 2007)

## 2.7 Analiza življenjskega cikla (LCA)

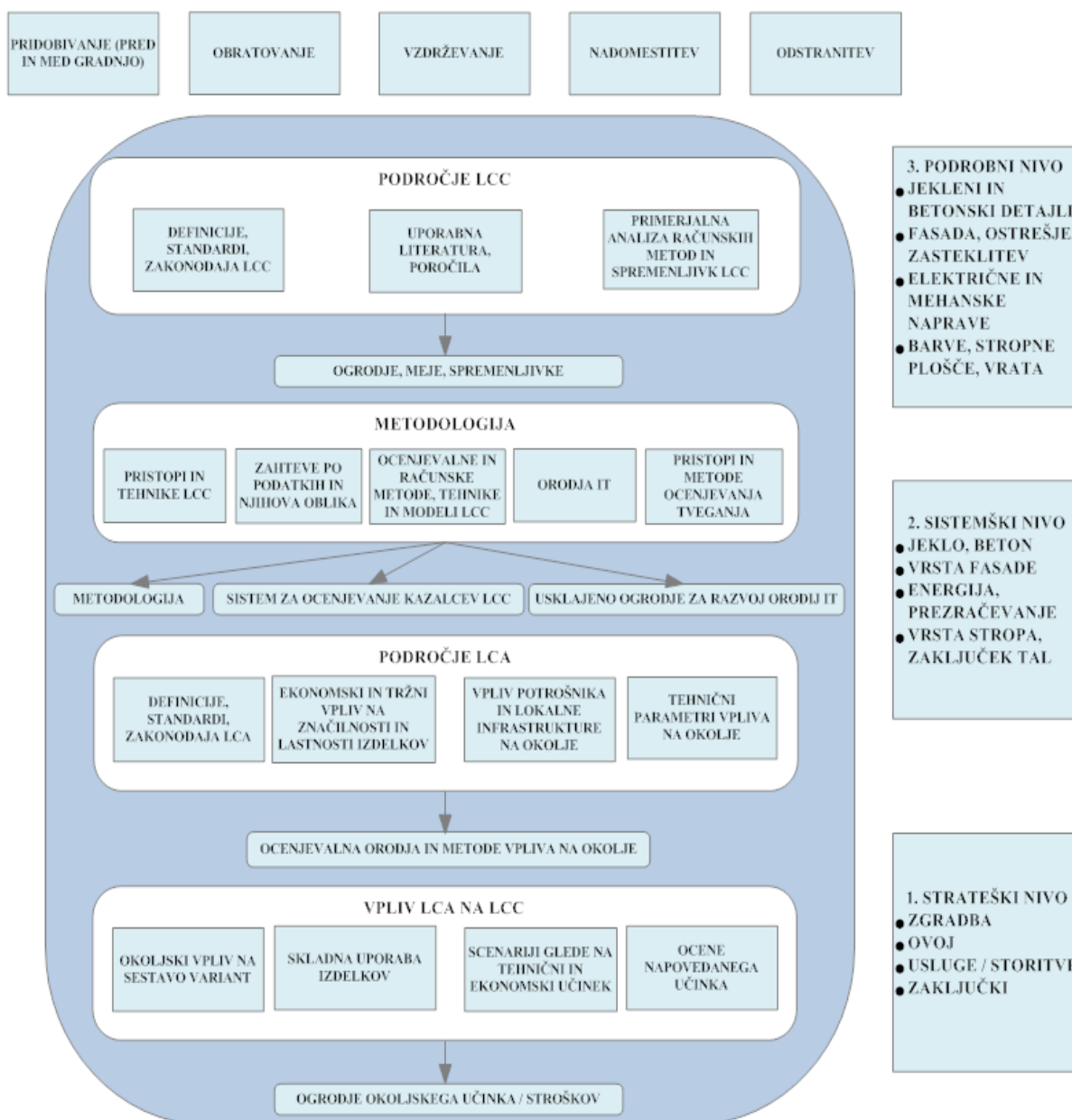
V današnjem času se določene posledice človeških aktivnosti kot so industrializacija in urbanizacija kažejo na nepovratnih okoljskih vplivih. Trajnostni razvoj, ki stremi k zagotavljanju trajnostnega okolja za prihodnje generacije v socialnem, okoljskem in ekonomskem obsegu, je bil v zadnjih letih močno spodbujen. Zaradi velikih okoljskih vplivov

gradbene industrije je prišlo do pobude po trajnostni gradnji, ki jo označuje majhna raba energije in naravnih virov skozi vsa obdobja življenjskega cikla stavbe. Raziskovalna dela so se aktivno zavzela za razvoj metod in orodij za oceno trajnostnega razvoja stavb v EU. **Analiza življenjskega cikla** (life cycle assessment) je tehnika ocenjevanja okoljskih vplivov stavb v celotnem življenjskem ciklu, katere ogrodje osnuje standard ISO 14040.

### **2.7.1 LCC in LCA**

LCC in LCA vsebujeta določene bistvene korake za proizvajanje potrebnih rezultatov, s pomočjo katerih merimo ekonomske in okoljske učinke stavb. Čeprav je standard za LCC, ISO 15686-5 šele v fazi načrtovanja, se LCC že dalj časa uporablja v gradbeni industriji. Standardi za LCA (ISO 14040 in ISO 14044) strukturalno definirata potrebne korake za LCA. Razvita IT orodja olajšajo / pospešijo procese LCC in LCA. Metode za ocenjevanje prijaznosti stavb do okolja so tudi že razvite.

Odkar je postal trajnostni razvoj pomembno vprašanje, so določena orodja za LCC želela zagotoviti funkcijo za ocenjevanje vpliva na okolje. Ker pa vpliv na okolje ne moremo meriti v denarni vrednosti, so že razvili programe, s katerimi uporabnik optimizira rezultate z uporabo prioritete in z »utežmi« med posameznimi kriteriji. (Langdon, 2007)



Slika 6: Shema stroškovne analize in vpliv LCA-ja

### 3 VEČSTANOVANJSKA STAVBA STELETOVA 8

#### 3.1 Predstavitev objekta

Predmet diplomske naloge je prenova objekta na Steletovi ulici 8 v Ljubljani, na parcelni št. 356, k.o. Štepanja vas. Gre za večstanovanjski objekt, ki obsega klet, pritličje, štiri tipične etaže in neizkoriščeno podstrešje. V kleti so 4 stanovanja, v pritličju 12 ter po 11 stanovanj v vsaki tipični etaži. Stanovanjski blok je bil zgrajen leta 1977, njegova prenova je bila dokončana leta 2007.

Adaptacija objekta je sledila sodobnim smernicam trajnostnega ravnanja pri prenovi stavb, s katerimi naj bi se zmanjšale potrebe po toploti za ogrevanje objekta in znižali obratovalni stroški, predvsem naj bi se izboljšala bivalna kvaliteta.



**Pred prenovi**



**Po prenovi**

**Sliki 7 in 8: Fotografiji objekta na Steletovi 8 pred in po prenovi**

##### 3.1.1 Pred prenovi

Temelji objekta so pasovni pod nosilnimi vzdolžnimi in prečnimi stenami ter pod fasadnim obodom do globine 100 cm. Vzdolžne in prečne betonske stene so enotne debeline 15 cm. Streha je neizolirana štirikapnica z valovito kritino na letvah, ki ležijo na špirovcih, podprtih s kapnimi, vmesnimi in slemenskimi legami. Lege so podprte s sohami in ročicami. Prezračevanje podstrešnega prostora je urejeno z dovodom zunanjega zraka preko reže ob kapu in z odvodom preko pločevinastih oddušnikov na slemenu.

Fasada je na vzdolžni strani objekta sestavljena iz vertikalnih, prefabriciranih panelnih sten sistema »IMOS« in pasov oken s parapeti. Vertikalne stene so sestavljene iz več slojev:

- notranji sloj: armirani beton debeline 10 cm
- srednji sloj: stiropor debeline 5 cm
- zunanji sloj: armirani beton debeline 7 cm.

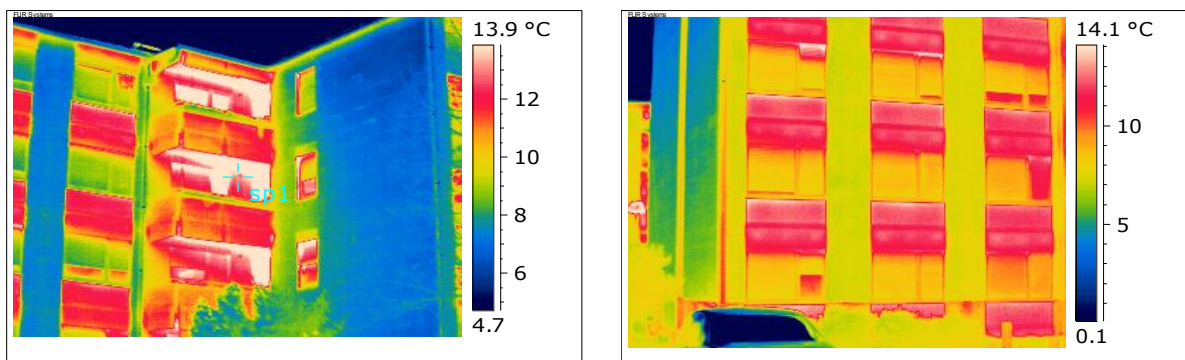
Čelna fasada je iz 15 cm armiranega betona, zunaj oblepljena s 5 cm stiropora in s plastičnim ometom sistema »dryvit«.

V kleti so stene hidroizolirane. V prostorih, ki so ogrevani (4 stanovanja v kleti), je zunanja stena z notranje strani obložena s 4 cm debelo plastjo stiropora in plastičnim armiranim ometom.

Tlak na podstrešju ima poleg armirano betonske plošče debeline 15 cm še toplotno izolacijo »tervol TP« debeline 8 cm. Vhodna vrata v objekt so lesena, zastekljena in opremljena s samozapiralom ter cilindrično ključavnico. Okna so lesena.

Stanovanja so centralno ogrevana.

Iz termografskih posnetkov, ki jih je naredil Gradbeni inštitut ZRMK pred prenovo je razvidno, da je toplotna zaščita fasade neenakomerna. Izstopa območje betonskih parapetov in balkonskih plošč, ki se kažejo kot izraziti toplotni mostovi. Pri stavbnem pohištvu lahko sklepamo na vsaj posamezne konveksijske toplotne mostove zaradi slabšega tesnjenja.



Sliki 9 in 10: Termografska posnetka objekta na Steletovi 8 pred prenovo

### 3.1.2 Po prenovi – novo stanje

Vertikalni gabariti objekta ostanejo enaki, zaradi dodajanja toplotne izolacije na vse zunanje stene se spremenijo horizontalni gabariti objekta.

Število stanovanj ostane nespremenjeno (60 enot) in podstrešje ostane neizkoriščeno.

Pri adaptaciji se je upoštevalo obstoječe stanje in se je poseglo v obstoječo konstrukcijo samo na mestih za nove preboje oken v velikosti 60/60 cm in za preboje za prezračevanje objekta v velikosti DN 150.

Strešna kritina in ostrešje sta ostala nespremenjena.

Fasada je dodatno toplotno izolirana s toplotno izolacijo (stiroporom) debeline 10 cm – v območju prefabriciranih panelnih sten sistema »IMOS« in čelne fasade. V območju parapetov pod okni je debelina toplotne izolacije (stiropor) 17 cm in v območju rolet 5 cm. Finalni fasadni sloj predstavlja armirani omet.

»Cokel« fasade in kletni del (kjer so stanovanja) je prav tako dodatno toplotno izoliran (ekstrudiran polistiren) ter kot končni sloj dodan armirani omet.

Na strop proti podstrešju je dodana toplotna izolacija (delno trda, delno srednje trda) debeline 20 cm. Za finalni (pohodni) tlak so na površine podstrešja dodane vlaknaste plošče »OSB« debeline 1,5 cm.

Vhodna vrata so zamenjana z novimi PVC delno zastekljenimi vrati.

Na objektu se zamenjajo skoraj vsa okna razen nekaterih v kleti. Nova okna so PVC, bele barve in različnih dimenzij. Nove notranje police so PVC, bele in tipske, zunanje prav tako bele, tipske iz alu pločevine.

### **3.2 Določitev potrebne energije za ogrevanje**

Energetsko sliko obravnavanega večstanovanjskega objekta določim s pomočjo programske opreme PHPP (Passive House Planning Package), ki omogoča tudi izračun potrebne energije za ogrevanje  $Q_{NH}$ . Programska oprema temelji na računskem postopku opisanem v standardu SIST EN ISO 13790 - Toplotne značilnosti stavb – Računanje porabljene energije za segrevanje in hlajenje prostora.

#### **3.2.1 Uvod v standard SIST EN ISO 13790**

Standard predstavlja eno od številnih računskih metod za načrtovanje in oceno toplotne učinkovitosti zgradbe in gradbenih elementov. Uporabljena računsko metoda, predstavljena v tem standardu, temelji na energetskem ravnovesju ob upoštevanju notranjih in zunanjih temperaturnih razlik in dinamičnega učinka notranjih in sončnih dobitkov.

Ta metoda se lahko uporablja za naslednje aplikacije:

1) presojo skladnosti z drugimi predpisi, izražene v smislu energetskih ciljev;

- 2) primerjavo energetske učinkovitosti različnih alternativ pri načrtovanju stavbe;
- 3) prikazovanje konvencionalne stopnje energetske učinkovitosti obstoječih stavb;
- 4) oceno učinka možnih ukrepov ohranjanja energije na obstoječi stavbi z izračunom rabe energije z ali brez energijsko ohranitvenih meritev;
- 5) napovedovanje prihodnjih energetskih potreb po virih na nacionalni ali mednarodni ravni z izračunom energijske rabe določenih stavb, ki so predstavniki nekega stavbnega fonda.

### 3.2.1.1 Osnutek računskega postopka za izračun $Q_{NH}$

Pri izračunu potrebne energije za ogrevanje je potrebno upoštevati vse toplotne izgube stavbe in notranje ter zunanje pritoke toplote. V Sloveniji je z novim pravilnikom predpisana mesečna računsko metoda, zato se bom v programu PHPP skliceval na potrebno energijo za ogrevanje izračunano po mesečni metodi. Pri tej metodi vrednotimo  $Q_{NH}$  za vsako računsko obdobje (meseč) v temperaturni (ogrevalni) coni z naslednjo enačbo:

$$Q_{NH} = Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} * Q_{H,gn}$$

$Q_{H,ht}$  ...skupne toplotne izgube

$\eta_{H,gn}$  ...delež vrnjenih pritokov (odvisen od razmerja med pritoki in izgubami ter od toplotne kapacitete stavbe)

$Q_{H,gn}$  ...skupni toplotni pritoki

$$a) Q_{H,ht} = Q_{H,tr} + Q_{H,ve}$$

$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \cdot (\theta_{int,set} - \theta_e) * t$  ...toplotne izgube zaradi transmisije

$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set} - \theta_e) * t$  ...toplotne izgube zaradi ventilacije

$H_{tr,adj}$  ...specifične transmisijske toplotne izgube obravnavane v nadaljevanju

$H_{ve,adj}$  ...specifične transmisijske in ventilacijske toplotne izgube obravnavane v nadaljevanju

$\theta_{int,set}$  ...notranja temperatura zraka.

$\theta_e$  ...zunanja temperatura zraka.

$t$  ...časovno obdobje, ki je v našem primeru enako številu ur v posameznem mesecu.

$$b) Q_{H,gn} = Q_{H,int} + Q_{H,sol}$$

$Q_{H,int} = \Phi_{int,mn} * t$  ... notranji toplotni pritoki

$Q_{H,sol} = \Phi_{sol,mn} * t$  ... sončni toplotni pritoki

Sončni toplotni pritoki ( $\Phi_{sol,mn}$ ) so odvisni od klimatskih podatkov in površine, lastnosti in površin oken ter različnih faktorjev, ki se določijo za vsako smer neba posebej. Na koncu vse sončne pritoke v ogrevalni sezoni seštejemo.

Notranji toplotni pritoki se upoštevajo kot vsota:

$$\Phi_{int,mn} = \Phi_{int,Oc} + \Phi_{int,A} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,WA} + \Phi_{int,HVAC} + \Phi_{int,Proc}$$

$\Phi_{int,Oc}$  ... toplotni tokovi zaradi uporabnikov

$\Phi_{int,A}$  ... toplotni tokovi zaradi naprav

$\Phi_{int,L}$  ... toplotni tokovi zaradi razsvetljave

$\Phi_{int,WA}$  ... toplotni tokovi zaradi sistemov za pripravo tople vode in kanalizacije

$\Phi_{int,HVAC}$  ... toplotni tokovi zaradi sistemov za ogrevanje, hlajenje in prezračevanje

$\Phi_{int,Proc}$  ... toplotni tokovi zaradi pritokov toplote zaradi procesov in blaga

Energetska bilanca je odvisna od (upoštevana je samo čutna toplota):

- transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub iz ogrevanega prostora v zunanje okolje;
- transmisijskih in prezračevalnih toplotnih izgub med sosednjimi (mejnimi) toplotnimi conami;
- notranjih virov energije;
- sončnih dobitkov;
- distribucijskih, emisijskih in nadzorovanih izgub toplotnega sistema v prostoru;
- dovedene količine energije v prostor toplotnega sistema.

(ISO 13790:2008)

### 3.2.2 Predstavitev programske opreme PHPP in standarda SIST EN ISO 13790

Programsko opremo PHPP (Passive House Planning Package) je razvil nemški inštitutu Passivehouse Institut, katerega je ustanovil Dr Wolfgang Feist leta 1996. Inštitut se je specializiral na področju raziskav in razvoja visoko učinkovite rabe energije. Program PHPP je Excel-ova datoteka, ki omogoča izračun energetske bilance vseh vrst stavb (tako pasivnih hiš kot tudi stavb z višjo rabo energije za ogrevanje) in olajša načrtovanje v skladu s standardom pasivnih hiš.

Orodje je namenjeno tako arhitektom kot tudi projektantom. Izračun porabe energije je zelo zahteven – obstoječim pravilnikom, standardom in predstandardom primanjkuje nacionalnih



poenostavitev in privzetih vrednosti ter predvsem ustrezna programska podpora (v času izdelave te naloge). Avtorji programa so identificirali ključne faktorje za izračun zanesljivih bilanc na podlagi vnesenih vhodnih podatkov in s pripravili programsko orodje, ki je enostavno za uporabo.

Paket PHPP vključuje orodja za:

- energetske izračune (vključno z R ali U-vrednosti);
- oblikovanje specifikacij oken (tip zasteklitve in okvirja);
- zasnovno prezračevalnega sistema za doseganje ustrezne kvalitete notranjega zraka;
- določitev toplotnih obremenitev;
- določitev hladilnih obremenitev;
- napovedovanje poletnega ugodja;
- določanje sistemov ogrevanja;
- izračun pomožne električne energije, primarnih energetskih zahtev (prezračevalnih / ventilacijskih črpalk itd), kot tudi emisij CO<sub>2</sub>;
- izračun sončnih pritokov, saj omogoča vnos lokalnih klimatskih podatkov. Omogoča tudi izbiro med več kot 200-timi lokacijami v Evropi in Severni Ameriki;
- načrtovanje pasivnih in nizko energetskih stavb, npr. orodja za določitev notranjih toplotnih obremenitev, podatkovne tabele za primarne energijske faktorje itd.

Paket je opremljen z izčrpnim priročnikom, ki ne predstavi samo uporabo programske opreme, temveč tudi ključna področja pri načrtovanju pasivnih hiš in nizko energetskih stavb.

Jedro programske opreme so delovni listi za izračun potrebne energije za ogrevanje (letna potreba po ogrevanju, ki temelji na mesečni metodi, zasnovani na predpisani računski metodi kvazi dinamičnega ravnovesja), toplotna razporeditev in oskrba, potrebna električna energija in primarna potreba po energiji. (ISO13790:2008)

### **3.2.2.1 Vnos podatkov v program PHPP in potek izračuna**

Postopek uporabe programske opreme PHPP za določitev  $Q_{NH}$  je sledeč:

1. Določimo ogrevane dele stavbe (ogrevano cono) in projektno temperaturo (npr. 20°C). Vsak prostor oziroma skupina prostorov, ki je ogrevana na drugo temperaturo predstavlja novo ogrevano (temperaturno) cono. Določimo ovoj ogrevanih

- (temperaturnih) con, saj se iz njih toplota prenaša v okolico neposredno skozi zunanje stene, vrata, okna in streho ter posredno skozi druge ogrevane in neogrevane cone.
2. V primerih prekinjenega ogrevanja ali prekinjenega prezračevanja določimo, znotraj obravnavanega računskega območja, obdobja z drugačnimi toplotnimi in prezračevalnimi karakteristikami (npr. čez dan, ponoči, med vikendi...).
  3. Program omogoča vnos sestave konstrukcijskih sklopov in notranjih ter zunanjih upornosti vezanih na le-te. Na podlagi vnešenih podatkov sam izračuna termo fizikalne lastnosti (toplotno prehodnost) vseh konstrukcijskih sklopov, ki tvorijo ovoj ogrevanih in neogrevanih con.
  4. Program izračuna koeficient transmissijskih toplotnih izgub -  $H_{tr,adj}$ , ki je odvisen od:
    - a) Neposrednih toplotnih izgub iz ogrevanega dela stavbe v okolico -  $H_D$ . Te se zopet delijo na:
      - Izgube skozi homogene dele ovoja stavbe ( $\sum_i A_i \cdot U_i$ ).
      - Izgube skozi linijske toplotne mostove, ki jih bom določil po mednarodnem standardu SIST EN ISO 14683 ( $\sum_k l_k \cdot \Psi_k$ ) . (ISO 14683:2005)
      - Izgube skozi točkovne toplotne mostove ( $\sum_j \chi_j$ ), ki jih bom zanemaril.
    - b) Izgub skozi tla -  $H_G$  - stavbnih elementov pod nivojem tal, katerih izračun v programu temelji na standardu SIST EN ISO 13370. Upošteva dejstvo, da prihaja do manjših toplotnih izgub zaradi izolacijskega učinka tal. V izračun so vključeni tudi učinki talnega sezonskega skladiščenja (toplote). Računska metoda deli toplotni tok na stalni in periodični delež. Toplotne tokove lahko delimo na štiri različne situacije:
      - Talne plošče, ki se delno ali v celoti nahajajo pod zemljo. V tem primeru vnesemo delež zunanje stene kot kletno steno.
      - Neogrevano klet.
      - Ploščo na pobočju (strmini). Izračun uporabimo za talne plošče, katerih celotna površina je enakomerno pokrita s toplotno izolacijo in imajo lahko tudi dodatno toplotno izolacijo oboda.
      - Plošče s prezračevanim prostorom nad tlemi.
- V primeru, da neogrevani del kleti meji na ogrevanega, obravnavamo klet kot neogrevano in upoštevamo mejno steno kot strop neogrevane kleti pri izračunu toplotnih izgub skozi neogrevano klet.

Ker program ne omogoča kombinacije ogrevane in neogrevane kleti (v mojem primeru so v kleti 4 stanovanja, ki so ogrevana, ostali večji del je neogrevan), sem se odločil, da bom definiral klet kot neogrevano. Tako imam v tem primeru izgube skozi tla posredno preko kleti, ki je delno vkopana. Klet bom obravnaval pri izgubah skozi neogrevane prostore v nadaljevanju. (ISO 13370:2007)

c) Izgube skozi neogrevane dele stavbe (klet) –  $H_U$ . V program podam volumen kleti, stopnjo izmenjave zraka med prostorom in okolico, debelino in toplotno prehodnost zunanega zidu (stene kleti) in medetažne plošče med kletjo in pritličjem, toplotno prevodnost ter toplotno kapaciteto zemljine, globino in toplotno prehodnost, obseg ter površino talne konstrukcije (plošče na terenu). Na podlagi vnešenih podatkov program izračuna redukcijski faktor, s katerim reducira toplotne izgube iz ogrevane cone v neogrevano klet.

d) Izgube skozi neogrevane dele stavbe (mansarda) -  $H_U$ . V programu podamo redukcijski faktor  $f_t$ , ki reducira toplotne izgube iz ogrevane cone v mansardo (bolj kot je mansarda prezračevana oziroma bolj kot so klimatske razmere na mansardi podobne zunanjim, bolj se redukcijski faktor  $f_t$  približuje vrednosti 1).

5. Potrebni vhodni podatki za račun pritokov zaradi sončnega sevanja so:

a) Povprečne mesečne količine sončnega sevanja [ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{mesec})$ ] po vseh straneh neba, ki jih vnesemo v klimatske podatke.

Za izračun  $Q_{NH}$  je potrebno v klimatske podatke vnesti:

- Povprečne mesečne zunanje temperature zraka.
- Povprečne mesečne zunanje temperature rosišča.
- Povprečne mesečne temperature neba.
- Toplotno obremenitev.

b) Karakteristike okenskega okvirja:

- Dimenzije okenskega okvirja.
- Toplotna prehodnost okenskega okvirja.
- Linijski toplotni mostovi okvirja zaradi distančnika in zaradi montaže na zid.

c) Karakteristike zasteklitve znotraj okenskega okvirja:

- Toplotna prehodnost zasteklitve.
- Faktor prepustnosti sončnega sevanja – g.

6. Program omogoča izračun notranjih toplotnih pritokov  $Q_{H,int}$  zaradi uporabnikov, naprav, razsvetljave, procesov in blaga v obdobju ogrevanja. V računu upošteva:
- Število stanovalcev v stanovanjskem bloku.
  - Število in vrsto gospodinjskih aparatov (pralni, pomivalni in sušilni stroj, hladilnik, zmrzovalnik...), njihovo pozicijo / lego (zunaj ali znotraj ogrevane cone), normativ porabe (kWh/uporabo ali kWh/dan) in frekvenco oziroma pogostost uporabe (število uporab gospodinskega aparata/osebo v enem letu ali število dni uporabe gospodinjskega aparata/leto).
  - Osvetljavo in potrošno elektroniko, njihovo pozicijo / lego (zunaj ali znotraj ogrevane cone), normativ porabe (W) in frekvenco oziroma pogostost delovanja naprav (kh/osebo v letu).
  - Porabo hladne vode in izhlapevanje (iz brisač in rastlin v lončkih).

Vse podatke je mogoče v program vnesti ročno ali pa izbirati med že privzetimi vrednostmi. Mogoč je tudi vnos novega gospodinjskega aparata ali elektronike, ki bi imeli znaten vpliv na izračun  $Q_{H,int}$ , z lastnimi karakteristikami.

Energija potrebna za segrevanje hladne vode in izhlapevanje vode se v programu odšteje od celotnega zneska notranjih toplotnih dobičkov, saj ima le-ta negativni učinek nanj.

Mogoče pa je tudi ročno vnesti poljubno vrednost  $Q_{H,int}$ , če nimamo na razpolago podatkov za izračun le-te.

7. Program omogoča vnos sodelujoče toplotne kapacitete stavbe (MJ/K) za izračun izkoristka toplotnih dobitkov.
8. Izračun koeficienta prezračevalnih toplotnih izgub -  $H_{ve,adj}$  – v programu je sledeč:
- Najprej je potrebno v programu določiti načrtno vrednost zračnega pretoka v eni uri, ki je enaka maksimalni vrednosti med maksimalno potrebo po dobavi zraka v eni uri in maksimalno potrebo po odvajanju zraka v eni uri.
- Maksimalno potrebo po dobavi zraka v eni uri določi program na podlagi povprečne urne dobave zraka na osebo [ $m^3$  zraka/h\*osebo] in števila stanovalcev.
  - Maksimalno potrebo po odvajanju zraka v eni uri določi program na podlagi števila in vrste sob (kuhinja, kopalnica s kadjo, kopalnica s tušem, stranišče...) in njihovih zahtev po odvajanju zraka v eni uri [ $m^3$  zraka/h].

Sledi izračun povprečne izmenjave zraka, tako da določimo deleže načrtne vrednosti zračnega pretoka v eni uri in njihovo trajanje v celotnem dnevu.

Vnesemo faktorja zaščite objekta pred vetrom –  $e$  in  $f$  -, ki sta odvisna od izpostavljenosti objekta vetru.

Podatke o zračni prepustnosti objekta dajeta vhodna podatka o številu izmenjav zraka v eni uri pri zračnem pritisku 50 MPa in pri testu obravnavanem bruto volumnu.

Priporočeni standardi o zrakotesnosti za različne tipe stavb so bili zasnovani skozi vrsto let. Zrakotesnost stavb, kot je opredeljeno v Gradbenih predpisih temelji na zračni prepustnosti ovojnice gradbenega objekta. Ovojnico tvorijo stene, streha in temeljna plošča. Za boljše energetske učinkovitost in boljši nadzor nad notranjim okoljem so potrebne strožje zahteve v standardih o zrakotesnosti.

V spodnji tabeli so predpisani trenutni primeri kriterijev zračne prepustnosti normalne in najboljše prakse za različne tipe stavb.

**Preglednica 1: Primeri kriterijev zračne prepustnosti normalne in najboljše prakse za različne tipe stavb (ATTMA, 2009)**

TIP STAVBE	ZRAČNA PREPUSTNOST $q_{50}$ PRI 50 Pa [ $m^3/(h \cdot m^2)$ ]	
	NAJBOLJŠA PRAKSA	NORMALNA PRAKSA
<b>PISARNE</b>		
Naravno prezračevane	3	7
Kombinirano prezračevane	2,5	5
Klimatizirano / Nizko energijsko	2	5
<b>TOVARNE / SKLADIŠČA</b>	2	6
<b>PRODAJALNE</b>	1	5
<b>ŠOLE</b>	3	9
<b>BOLNICE</b>	5	9
<b>MUZEJI</b>	1	1,5
<b>HLADILNICE</b>	0,2	0,35
<b>STANOVANJSKE STAVBE</b>		
Naravno prezračevane	3	9
Mehansko prezračevane	3	5

V primeru mehanskega prezračevanja z rekuperacijo lahko izberemo vrsto rekuperatorja in njegov izkoristek. (Feist, 2007)

### 3.3 Predstavitev obravnavanih variant

#### 3.3.1 Enaki vhodni podatki pri vseh variantah za izračun $Q_{NH}$

Najprej bom prikazal vhodne podatke, ki pri različnih variantah ostajajo nespremenjeni. Pozneje bom za vsako varianto posebej navedel njihove lastne vhodne podatke.

Podatke o stavbi, ki sem jih uporabil pri izračunu, sem zbral na podlagi načrtov, pogovora z upravnikom, predlaganih privzetih vrednosti po standardu SIST EN ISO 13790 in z ogledom stavbe.

##### 3.3.1.1 Vsem variantam skupne karakteristike ogrevane cone

Ogrevano cono obravnavanega objekta predstavljajo štiri stanovanja v kleti in celotne površine gornjih etaž (stanovanja, vključno z vmesnimi hodniki in stopniščem) vse do neogrevanega podstrešja.

Preglednica 2: Neto ogrevane površine po etažah

ETAŽA	NETO OGREVANA POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
KLET	159,96
PRITLIČJE	632,59
1. NADSTROPJE	624,53
2. NADSTROPJE	624,53
3. NADSTROPJE	624,53
4. NADSTROPJE	624,53
<b>SKUPAJ</b>	<b>3290,67</b>

Bruto ogrevan volumen...  $V_e = 10600,3 \text{ m}^3$

Izbrana projektna temperatura ogrevane cone je  $T_p = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

##### 3.3.1.2 Vsem variantam skupne karakteristike ovoja ogrevane cone

Ovoj določene ogrevane cone meji na zunanost in na dve tamponski coni – na neogrevano klet in podstrešje. V program vnesemo površine elementov ovoja ogrevane cone, njihovo orientacijo in določim na kaj posamezni element meji (zunanost, zemljino, tamponsko cono...). Pri izračunu površin ovoja ogrevane cone uporabim zunanji sistem določanja dimenzij, kot le-to izklicno zahteva program. Površine sem določil na podlagi načrtov.

Podatke o sestavi ovoja (konstrukcijskih sklopov) za izračun termo fizikalnih lastnosti sem dobil v PZI-ju Projekt za izvedbo).

### 3.3.1.2.1 Površine ovoja ogrevane cone

#### a. STENE

**Preglednica 3: Orientacija in površina sten, ki tvorijo ovoj ogrevane cone**

STENE	ORIENTACIJA	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]	NA STIKU Z
F1 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA	V	221,8	ZUNANJOSTJO
F1 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA	Z	221,6	ZUNANJOSTJO
F2 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI	V	114,3	ZUNANJOSTJO
F2 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI	Z	115,0	ZUNANJOSTJO
F3 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET	V	45,9	ZUNANJOSTJO
F3 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET	Z	45,4	ZUNANJOSTJO
F4 - ČELNA FASADA	S	250,0	ZUNANJOSTJO
F4 - ČELNA FASADA	V	61,0	ZUNANJOSTJO
F4 - ČELNA FASADA	J	251,9	ZUNANJOSTJO
F4 - ČELNA FASADA	Z	63,9	ZUNANJOSTJO
F5 - KLETNA STENA V OGREVANIH PROSTORIH	S	18,9	ZEMLJINO
F5 - KLETNA STENA V OGREVANIH PROSTORIH	V	42,9	ZUNANJOSTJO
F5 - KLETNA STENA V OGREVANIH PROSTORIH	V	8,3	ZEMLJINO
F5 - KLETNA STENA V OGREVANIH PROSTORIH	J	18,9	ZEMLJINO
F6 - KLETNA STENA MED OGREVANIM IN NEOGREVANIM PROSTOROM	Z	68,4	NEOGR. KLETJO
F7 - COKEL - ČELNA FASADA	S	24,2	ZUNANJOSTJO
F7 - COKEL - ČELNA FASADA	V	3,6	ZUNANJOSTJO
F7 - COKEL - ČELNA FASADA	J	24,2	ZUNANJOSTJO
F7 - COKEL - ČELNA FASADA	Z	5,6	ZUNANJOSTJO
F8 - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA	V	20,7	ZUNANJOSTJO
F8 - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA	Z	20,5	ZUNANJOSTJO
F9 - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN	V	31,2	ZUNANJOSTJO
F9 - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN	Z	29,6	ZUNANJOSTJO

#### b. MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE

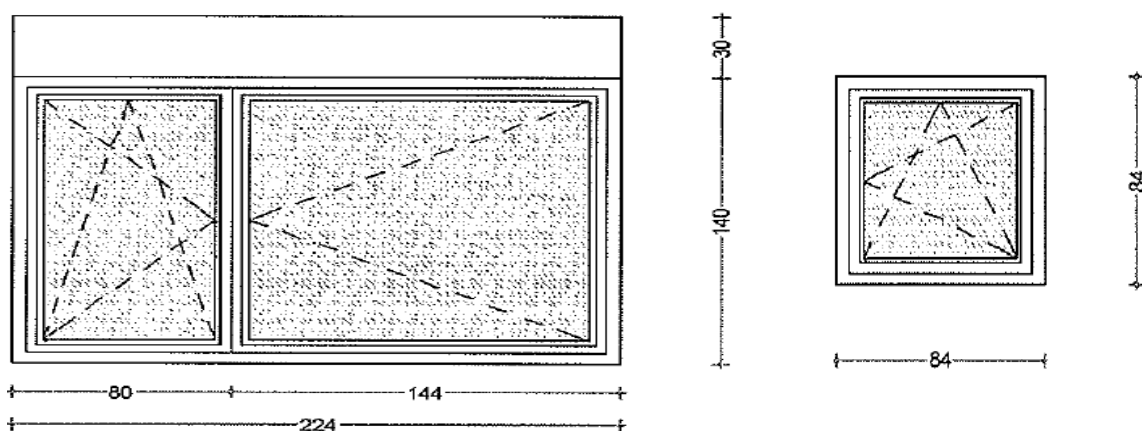
**Preglednica 4: Površine medetažnih konstrukcij, ki tvorijo ovoj ogrevane cone**

MEDETAŽNE KONSTRUKCIJE	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]	NA STIKU Z
T1 - TLAKI V KLETI (OGREVANI PROSTORI)	190,6	ZEMLJINO
S1 - STROP NAD KLETJO	543,7	NEOGR. KLETJO
S2 - STROP NAD ZADNJO ETAŽO	734,4	MANSARDO

c. ZASTEKLITEV

Preglednica 5: Orientacija in površina poroznih površin, ki tvorijo ovoj ogrevane cone

POROZNE POVRŠINE	
ORIENTACIJA	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
S	27,8
V	244,0
J	25,9
Z	214,5



Slik 11: Dva primera zasteklitev na obravnavanem objektu

Za vsa okna in njihove strani je potrebno določiti na kaj mejijo v svoji ravnini (steno, drugo okno...) in dimenzije okenskega okvirja. Za vsa okna predpostavim sledeče dimenzije okenskega okvirja:

Preglednica 6: Privzete širine okenskega okvirja

DIMENZIJE OKENSKEGA OKVIRJA			
ŠIRINA - LEVO [m]	ŠIRINA - DESNO [m]	ŠIRINA - ZGORAJ [m]	ŠIRINA - SPODAJ [m]
0,12	0,14	0,14	0,12

Vse porozne površine mejijo na zunanost.

d. NEPOROZNE POVRŠINE

Preglednica 7: Orientacija in površina neporoznih površin, ki tvorijo ovoj ogrevane cone

NEPOROZNE POVRŠINE – VRATA	
ORIENTACIJA	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]
Z	7,9

Vse neporozne površine (vrata) mejijo na tamponsko cono v kleti.



### 3.3.1.3 Skupne termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone

Pri računu termofizikalnih lastnosti ovoja ogrevane in neogrevane cone ne upoštevam parnih zapor, ker zaradi tankega sloja ne vplivajo bistveno na toplotno prehodnost.

Prikazan je izračun toplotnih prehodnosti samo tistih elementov, ki v vseh variantah ostajajo nespremenjeni.

**Preglednica 8: F6 – kletna stena med ogrevanim in neogrevanim prostorom**

<b>F6 – KLETNE STENA MED OGREVANIM IN NEOGREVANIM PROSTOROM</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m*K)]	DEBELINA [mm]	
1	KNAUF	0,210	15
2	TI	0,040	55
3	AB	2,040	150
			SKUPAJ [cm]
U-Vrednost: <b>0,592</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>20,5</b>

**Preglednica 9: T1 – tlaki v kleti (ogrevani prostori)**

<b>T1 - TLAKI V KLETI (OGREVANI PROSTORI)</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,167
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,000
MATERIAL	[W/(mK)]	DEBELINA [mm]	
1	VINAZ	0,160	5
2	CEMENTNI ESTRIH	0,140	35
3	TERVOL	0,041	25
4	HIDROIZOLACIJA	0,170	10
5	PODLOŽNI BETON	0,000	60
			SKUPAJ [cm]
U-Vrednost: <b>0,895</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>13,5</b>

Preglednica 10: S1 – strop nad kletjo

S1 - STROP NAD KLETJO			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,167
		ZUNANJI Rz :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> *K)]	DEBELINA [mm]	
1	PARKET	0,140	20
2	CEMENTNA MALTA	0,190	60
3	AB PLOŠČA	2,040	150
4	KOMBI PLOŠČA	0,040	50
U-Vrednost: <b>0,502</b> W/(m <sup>2</sup> K)			<b>SKUPAJ [cm]</b> 28,0

### 3.3.1.4 Geografski in klimatski podatki

Vhodni podatki za račun pritočkov sončnega sevanja so seldeči:

Preglednica 11: Geografska lega objekta na Steletovi 8

GEOGRAFSKA LEGA - STELETOVA 8, LJUBLJANA		
GEOGRAFSKA ŠIRINA - SEVER [°]	GEOGRAFSKA DOLŽINA - VZHOD [°]	NADMORSKA VIŠINA [°]
46,067	14,517	298

Preglednica 12: Povprečne mesečne količine sončnega sevanja po vseh straneh neba (MOP – ARSO, 2009)

POVPREČNE MESEČNE KOLIČINE SONČNEGA SEVANJA PO VSEH STRANEH NEBA [kWh/(m <sup>2</sup> +meseč)]												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OCT	NOV	DEC
SEVER	10	15	26	29	43	47	48	38	26	19	11	8
VZHOD	25	28	51	68	95	97	96	90	57	35	21	16
JUG	65	65	85	84	82	76	86	92	79	72	52	40
ZAHOD	23	39	59	68	82	79	96	82	63	46	24	18
GLOBALNO	34	49	89	113	148	154	169	144	97	61	33	24

Preglednica 13: Povprečne temperature v različnih mesecih (MOP – ARSO, 2009)

POVPREČNE TEMPERATURE V RAZLIČNIH MESECIH												
	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AVG	SEP	OCT	NOV	DEC
AMBIENTNA TEMPERATURA [°C]	-1,1	1,4	5,4	9,9	14,6	17,8	19,9	19,1	15,5	10,4	4,6	0,0
TEMPERATURA ROSIŠČA [°C]	-3,6	-2,0	1,1	4,7	9,0	12,4	14,3	14,0	11,7	7,5	2,4	-1,9
TEMPERATURA NEBA [°C]	-12,3	-10,2	-6,3	-1,5	3,2	7,6	9,3	8,9	6,3	1,5	-4,4	-10,0

### 3.3.1.5 Notranji toplotni pritoki – $Q_{H,int}$ – in toplotna kapaciteta stavbe

Ker nimam na razpolago podatkov o napravah, razsvetljavi, uporabnikih in procesih v stanovanjskem bloku, bom v program vnesel predpostavljeno vrednost o notranjih toplotnih pritokih. Priporočena vrednost za vrednost vsote  $\Phi_{int, Oc}$ ,  $\Phi_{int, A}$ ,  $\Phi_{int, L}$  in  $\Phi_{int, Proc}$  je v Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES) za stanovanjske stavbe enaka  $4 \text{ W/m}^2$  na ogrevano površino stavbe. Z uporabo enake vrednosti pri vseh variantah se bom izognil nevšečnostim pri analizi rezultatov. Predpostavka je, da bodo naprave in število ljudi v objektu pred in po prenovi enake.

Tudi v program vnešeno toplotno kapaciteto stavbe določim na podlagi PURES-a. Določim jo po poenostavljenem izrazu za težke stavbe –  $C = 50 \text{ Ve (Wh/K)}$ :

$$C = 50 * 10600,3 \text{ m}^3 = 530015,0 \text{ Wh/K} = 530015,0 * 3600 / 1000000 \text{ MJ/K} = 1908,1 \text{ MJ/K}.$$

### 3.3.1.6 Skupni vhodni podatki pri prezračevanju

Vhodni podatki pri prezračevanju so:

**Preglednica 14: Izračun potrebne dobave zraka v eni uri**

IZRACUN POTREBNE DOBAVE ZRAKA V ENI URI		
	VREDNOST	OPOMBE
STEVILO STANOVALCEV [os]	150	Predpostavil sem v povprečju 2,5 ljudi na gospodinjstvo (60 gospodinjstev).
POVPREČNA URNA DOBAVA ZRAKA NA OSEBO [ $\text{m}^3/(\text{osebo} \cdot \text{h})$ ]	30	Privzel sem v programu priporočeno vrednost za stanovanja.
POTREBNA KOLICINA DOBAVLJENEGA ZRAKA V ENI URI [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	4500	Rezultat produkta števila stanovalcev in povprečne urne dobave zraka na osebo.

**Preglednica 15: Izračun skupnih potreb po odvajanju zraka v eni uri**

SOBE, IZ KATERIH ODVAJAMO ZRAK	KUHINJA	KOPALNICA - KAD	KOPALNICA - TUŠ	STRANISCE
STEVILO SOB	60	56	4	4
POTREBA SPECIFIČNE SOBE PO ODVAJANJU ZRAKA [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	60	40	20	20
SKUPNA KOLICINA POTREBNEGA ZRAKA ZA ODVAJANJE NA ENO URO [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]	<b>6000</b>			

Odločil sem se, da že v naprej v programu določenih potreb specifičnih sob po količini odvajanja zraka ne spreminim.

$$\begin{aligned} & \text{POTREBNA DOBAVA ZRAKA V ENI URI} \leq \\ & \text{SKUPNA POTREBA PO ODVAJANJU ZRAKA V ENI URI} \rightarrow \\ & \text{SKUPNA POTREBA PO ODVAJANJU ZRAKA V ENI URI} \\ & = \text{NAČRTOVANA VREDNOST IZMENJAVE ZRAKA V ENI URI} = 6000 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

Preglednica 16: Izračun povprečne izmenjave zraka

IZRAČUN POVPREČNE IZMENJAVE ZRAKA			
INTENZITETA	DNEVNO OBDOBJE DELOVANJA [h/dan]	REFERENČNI FAKTORJI GLEDE NA MAKSIMUM	IZMENJAVA ZRAKA V ENI URI [m <sup>3</sup> /h]
MAXIMALNA	8,0	1,00	6000
STANDARDNA	4,0	0,77	4615
OSNOVNA	4,0	0,54	3231
MINIMALNA	8,0	0,40	2400
			<b>4108</b>

Vnesti moramo faktorja zaščite objekta pred vetrom, ki ju določim po standardu SIST EN ISO 13790.

Preglednica 17: Koeficienta zaščite e in f pred vetrom po SIST EN ISO 13790

KOEFIČIENT ZAŠČITE PRED VETROM PO SIST EN ISO 13790		
KOEFIČIENT e ZA RAZLIČNE RAZREDE ZAŠČITE	IZPOSTAVLJENIH JE VEČ STRANI	IZPOSTAVLJENA JE ENA STRAN
BREZ ZAŠČITE	0,10	0,03
ZMERNNA ZAŠČITA	<b>0,07</b>	0,02
VISOKA ZAŠČITA	0,04	0,01
<b>KOEFIČIENT f</b>	<b>15</b>	20

Ker ima objekt izpostavljenih več strani in je zmerno zaščiten izberem sledeča koeficienta:

$$e = 0,07 \text{ in } f = 15.$$

### 3.3.1.7 Skupni vhodni podatki za izračun izgub skozi neogrevano klet

#### 3.3.1.7.1 Karakteristike tal

Preglednica 18: Karakteristike tal

KARAKTERISTIKE TAL	
TOPLOTNA PREVODNOST [W/(m*K)]	TOPLOTNA KAPACITETA [MJ/m <sup>3</sup> *K]
2,0	2,0

Priporočene vrednosti v programu za moker pesek, gramoz in vlažno glino.

### 3.3.1.7.2 Površine ovoja neogrevanega dela kleti

Preglednica 19: Vhodni podatki za izračun izgub skozi neogrevane dele kleti

VHODNI PODATKI	
TIP KLETI	NEOGREVANA
POVRŠINA STROPA NAD KLETJO [m <sup>2</sup> ]	717,3
OBSEG STROPA NAD KLETJO [m]	133,2
IZMENJAVA ZRAKA V KLETI [h <sup>-1</sup> ]	0,2
VOLUMEN KLETI [m <sup>3</sup> ]	1973
TOPLOTNA PREHODNOST STROPA NAD KLETJO [W/(m <sup>2</sup> *K)]	0,502
TOPLOTNA PREHODNOST STENE KLETI [W/(m <sup>2</sup> *K)]	3,886
TOPLOTNA PREHODNOST TAL NA TERENU [W/(m <sup>2</sup> *K)]	4,608

Preglednica 20: F6 – kletne stene v neogrevanih prostorih

F10 - KLETNE STENE V NEOGREVANIH PROSTORIH			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,000
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(mK)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1 AB	2,040	150	
2 HIDROIZOLACIJA	0,170	10	
<b>U-Vrednost: 3,886 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			<b>SKUPAJ [cm]</b>
			16,0

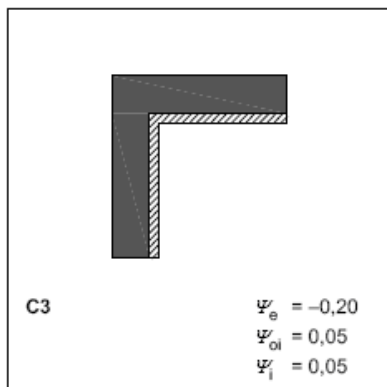
Preglednica 21: T2 – tlaki v kleti v neogrevanih prostorih

T2 - TLAKI V KLETI V NEOGREVANIH PROSTORIH			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,100
		ZUNANJI Rz :	0,000
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m*K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1 VINAŽ	0,160	0	
2 BETON S CEMENTOM	2,040	55	
3 HI	0,170	10	
4 PODLOŽNI BETON	0,000	60	
<b>U-Vrednost: 4,608 W/(m<sup>2</sup>K)</b>			<b>SKUPAJ [cm]</b>
			12,5

### 3.3.1.8 Vsem variantam skupni toplotni mostovi

Ker sem pri izračunu površin ovoja ogrevane cone uporabil zunanje dimenzije, moram pri izračunu linijskih toplotnih mostov uporabiti  $\psi_e$  (e pomeni external = zunanje)[W/(m\*K)].

- Vogali v kleti:

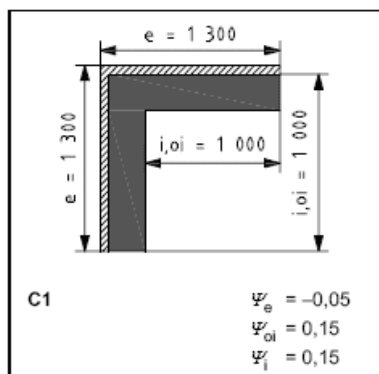


**TI se nahaja na notranji strani nosilne  
konstrukcije**

$$(- 0,20 \text{ W/(m*K)}) * 4 * 2,50 \text{ m} = - 2 \text{ W/K}$$

Slika 12: Primer toplotnega mostu za vogale v kleti

- Vogali:

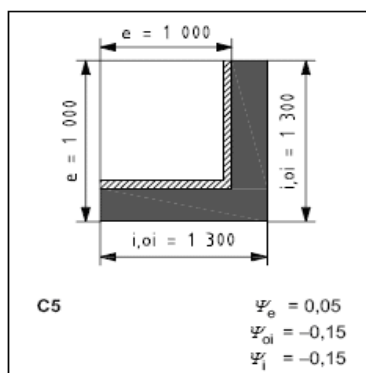


**TI se nahaja na zunanji strani nosilne  
konstrukcije**

$$(- 0,05 \text{ W/(m*K)}) * 162,25 \text{ m} = - 8,11 \text{ W/K}$$

Slika 13: Primer toplotnega mostu za vogale

- Koti:

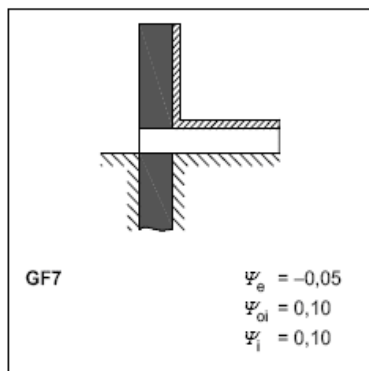


**TI se nahaja na zunanji strani nosilne  
konstrukcije**

$$0,05 \text{ W/(m*K)} * 107,25 \text{ m} = 5,36 \text{ W/K}$$

Slika 14: Primer toplotnega mostu za kote

- Plošča na terenu:

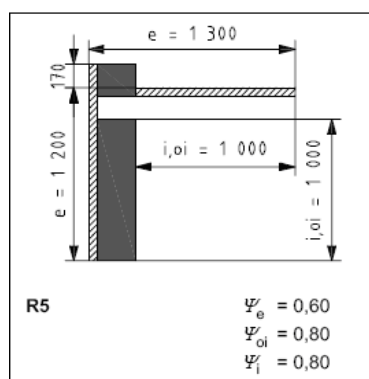


**TI se nahaja na vrhu plošče in na notranji strani kletnih sten**

$$(- 0,05 \text{ W/(m}^*\text{K)}) * 69,24 \text{ m} = - 3,46 \text{ W/K}$$

Slika 15: Primer toplotnega mostu za ploščo na terenu

- Strop proti mansardi:



**TI se nahaja na vrhu stropa proti mansardi in na zunanji strani sten**

$$0,60 \text{ W/(m}^*\text{K)} * 148,22 \text{ m} = 88,93 \text{ W/K}$$

Slika 16: Primer toplotnega mostu za strop proti mansardi

### 3.4 Predstavitev variant

#### 3.4.1 Varianta 1 in varianta 2

Obe varianti predstavljata stanje objekta pred prenovo. Razlikovali se bosta pri LCC analizi, kjer bo VARIANTA 1 predstavljala primer brez prenove (brez menjave dotrajanih elementov - oken, vrat in fasade), temveč samo obratovalne in vzdrževalne stroške. VARIANTA 2 bo predstavljala le teoretičen primer, pri kateri bom zamenjal dotrajane elemente z identičnimi (karakteristike elementov ostanejo nespremenjene – kar ni smiselno; če že pride do prenove, je prenovljeno stanje boljše od predhodnega), tako da bo potreba pri ogrevanju pri obeh variantah enaka.

### 3.4.1.1 Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone

Preglednica 22: F1 – prefabricirana panelna stena

<b>F1 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,043
MATERIAL	[W/(m*K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	100
2	STIROPOR	0,041	50
3	ARMIRANI BETON	2,040	70
4	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,673</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>23,0</b>	

Preglednica 23: F2 – prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti

<b>F2 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,043
MATERIAL	[W/(m*K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	60
2	STIROPOR	0,041	30
3	ARMIRANI BETON	2,040	60
4	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>1,028</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>16,0</b>	

Preglednica 24: F3 – prefabricirana panelna stena v pasovih rolet

<b>F3 - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,043
MATERIAL	[W/(m*K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>3,909</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>16,0</b>	



Preglednica 25: F4 – čelna fasada

<b>F4 - ČELNA FASADA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	STIROPOR	0,041	50
3	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,678</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>21,0</b>	

Preglednica 26: F5 – kletna stena v ogrevanih prostorih

<b>F5 – KLETNA STENA V OGREVANIH PROSTORIH</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	NOTRANJI OMET	2,040	20
2	STIROPOR	0,041	40
3	ARMIRANI BETON	2,040	150
4	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,796</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>22,0</b>	

Preglednica 27: F7 – cokel - čelna fasada

<b>F7 – COKEL - ČELNA FASADA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	STIROPOR	0,041	50
3	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,678</b> W/(m <sup>2</sup> K)		<b>21,0</b>	

Preglednica 28: F8 – cokol – prefabricirana panelna stena

<b>F8 – COKEL – PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,043
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1	ARMIRANI BETON	2,040	100
2	STIROPOR	0,041	50
3	ZUNANJI OMET	0,700	70
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,680</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>22,0</b>

Preglednica 29: F9 – cokol – prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti

<b>F9 – COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,125
		ZUNANJI Rz :	0,043
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1	ARMIRANI BETON	2,040	60
2	STIROPOR	0,041	30
3	ZUNANJI OMET	0,700	60
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>1,043</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>15,0</b>

Preglednica 30: S2 – strop nad zadnjo etažo

<b>S2 - STROP NAD ZADNJO ETAŽO</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI Rn :	0,100
		ZUNANJI Rz :	0,043
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1	POHODNE PLOŠČE	0,140	15
2	TERVOL	0,040	80
3	AB PLOŠČA	2,040	150
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,430</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>24,5</b>

Preglednica 31: Toplotne prehodnosti okenske okvirja in zasteklitve pri variantah 1 in 2

TOPLOTNA PREHODNOST [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
OKENSKEGA OKVIRJA	ZASTEKLITVE
1,60	2,90

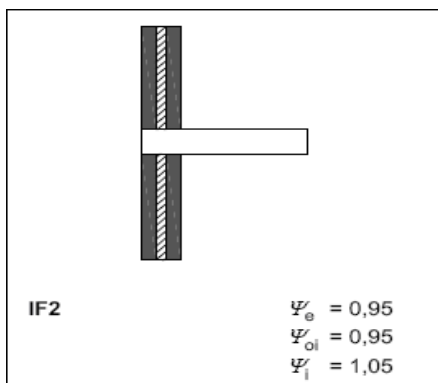
Preglednica 32: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve pri variantah 1 in 2

FAKTOR PREPUSTNOSTI SONČNEGA SEVANJA ZASTEKLITVE - g
0,77

### 3.4.1.2 Izgube skozi linijske toplotne mostove

#### 3.4.1.2.1 Stik plošče s steno

- Prefabricirana panelna stena:

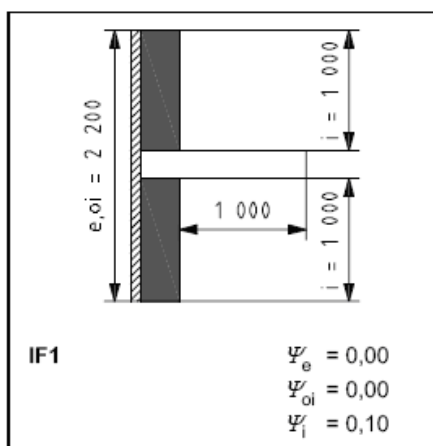


TI se nahaja v »sendviču« AB nosilne konstrukcije stene, medetažne plošče pa so brez TI

$$0,95 \text{ W/(m*K)} * 376,80 \text{ m} = 357,96 \text{ W/K}$$

Slika 17: Primer toplotnega mostu za prefabricirano panelno steno pri stiku s ploščo za varianti 1 in 2

- Čelna fasada:



TI se nahaja na zunanji strani AB nosilne konstrukcije stene, medetažne plošče pa so brez TI

$$0,00 \text{ W/(m*K)} * 216,08 \text{ m} = 0,00 \text{ W/K}$$

NI TOPLOTNIH MOSTOV

Slika 18: Primer toplotnega mostu za čelno fasado pri stiku s ploščo za varianti 1 in 2



### 3.4.2 Varianta 3

Ta varianta je povsem enaka predhodnima – VARIANTAMA 1 in 2, le da je zamenjano naravno prezračevanje z mehanskim s 75 % izkoristkom rekuperacije toplote.

#### 3.4.2.1 Prezračevanje

Prezračevanje je mehansko s 75 % izkoristkom rekuperacije toplote. Pri zračni prepustnosti je privzeta priporočena vrednost iz tabele o primerih kriterijev zračne prepustnosti (vir: ATTMA), in sicer za stanovanjske stavbe z mehanskim prezračevanjem pri normalni praksi. Želena vrednost –  $q_{50} = 5,00 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  – sem dosegel s pravilnim vnosom podatkov o številu izmenjav zraka v eni uri pri zračnem pritisku 50 MPa in pri testu obravnavanem bruto volumnu. Izbral sem sledeče vrednosti:

**Preglednica 34: Vnešene vrednosti pri prezračevanju za varianta 3**

	Net Air Volume for Press. Test	$V_{n50}$	Air Permeability	$q_{50}$
Air Change Rate at Press. Test $n_{50}$ 1/h	1,74	10600,3	5,00	$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$

### 3.4.3 Varianta 4

Varianta predstavlja objekt z dodano toplotno izolacijo in novimi PVC okni ter vhodnimi vrati. Prezračevanje ostane naravno. Spremenijo se horizontalni gabariti objekta, vendar so zanemarljivo majhni, tako da jih pri vnosu podatkov v programu zanemarim (bruto ogrevana prostornina in površine ovoja ogrevane cone ostaneta nespremenjeni).

### 3.4.3.1 Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone

Vijolično obarvani so v prenovi dodani sloji.

Preglednica 35: F1\* - prefabricirana panelna stena

<b>F1* - PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>			
<b>UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m<sup>2</sup>K/W]</b>		<b>NOTRANJI R<sub>n</sub> :</b>	0,125
		<b>ZUNANJI R<sub>z</sub> :</b>	0,043
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1	ARMIRANI BETON	2,040	100
2	STIROPOR	0,041	50
3	ARMIRANI BETON	2,040	70
4	STIROPOR	0,041	100
5	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
<b>U-Vrednost:</b>		<b>0,255</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>33,0</b>

Preglednica 36: F2\* - prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti

<b>F2* - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI</b>			
<b>UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m<sup>2</sup>K/W]</b>		<b>NOTRANJI R<sub>n</sub> :</b>	0,125
		<b>ZUNANJI R<sub>z</sub> :</b>	0,043
<b>MATERIAL</b>	<b>[W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	<b>DEBELINA [mm]</b>	
1	ARMIRANI BETON	2,040	60
2	STIROPOR	0,041	30
3	ARMIRANI BETON	2,040	60
4	STIROPOR	0,041	170
5	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
<b>U-Vrednost:</b>		<b>0,195</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>33,0</b>

Preglednica 37: F3\* - prefabricirana panelna stena v pasovih rolet

<b>F3* - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	STIROPOR	0,041	50
3	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,678</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>21,0</b>

Preglednica 38: F4\* - čelna fasada

<b>F4* - ČELNA FASADA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	STIROPOR	0,041	50
3	STIROPOR	0,041	100
4	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,255</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>31,0</b>

Preglednica 39: F5\* - kletna stena v ogrevanih prostorih

<b>F5* - KLETNE STENE V OGREVANIH PROSTORIH</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	NOTRANJI OMET	0,810	20
2	STIROPOR	0,041	40
3	AB	2,040	150
4	STIROPOR	0,041	100
5	ZUNANJI OMET	0,700	10
			<b>SKUPAJ [cm]</b>
U-Vrednost: <b>0,271</b>		W/(m <sup>2</sup> K)	<b>32,0</b>

Preglednica 40: F7\* - cokol - čelna fasada

<b>F7* - COKEL - ČELNA FASADA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	150
2	STIROPOR	0,041	50
3	STIROPOR	0,041	80
4	ZUNANJI OMET	0,700	10
U-Vrednost: <b>0,292</b> W/(m <sup>2</sup> K)			<b>SKUPAJ [cm]</b> 29,0

Preglednica 41: F8\* - cokol - prefabricirana panelna stena v pasovih oken s parapeti

<b>F8* - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN S PARAPETI</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	60
2	STIROPOR	0,041	30
3	ARMIRANI BETON	2,040	60
4	STIROPOR	0,041	150
5	ZUNANJI OMET	0,700	10
U-Vrednost: <b>0,216</b> W/(m <sup>2</sup> K)			<b>SKUPAJ [cm]</b> 31,0

Preglednica 42: F9\* - prefabricirana panelna stena

<b>F9* - COKEL - PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,125
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m <sup>2</sup> K)]	DEBELINA [mm]	
1	ARMIRANI BETON	2,040	100
2	STIROPOR	0,041	50
3	ARMIRANI BETON	2,040	70
4	STIROPOR	0,041	80
5	ZUNANJI OMET	0,700	10



<b>U-Vrednost:</b>	<b>0,291</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>SKUPAJ [cm]</b>	<b>31,0</b>
--------------------	-----------------------------------	--------------------	-------------

Preglednica 43: S2\* - strop nad zadnjo etažo

S2* - STROP NAD ZADNJO ETAŽO			
UPOR TOPLOTNE PRESTOPNOSTI [m <sup>2</sup> K/W]		NOTRANJI R <sub>n</sub> :	0,100
		ZUNANJI R <sub>z</sub> :	0,043
MATERIAL	[W/(m*K)]	DEBELINA [mm]	
1	POHODNE PLOŠČE	0,140	15
2	STIROPOR	0,041	200
3	TERVOL	0,040	80
4	AB PLOŠČA	2,040	150
		<b>SKUPAJ [cm]</b>	
<b>U-Vrednost:</b>		<b>0,140</b> W/(m <sup>2</sup> K)	<b>44,5</b>

Preglednica 44: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve pri varianti 4

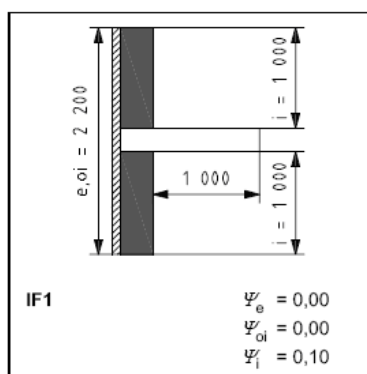
TOPLOTNA PREHODNOST [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
OKENKEGA OKVIRJA	ZASTEKLITVE
1,10	1,10

Preglednica 45: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve pri varianti 4

FAKTOR PREPUSTNOSTI SONČNEGA SEVANJA ZASTEKLITVE – g
0,64

### 3.4.3.2 Izgube skozi linijske toplotne mostove

- Stik plošče z zunanjo steno:



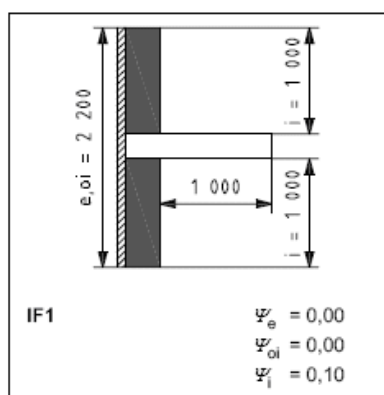
Po prenovi se pri vseh zunanjih stenah TI nahaja na zunanji strani AB nosilne konstrukcije sten

$$0,00 \text{ W/(m}^2\text{K)} * 592,88 \text{ m} = 0,00 \text{ W/K}$$

**NI TOPLOTNIH MOSTOV**

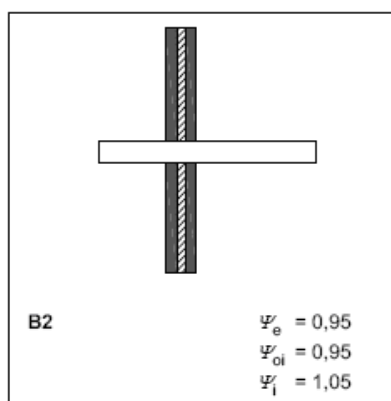
Slika 21: Primer toplotnega mostu na stiku medetažne plošče z zunanjo steno za varianto 4

- Pritlična plošča z zunanjo steno:



Slika 22: Primer toplotnega mostu na stiku pritlične plošče z zunanjo steno za varianto 4

- Balkoni:



Slika 23: Primer toplotnega mostu na mestu balkonov

Po prenovi se pri vseh zunanjih stenah TI nahaja na zunanji strani AB nosilne konstrukcije sten, pritlična plošča pa ima TI na vrhu (ker prav takšnega primera v standardu nisem našel, sem vzel tega, ki je dejanskemu še najbolj podoben)

$$0,00 \text{ W/(m}^*\text{K)} * 144,70 \text{ m} = 0,00 \text{ W/K}$$

**NI TOPLOTNIH MOSTOV**

Po prenovi prihaja na stiku stene in plošče do toplotnih mostov le na območju balkonov (ker se TI vseh zunanjih sten po prenovi nahaja na zunanji steni in prav takšnega primera v standardu nisem našel, sem vzel tega, ki je dejanskemu še najbolj podoben)

$$0,95 \text{ W/(m}^*\text{K)} * 8 * 5,04 \text{ m} = 38,30 \text{ W/K}$$

### 3.4.3.3 Prezračevanje

Enako kot pri VARIANTI 1.

### 3.4.4 Varianta 5

Ta varianta je povsem enaka predhodni – VARIANTI 4 in predstavlja dejansko stanje objekta po prenovi, le da zamenjam naravno prezračevanje z mehanskim s 75 % izkoristkom rekuperacije toplote.

#### 3.4.4.1 Prezračevanje

Vhodni podatki za prezračevanje so enaki kot pri VARIANTI 3.

### 3.4.5 Varianta 6

Pri tej varianti sta dotrajana fasado in strop proti podstrešju prenovljena že na začetku (strop in fasada enaka kot po prenovi), medtem ko stara lesena okna menjavam postopoma v 10-ih letih z novimi PVC okni.

#### 3.4.5.1 Termo fizikalne lastnosti ovoja ogrevane cone

Termo fizikalne lastnosti konstrukcijskih elementov (fasade, tal, stropa nad zadnjo etažo in sten) ostanejo enake kot pri VARIANTAH 1 in 2.

Stara lesena okna imajo te karakteristike:

**Preglednica 46: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve starih lesenih oken pri varianti 7**

TOPLOTNA PREHODNOST [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
OKENSKEGA OKVIRJA	ZASTEKLITVE
1,60	2,90

**Preglednica 47: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve starih lesenih oken pri varianti 7**

FAKTOR PREPUSTNOSTI SONČNEGA SEVANJA ZASTEKLITVE – g
0,77

Nova PVC okna sledeče:

**Preglednica 48: Toplotna prehodnost okenskega okvirja in zasteklitve novih PVC oken pri varianti 7**

TOPLOTNA PREHODNOST [W/(m <sup>2</sup> *K)]	
OKENSKEGA OKVIRJA	ZASTEKLITVE
1,10	1,10

**Preglednica 49: Faktor prepustnosti sončnega sevanja zasteklitve novih PVC oken pri varianti 7**

FAKTOR PREPUSTNOSTI SONČNEGA SEVANJA ZASTEKLITVE - g
0,64

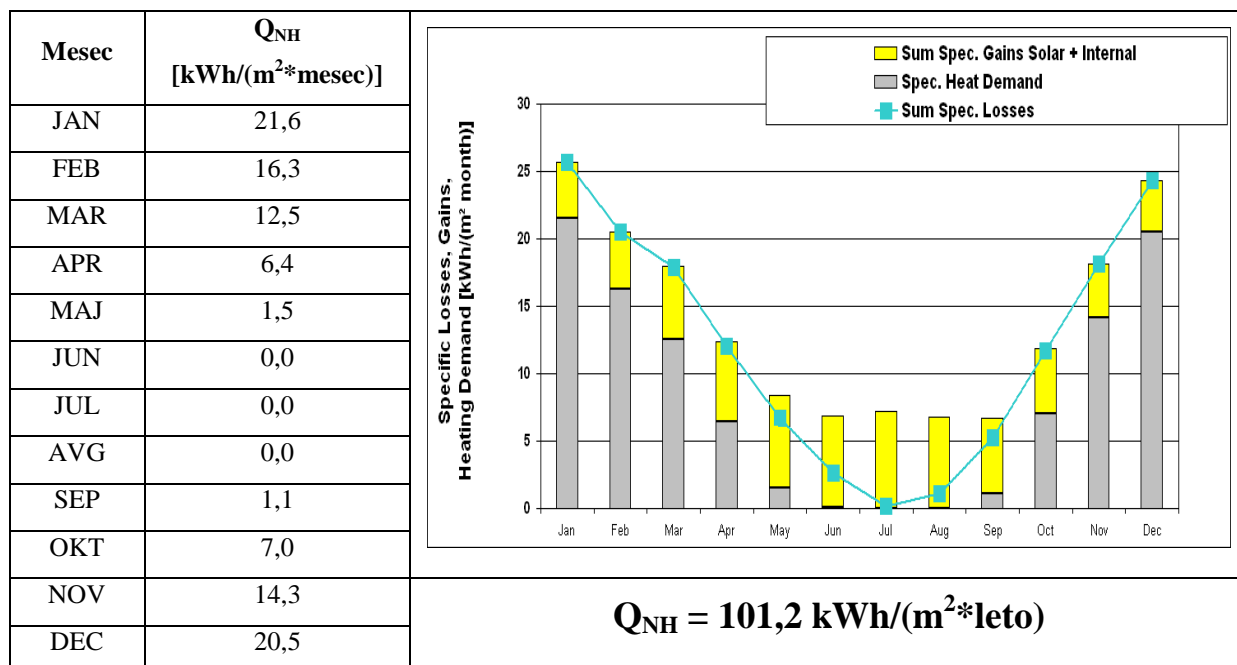
### 3.4.6 Varianta 2a in varianta 5a

Ti dve varianti nista obravnavani v PHPP-ju, temveč v kasnejši LCC analizi, saj predstavljata dejansko potrebo objekta po energiji za ogrevanje pred (VARIANTA2a) in po (VARIANTA5a) prenovi. Te podatke sem pridobil pri JSS MOP.

### 3.5 Izračun potrebne toplote za ogrevanje $Q_{NH}$

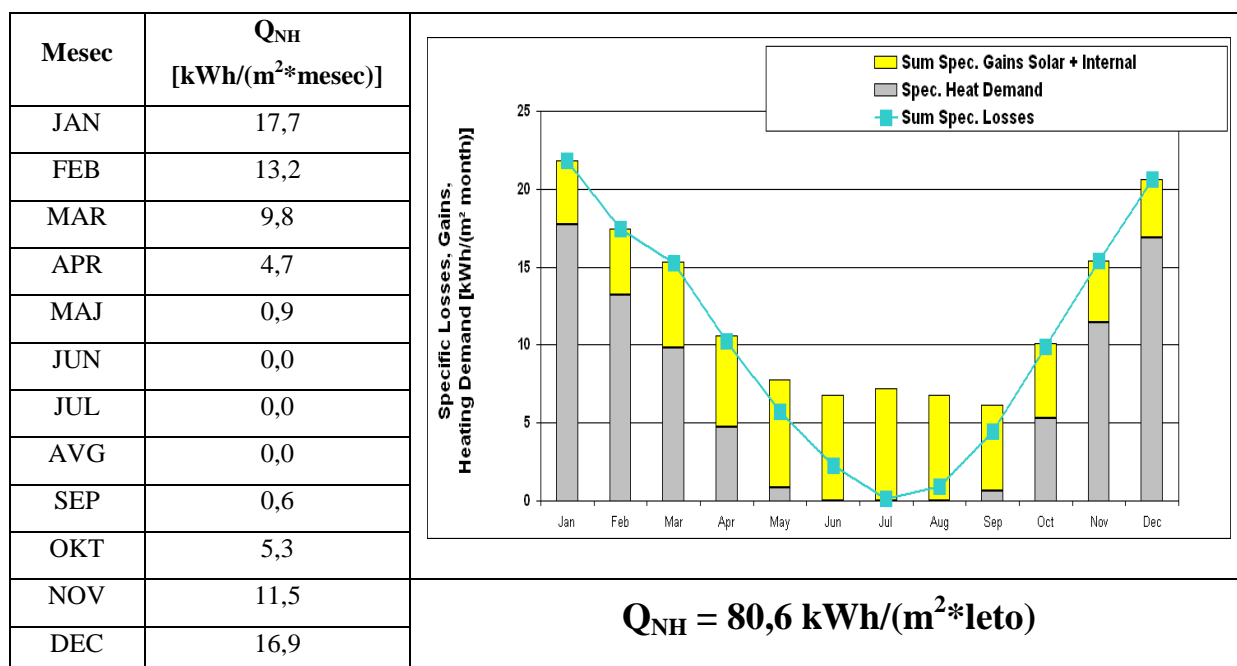
#### 3.5.1 Rezultati variante 1 in variante 2

Preglednica 50: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 1 in varianto 2



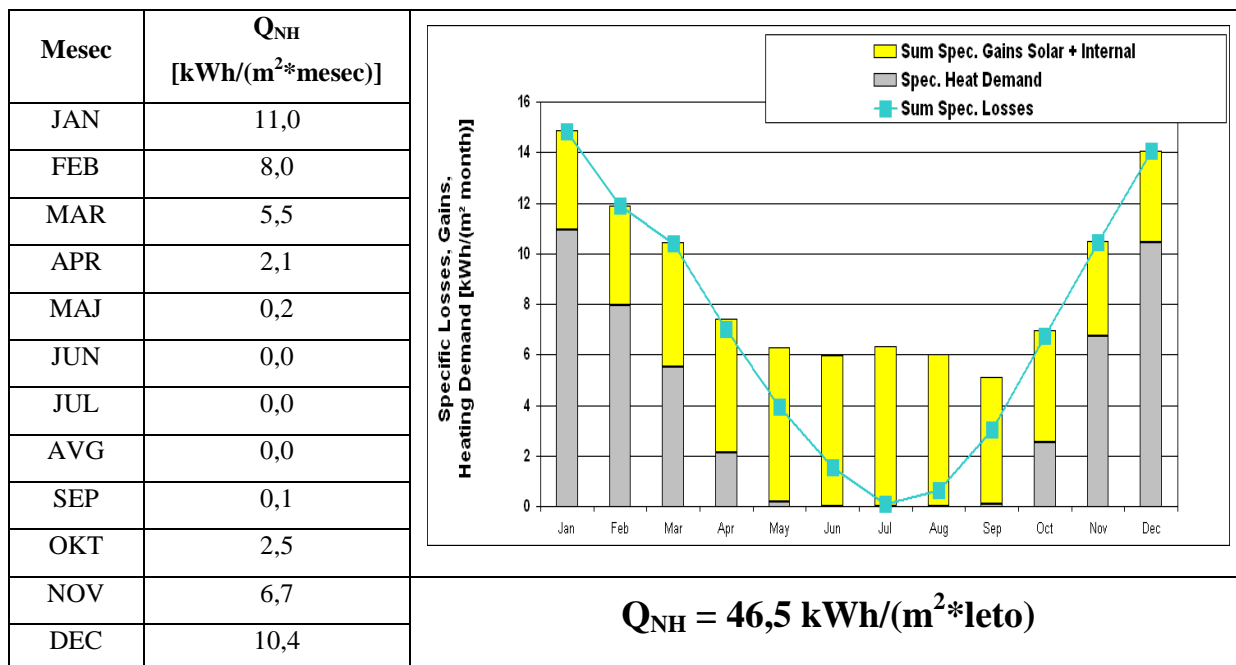
#### 3.5.2 Rezultati variante 3

Preglednica 51: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 3



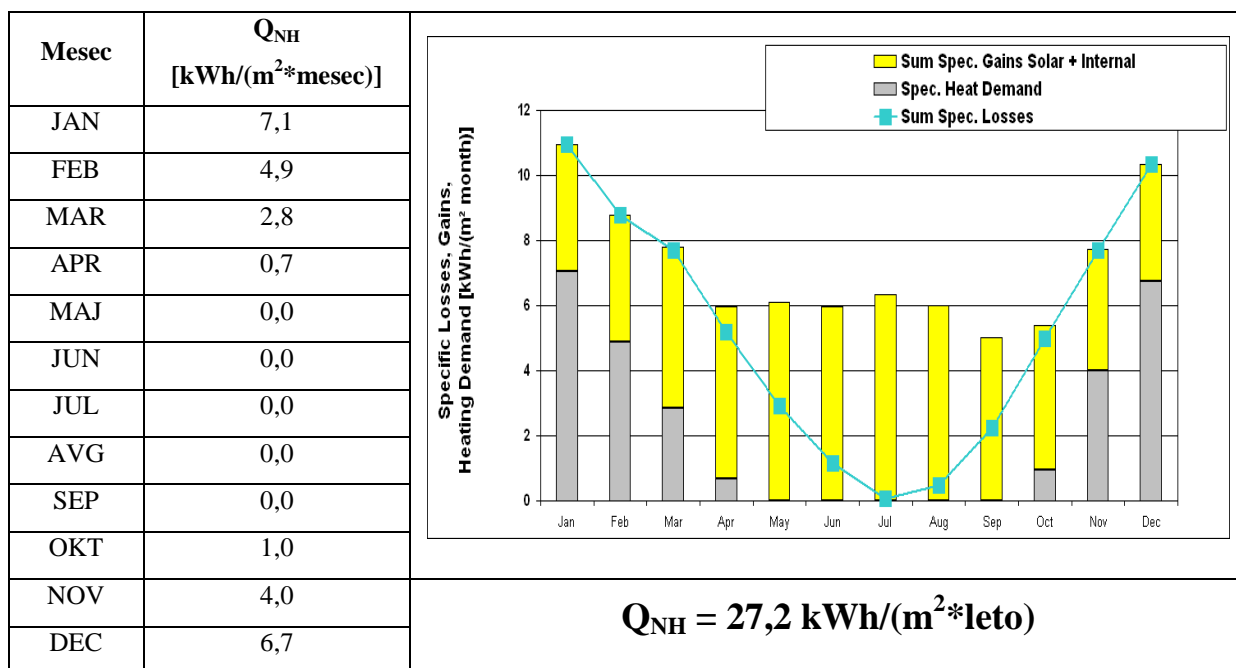
### 3.5.3 Rezultati variante 4

Preglednica 52: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 4



### 3.5.4 Rezultati variante 5

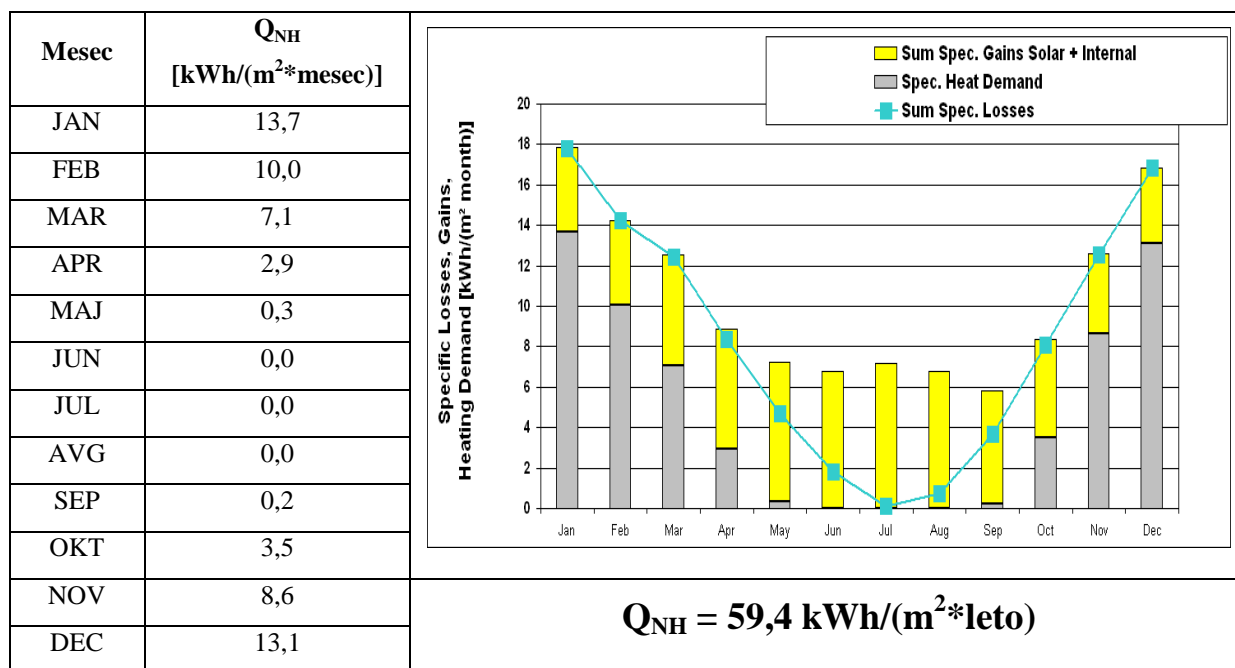
Preglednica 53: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 5



### 3.5.5 Rezultati variante 6

Rezultati so prikazani za začetno stanje (dodana je toplotna izolacija, okna še niso zamenjana). Po izvedeni zamenjavi oken (po 10-ih letih) je stanje enako VARIANTI 4.

**Preglednica 54: Potrebna energija za ogrevanje po mesecih za varianto 7 pred prenovo izvedeno za to varianto**



### 3.5.6 Dejanska letna potrebna energija za ogrevanje variante2a in variante5a

Podatke o povprečni porabi energije za ogrevanje objekta pred in po prenovi mi je posredovala ga. Tonka Grgić, zaposlena na JSS MOL.

Povprečna poraba energije za ogrevanje objekta pred prenovo (VARIANTA2a) znaša:

$$Q_{NH-VAR2a} = 74,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto})$$

Povprečna poraba energije za ogrevanje objekta po prenovi (VARIANTA5a) znaša:

$$Q_{NH-VAR5a} = 55,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto})$$

Regulacije ogrevanja v stavbi ni, tako da so prostori ogrevani noč in dan.

### 3.5.6.1 Primerjava dejanske porabe z izračunano

#### 3.5.6.1.1 Pred prenovu

Izračunana potrebna energija za ogrevanje pred prenovu znaša 101,2 kWh/(m<sup>2</sup>\*leto), dejanska poraba pa 74,5 kWh/(m<sup>2</sup>\*leto). Mogoči razlogi za razliko v vrednosti so:

- Stanovalci so bili zaradi visoke potrebe po ogrevanju bolj varčni.
- V računskem modelu sem privzel, da je hodnik in stopnišče ogrevano, a v resnici temu ni bilo tako, kar poveča vrednost  $Q_{NH}$ .
- Nekateri prostori v stanovanju so bili ogrevani na nižjo temperaturo (npr. spalnice) kot na v simulaciji predpostavljenih 20°C.
- Ostale predpostavljene vrednosti v simulaciji, ki so različne od dejanskih (klimatski podatki, notranji viri energije, količina izmenjave zraka, število ogrevalnih dni...).

#### 3.5.6.1.2 Po prenovi

Izračunana potrebna energija za ogrevanje po prenovi znaša 27,2 kWh/(m<sup>2</sup>\*leto), dejanska poraba pa 55,0 kWh/(m<sup>2</sup>\*leto). Mogoči razlogi za razliko v vrednosti so:

- Uporabniki vzdržujejo višjo notranjo temperaturo od predvidenih 20°C, kar ni težko pri boljši zrakotesnosti.
- Večje nekontrolirano prezračevanje skozi določene prostore (kuhinje, kopalnice, WC) in nepravilna uporaba mehanskega prezračevanja z rekuperacijo.
- Slaba motivacija o učinkoviti rabi energije s strani stanovalcev zaradi pavšalnega obračuna porabljene toplote.
- Slabo delovanje sistema ogrevanja, zlasti neustrezna regulacija.
- Ostale predpostavljene vrednosti v simulaciji, ki so različne od dejanskih (klimatski podatki, notranji viri energije, količina izmenjave zraka, število ogrevalnih dni...).

## 4 LCC analiza

Ker v stroškovni analizi življenjskega cikla objekta načrtujem denarni tok skupaj z učinki inflacije, je potrebno v diskontni stopnji zajeti pričakovano inflacijo. Uporabljena diskontna stopnja znaša 7% (UL RS št.60, 9.6.2006). Vse vrednosti prikazane v analizi so diskontirane na leto 2007 (leto, ko je bila prenova izvedena). Predpostavljena letna inflacija je 2,5%.

### 4.1 Investicijski stroški

#### 4.1.1 Popis del in ocena stroškov izvedbe

Uporabljene podatke o popisu del in oceni cene sem dobil v projektantskem popisu del v PZI (projektu za izvedbo).

##### 4.1.1.1 Izoliranje ovoja stavbe

###### 4.1.1.1.1 Popis del in stroškov za prenovo ovoja ogrevane cone z dodajanjem TI

Preglednica 55: Popis del in stroškov za prenovo čelne fasade z dodajanjem TI

<b>ČELNA FASADA</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Odstranjevanje obstoječega zaključnega in armirnega sloja in prenos odpadkov na gradbiščne deponije.	5,00
3. Čiščenje čelnih fasad in dodatno sidranje obstoječih stiropornih plošč.	6,30
4. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI ( <b>stiropor</b> ) 10 cm.	42,10
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	4,74
	<u>63,94</u>

Preglednica 56: Popis del in stroškov za prenovo prefabricirane panelne stene z dodajanjem TI

<b>PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI ( <b>stiropor</b> ) 10 cm.	42,10
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	3,83
	<u>51,73</u>

Preglednica 57: Popis del in stroškov za prenovo pref. panelne stene v pasovih oken z dodajanjem TI

<b>PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI ( <b>stiropor</b> ) 17 cm.	49,20
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	4,40
	<u>59,40</u>



**Preglednica 58: Popis del in stroškov za prenavo prefabricirane panelne stene v pasovih rolet z dodajanjem TI**

<b>PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI (stiropor) 5 cm.	38,20
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	3,50
	<u>47,50</u>

**Preglednica 59: Popis del in stroškov za prenavo kletne stene v ogrevanih prostorih z dodajanjem TI**

<b>KLETNE STENE V OGREVANIH PROSTORIH</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI (ekstrudiran polistiren) 8 cm.	55,40
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	4,90
	<u>66,10</u>

**Preglednica 60: Popis del in stroškov za prenavo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 20 % površine podstrehe) z dodajanjem TI (trde plošče)**

<b>STROP NAD ZADNJO ETAŽO-TRDE PLOŠČE (20% površine podstrehe)</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Polaganje trdih plošč mineralne volne debeline 20 cm in OSB plošč.	35,60
2. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	2,85
	<u>38,45</u>

**Preglednica 61: Popis del in stroškov za prenavo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 80 % površine podstrehe) z dodajanjem TI (srednje trde plošče)**

<b>STROP NAD ZADNJO ETAŽO-SREDNJE TRDE PLOŠČE (80% površine podstrehe)</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Polaganje trdih plošč mineralne volne debeline 20 cm in OSB plošč.	25,40
2. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	2,03
	<u>27,43</u>

**Preglednica 62: Popis del in stroškov za prenovo cokla čelne fasade z dodajanjem TI**

<b>COKEL-ČELNA FASADA</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Odstranjevanje obstoječega zaključnega in armiranega sloja in prenos odpadkov na gradbiščne deponije.	5,00
3. Čiščenje čelnih fasad in dodatno sidranje obstoječih stiropornih plošč.	6,30
4. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade- <b>XPS 8 cm</b> -dva sloja brezcementnega organskega lepila, v katerega vtisnemo armaturno mrežico-zaščita cokla pred dvigom kapilarne vode s pastozno organsko vezanim premazom.	55,40
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	5,80
	<u>78,30</u>

**Preglednica 63: Popis del in stroškov za prenovo cokla prefabricirane panelne stene z dodajanjem TI**

<b>COKEL-PREFABRICIRANA PANELNA STENA</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m.	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade- <b>XPS 8 cm</b> -dva sloja brezcementnega organskega lepila, v katerega vtisnemo armaturno mrežico-zaščita cokla pred dvigom kapilarne vode s pastozno organsko vezanim premazom.	55,40
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	4,90
	<u>66,10</u>

**Preglednica 64: Popis del in stroškov za prenovo cokla prefabricirane panelne stene v pasovih oken z dodajanjem TI**

<b>COKEL-PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade- <b>XPS 15 cm</b> -dva sloja brezcementnega organskega lepila, v katerega vtisnemo armaturno mrežico-zaščita cokla pred dvigom kapilarne vode s pastozno organsko vezanim premazom	67,90
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	5,90
	<u>79,60</u>

**Preglednica 65: Izračun stroškov za prenovo ovoja ogrevane cone z dodajanjem TI**

KONSTRUKCIJSKI SKLOP	CENA [EUR/m <sup>2</sup> ]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]	CENA [EUR]
ČELNA FASADA	63,94	625,00	39962,50
PREFABRICIRANA PANELNA STENA	51,73	443,54	22944,32
PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN	59,40	232,77	13826,54
PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH ROLET	47,50	91,25	4334,38
KLETNE STENE V OGREVANIH PROSTORIH	66,10	89,01	5883,56
STROP NAD ZADNJO ETAŽO-TRDE PLOŠČE	38,45	146,48	5632,16
STROP NAD ZADNJO ETAŽO-SREDNJE SREDNJE TRDE PLOŠČE	27,43	585,94	16072,33
COKEL-ČELNA FASADA	78,30	57,49	4501,47
COKEL-PREFABRICIRANA PANELNA STENA	66,10	41,16	2720,68
COKEL-PREFABRICIRANA PANELNA STENA V PASOVIH OKEN	79,60	60,72	4833,31
			120711,24

**CENA = 120.711,24 €**  
**CENA Z 20% DDV = 144.853,49 €**

#### 4.1.1.1.2 Popis del in stroškov za prenovo fasade in drugih elementov ovoja ogrevane cone, kjer debelina TI ostane nespremenjena

Ker nimam podatkov o cenah prenove fasade, predpostavim, da je dobra ocena cene enaka prenovi fasade s 5 cm debeline toplotne izolacije:

**Preglednica 66: Popis del in stroškov za prenovo fasade z nespremenjeno debelino TI**

<b>PRENOVA FASADE</b>	<b>EUR/m<sup>2</sup></b>
1. Postavitev odra-montaža, amortizacija in demontaža fasadnega odra do višine 20 m	5,80
2. Dobava in izdelava tankoslojne kontaktne fasade-TI ( <b>stiropor</b> ) 5 cm	38,20
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	3,50
	<hr/> <hr/>
	47,50

Za prenovo stropa nad zadnjo etažo sem dobil ceno tako, da sem reduciral ceno 20 cm plošč mineralne volne v razmerju z obstoječo debelino, t.j. 8 cm:

**Preglednica 67: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 20 % površine podstrehe) z nespremenjeno debelino TI (trde plošče)**

<b>STROP NAD ZADNJO ETAŽO-TRDE PLOŠČE (20% površine podstrehe)</b>	
1. Polaganje trdih plošč mineralne volne debeline 8 cm in OSB plošč.	14,20
2. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	1,10
	<hr/> <hr/>
	15,30

**Preglednica 68: Popis del in stroškov za prenovo stropa nad zadnjo etažo (predstavlja 80 % površine podstrehe) z nespremenjeno debelino TI (srednje trde plošče)**

<b>STROP NAD ZADNJO ETAŽO-SREDNJE TRDE PLOŠČE (80% površine podstrehe)</b>	
1. Polaganje srednje trdih plošč mineralne volne debeline 8 cm in OSB plošč.	10,20
2. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %	0,80
	<hr/> <hr/>
	11,00

**Preglednica 69: Izračun stroškov za prenavo ovoja ogrevane cone z nespremenjeno debelino TI**

KONSTRUKCIJSKI SKLOP	ENOTNA CENA [EUR/m <sup>2</sup> ]	POVRŠINA [m <sup>2</sup> ]	CENA [EUR]
CELOTNA FASADA	47,50	1640,94	77944,65
STROP NAD ZADNJO ETAŽO- TRDE PLOŠČE	15,30	146,48	2241,14
STROP NAD ZADNJO ETAŽO- SREDNJE SREDNJE TRDE PLOŠČE	11,00	585,94	6445,34
			86631,13

**CENA = 86.631,13 €**  
**CENA Z 20% DDV = 103.957,36 €**

#### 4.1.1.2 Menjava stavbnega pohištva

4.1.1.2.1 Popis del in stroškov za zamenjavo starega stavbnega pohištva z novimi PVC okni

**Preglednica 70: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 2,24 m \* 1,40 m z novimi PVC okni enakih dimenzij**

OKNO 2,24*1,40	ENOTA	KOLIČINA	CENA [EUR/ENOTO]	CENA [EUR]
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletu in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	129,0	25,00	3225,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	289,0	3,54	1023,40
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	m	289,0	1,67	481,60
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	129,0	562,50	72562,50
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			47,42	6183,40
			<b>640,13</b>	<b>83475,90</b>

**Preglednica 71: Popis del in stroškov za zamenjavo starih balkonskih vrat z okni z novim PVC balkonskimi vrati in okni enakih dimenzij**

<b>BALKONSKA VRATA Z OKNOM</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletom in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	18,0	20,00	360,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	7,2	3,54	25,50
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	M	7,2	1,67	12,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja balkonskih vrat in okna na fasadi.	Kos	9,0	854,17	7687,50
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			70,35	646,80
			<b>949,73</b>	<b>8731,80</b>

**Preglednica 72: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 0,90 m \* 1,40 m z novimi PVC okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 0,90*1,40</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletom in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	Kos	8,0	20,00	160,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	M	7,2	3,54	25,50
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	M	7,2	1,67	12,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	Kos	8,0	283,33	2266,67
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			24,68	197,13
			<b>333,23</b>	<b>2661,30</b>

**Preglednica 73: Popis del in stroškov za zamenjavo starih zastekljenih sten dimenzij 1,40 m \* 2,75 m z novimi PVC zastekljenimi stenami enakih dimenzij**

<b>ZASTEKLJENA STENA</b> <b>1,40*2,75</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA</b> <b>[EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA</b> <b>CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje zasteklitve kopilit na hodniku, skupaj s kovinskim okvirjem in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	m <sup>2</sup>	32,0	9,58	306,67
2. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	8,0	437,50	3500,00
3. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			35,77	304,53
			<b>482,85</b>	<b>4111,20</b>

**Preglednica 74: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m \* 1,85 m z novimi PVC okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 1,40*1,85</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA</b> <b>[EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA</b> <b>CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje zasteklitve kopilit na hodniku, skupaj s kovinskim okvirjem in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	m <sup>2</sup>	5,0	9,58	47,92
2. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	2,0	250,00	500,00
4. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			20,77	43,83
			<b>280,35</b>	<b>591,75</b>

**Preglednica 75: Popis del in stroškov za izdelavo prebojev v obstoječo AB steno in vgradnjo novih PVC oken dimenzij 0,60 m \* 0,60 m**

<b>OKNO 0,60*0,60</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Izdelava prebojev velikosti 60*60 cm v obstoječi AB fasadni steni.	kos	5,0	108,00	540,00
2. Zidarska dela ob novem preboju v AB steni na fasadi v kopalnici-OCENA!				83,33
3. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	5,0	120,83	604,17
4. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			18,31	98,20
			<b>247,14</b>	<b>1325,70</b>

**Preglednica 76: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m \* 1,00 m z novimi PVC okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 1,40*1,00</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletu in prenos odpadkov do gradbiščne deponije	kos	9,0	20,00	180,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police	m	12,6	3,54	44,63
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police	m	12,6	1,67	21,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi	kos	9,0	216,67	1950,00
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			19,35	175,65
			<b>261,23</b>	<b>2371,28</b>



**Preglednica 77: Popis del in stroškov za zamenjavo starih vhodnih vrat z novimi PVC vrati**

<b>VHODNA VRATA</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje vhodnih delno zastekljenih PVC vrat in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	1,0	17,08	17,08
2. Izdelava, dobava in vgradnja vrat na fasadi.	kos	1,0	687,50	687,50
3. Obloga vratnih špalet širine 10 cm.	m	6,0	39,58	237,50
4. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			59,53	75,37
			<b>803,70</b>	<b>1017,45</b>

**CENA = 104.286,38 €**  
**CENA Z 20% DDV = 125.143,65 €**

#### 4.1.1.2.2 Popis del in stroškov za menjavo starega stavbnega pohištva z novimi lesenimi okni

Ker nimam na voljo cen za lesena okna predpostavim za 15 % nižjo ceno izdelave, dobave in vgradnje oken glede na PVC okna, in sicer na račun razlike v ceni med navadnim in low e (nizko emisijskim) steklom.

**Preglednica 78: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 2,24 m \* 1,40 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij**

<b>2,24*1,40</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roleto in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	129,0	25,00	3225,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	289,0	3,54	1023,40
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	m	289,0	1,67	481,60
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	129,0	562,50	61678,13
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			47,42	5312,65
			<b>640,13</b>	<b>71720,78</b>

**Preglednica 79: Popis del in stroškov za zamenjavo starih balkonskih vrat z okni z novim lesenimi balkonskimi vrati in okni enakih dimenzij**

<b>BALKONSKA VRATA Z OKNOM</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletno in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	18,0	20,00	360,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	7,2	3,54	25,50
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	m	7,2	1,67	12,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja balkonskih vrat in okna na fasadi.	kos	9,0	854,17	6534,38
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			70,35	554,55
			<b>949,73</b>	<b>7486,43</b>

**Preglednica 80: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 0,90 m \* 1,40 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 0,90*1,40</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>SKUPNA CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roletno in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	8,0	20,00	160,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	7,2	3,54	25,50
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	m	7,2	1,67	12,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	8,0	283,33	1926,67
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			24,68	169,93
			<b>333,23</b>	<b>2294,10</b>

**Preglednica 81: Popis del in stroškov za zamenjavo starih zastekljenih sten dimenzij 1,40 m \* 2,75 m z novimi lesenimi zastekljenimi stenami enakih dimenzij**

<b>ZASTEKLJENA STENA</b>		<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA</b>	<b>SKUPNA</b>
<b>1,40*2,75</b>				<b>[EUR/ENOTO]</b>	<b>CENA [EUR]</b>
1.	Odstranjevanje zasteklitve kopilit na hodniku, skupaj s kovinskim okvirjem in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	m <sup>2</sup>	32,0	9,58	306,67
2.	Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	8,0	437,50	2975,00
3.	Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			35,77	262,53
				<b>482,85</b>	<b>3544,20</b>

**Preglednica 82: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m \* 1,85 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 1,40*1,85</b>		<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA</b>	<b>SKUPNA</b>
				<b>[EUR/ENOTO]</b>	<b>CENA [EUR]</b>
1.	Odstranjevanje zasteklitve kopilit na hodniku, skupaj s kovinskim okvirjem in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	m <sup>2</sup>	5,0	9,58	47,92
2.	Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	2,0	250,00	425,00
4.	Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			20,77	37,83
				<b>280,35</b>	<b>510,75</b>

**Preglednica 83: Popis del in stroškov za zamenjavo starih vhodnih vrat z novimi lesenimi vrati**

<b>VHODNA VRATA</b>		<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>ENOTNA CENA</b>	<b>SKUPNA</b>
				<b>[EUR/ENOTO]</b>	<b>CENA [EUR]</b>
1.	Odstranjevanje vhodnih delno zastekljenih PVC vrat in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	1,0	17,08	17,08
2.	Izdelava, dobava in vgradnja vrat na fasadi.	kos	1,0	687,50	584,38
3.	Obloga vratnih špalet širine 10 cm.	m	6,0	39,58	237,50
4.	Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			59,53	67,12
				<b>803,70</b>	<b>906,08</b>

**Preglednica 84: Popis del in stroškov za zamenjavo starih oken dimenzij 1,40 m \* 1,00 m z novimi lesenimi okni enakih dimenzij**

<b>OKNO 1,40*1,00</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>CENA [EUR/ENOTO]</b>	<b>CENA [EUR]</b>
1. Odstranjevanje obstoječih oken z PVC roleto in prenos odpadkov do gradbiščne deponije.	kos	9,0	20,00	180,00
2. Odstranjevanje notranje lesene police.	m	12,6	3,54	44,63
3. Odstranjevanje zunanje pločevinaste police.	m	12,6	1,67	21,00
4. Izdelava, dobava in vgradnja okna na fasadi.	kos	9,0	216,67	1657,50
5. Razna nepredvidena dela-ocena je 8 %			19,35	152,25
			<b>261,23</b>	<b>2055,38</b>

**CENA = 89.745,53 €**

**CENA Z 20% DDV = 107.694,63 €**

#### 4.1.1.3 Mehansko prezračevanje z rekuperacijo

Mehansko prezračevanje z rekuperacijo poteka preko lokalnih prezračevalnih naprav. Za njihovo delovanje in uporabo je potrebno narediti preboje v obstoječe fasadne in notranje AB stene ter v notranje opečne zidane stene.

Tehnični podatki prezračevalnih naprav evropskega podjetja PAUL warmeruckgewinnung iz Nemčije:

**Preglednica 85: Karakteristike prezračevalne naprave VENTOS 50 DC in cena**

<b>IME IZDELKA</b>	<b>NAMEMBNOST</b>	<b>DIMENZIJE</b>	<b>KAPACITETA</b>	<b>PORABA ENERGIJE</b>	<b>IZKORISTEK PRENOSA TOPLOTE</b>	<b>CENA V € Z DDV</b>
VENTOS 50 DC	Lokalna prezračevalna naprava za večjo sobo, več manjših sob ali manjše stanovanje.	685*175*585 mm	50 m <sup>3</sup> /h pri 100 Pa	11 - 54 W	83% pri 40 m <sup>3</sup> /h	1000,00

(VIR: E-NETSI d.o.o. Prezračevalni sistemi / Prezračevanje – [www.e-netsi.si](http://www.e-netsi.si))

#### 4.1.1.3.1 Popis del in stroškov za vgradnjo mehanskega prezračevanja z rekuperacijo:

**Preglednica 86: Popis del in stroškov za vgradnjo mehanskega prezračevanja z rekuperacijo**

<b>MEHANSKO PREZRAČEVANJE Z REKUPERACIJO</b>	<b>ENOTA</b>	<b>KOLIČINA</b>	<b>CENA BREZ DDV [EUR/ENOTO]</b>	<b>CENA Z DDV [EUR]</b>
1. Vrtanje lukenj DN150 skozi obstoječo fasadno steno izdelano iz prefabriciranih AB elementov (TI na sredini) debeline 15 cm – diamantno kronsno vrtanje.	kos	310,0	25,00	9300,00
2. Izdelava prebojev dimenzije 20*5,5 cm skozi obstoječe notranje AB stene debeline 15 cm.	kos	78,0	50,00	4680,00
3. Vrtanje lukenj DN 100 skozi obstoječe notranje opečne zidane stene debeline cca 8 cm.	kos	74,0	3,96	351,50
4. Dobava in vgradnja prezračevalne naprave.	kos	155,0	1000,00	186000,00
				<b>200331,50</b>

**CENA Z 20% DDV = 200.331,50 €**

#### 4.1.1.4 Investicijski stroški po variantah

**Preglednica 87: Diskontirani na leto 2007 letni investicijski stroški po variantah**

<b>INVESTICIJSKI STROŠKI PO VARIANTAH</b>								
<b>LETO</b>	<b>VAR1</b>	<b>VAR2</b>	<b>VAR3</b>	<b>VAR4</b>	<b>VAR5</b>	<b>VAR6</b>	<b>VAR2a</b>	<b>VAR5a</b>
<b>2007</b>	€ 0,00	€ 211.651,99	€ 411.983,49	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 157.367,86	€ 211.651,99	€ 470.328,64
2008	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 11.988,06	€ 0,00	€ 0,00
2009	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 11.483,89	€ 0,00	€ 0,00
2010	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 11.000,92	€ 0,00	€ 0,00
2011	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 10.538,27	€ 0,00	€ 0,00
<b>2012</b>	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 10.095,07	€ 0,00	€ 0,00
2013	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 9.670,51	€ 0,00	€ 0,00
2014	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 9.263,81	€ 0,00	€ 0,00
2015	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 8.874,21	€ 0,00	€ 0,00
2016	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 8.500,99	€ 0,00	€ 0,00
<b>SKUPAJ</b>	€ 0,00	€ 211.651,99	€ 411.983,49	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 248.783,57	€ 211.651,99	€ 470.328,64

Po letu 2016 se investicijski stroški ne pojavijo več.

## 4.2 Vzdrževalni stroški

Vzdrževalne stroške določim na podlagi Pravilnika o vzdrževanju stanovanj, stanovanjskih stavb in funkcionalnega zemljišča – 13.11.2002 – avtorice dr. Marjane Šijanec Zavrl.

Pravilnik vsebuje tehnične normative, ki pomagajo upravljalcem in lastnikom večstanovanjskih stavb pri pripravi letnih in dolgoročnih načrtov vzdrževanja skupnih delov stanovanjske stavbe in pripadajočega zemljišča.

Tehnični normativi vključujejo:

- Opis elementa s potrebnim vzdrževanjem za normalno dobo trajanja elementa.
- Normalno dobo trajanja elementa v letih.
- Faktor malih popravil od nove vrednosti v % - to so vzdrževalni stroški elementa izraženi v deležu od nove (investicijske) vrednosti elementa v njegovi življenjski dobi.

Predpostavim, da cena vzdrževalnih del raste letno skladno z inflacijo.

### 4.2.1 Vzdrževalni stroški ovoja ogrevane cone

Preglednica 88: Tehnični normativi vzdrževanja ovoja ogrevane cone (Šijanec Zavrl, 2002)

Opis elementa (s potrebnim vzdrževanjem za normalno dobo trajanja elementa)	Normalna doba trajanja elementa v letih n	Teoretična menjava v 60 letih $m=(60-n)/n$	Faktor malih popravil od nove vrednosti v %
Podstavki (cokli), fugirani (redno čiščenje in vzdrževanje, nadomeščanje odpadlega ometa, napolnitev razpok, preprečitev zamakanja).	30	1	20
Kontaktne toplotnoizolacijske fasade (stiropor ali mineralna volna ipd. lepljena, nato ometana s plemenitim ometom).	30	1	20

Predpostavim, da sta življenjska doba in faktor malih popravil (vzdrževanja) od nove vrednosti stropa nad zadnjo etažo enaki kot pri fasadi – t.j. 30 letna življenjska doba in vzdrževalne stroške predstavlja 20 % delež od nove vrednosti.

#### 4.2.2 Vzdrževalni stroški stavbnega pohištva

Preglednica 89: Tehnični normativi vzdrževanja posameznih delov stavbnega pohištva (Šijanec Zavrl, 2002)

Opis elementa (s potrebnim vzdrževanjem za normalno dobo trajanja elementa)	Normalna doba trajanja elementa v letih n	Teoretična menjava v 60 letih $m=(60-n)/n$	Faktor malih popravil od nove vrednosti v %
<b>OKENSKÉ POLICE ZUNAJ</b>			
Okenske police iz cinkove pločevine ali lahke kovine zunaj (redno čiščenje in vzdrževanje, preprečitev zamakanja fasade, okrušene ali poškodovane police zamenjati z novimi).	20	2	20
<b>OKENSKÉ POLICE ZNOTRAJ</b>			
Iz lesa (redno čiščenje in vzdrževanje ter pleskanje in impregnacija na 10 let).	40	0,5	15
Iz umetne mase (vse redno čiščenje in vzdrževanje).	60	/	10
<b>OKNA</b>			
Lesena okna zastekljena z navadnim steklom, iz mehkega lesa (redno čiščenje in vzdrževanje posebno profilov in ostalega okovja in redno pleskanje vsakih 8 do 10 let, zunaj s potrebnim tesnjenjem stekel).	40	0,5	25
Okna iz trdega lesa ali PVC, zastekljena z navadnim steklom (redno čiščenje in vzdrževanje posebno profilov in ostalega okovja, zunaj s potrebnim tesnjenjem stekel).	50	0,2	15
<b>ZASTEKLITEV</b>			
Zasteklitev oken, balkonskih vrat iz vseh vrst materialov z navadnim steklom. (vzdrževanje in redno čiščenje in zatesnitev).	30	1	10

Zasteklitev stopnišča ali prostorov s kopilitom ali steklenimi zidaki (redno čiščenje, vzdrževanje stikov in nadomestitev pobitega stekla).	30	1	10
Zasteklitev hišnih vrat, vetrolova ipd. s steklom (redno čiščenje in vzdrževanje stikov ipd., razbita stekla takoj nadomestiti z novimi).	20	2	10

Zaradi delitve stavbnega pohištva na manjše elemente (zunanje in notranje okenske police, okna in zasteklitev), je oteženo obravnavanje stroškov vzdrževanja. Za izognitev nevšečnostim združim elemente v eno skupino, in sicer na lesena okna z notranjo leseno in zunanjo pločevinasto okensko polico ter na PVC okna z zunanjo in notranjo PVC okensko polico. Za vsako skupino predpostavim skupno življenjsko dobo in skupni faktor malih popravil od nove vrednosti tako, da so predpostavljene vrednosti smiselne.

**Preglednica 90: Predpostavljene in združeni tehnični normativi vzdrževanja stavbnega pohištva**

Opis elementa (s potrebnim vzdrževanjem za normalno dobo trajanja elementa)	Normalna doba trajanja elementa v letih n	Teoretična menjava v 60 letih $m=(60-n)/n$	Faktor malih popravil od nove vrednosti v %
STAVBNO POHIŠTVO PRED PRENOVO – lesena okna z enojno zasteklitvijo in leseno notranjo in pločevinast zunanjo okensko polico.	30	1	20
STAVBNO POHIŠTVO PO PRENOVI – PVC okna z dvojno zasteklitvijo in tipsko PVC zunanjo in notranjo okensko polico.	30	1	10

Za obe skupini zasteklitev (pred in po prenovi) izberem enako življenjsko dobo 30-ih let na podlagi najkrajše življenjske dobe med vsemi elementi skupine – t.j. zasteklitev. Daljša



življenjska doba je mogoča le pri dobro zaščitenih oknih in ne pri oknih, ki so bolj izpostavljena.

Ker je vzdrževanje PVC oken manjše, je smiseln faktor malih popravil od nove vrednosti za lesena okna 20 % in za PVC okna 10 %.

#### **4.2.3 Vzdrževalni stroški mehanskega prezračevanja z rekuperacijo**

Pri vsaki prezračevalni napravi je potrebna menjava filtrov na vsakih 6 mesecev. Cena filtrov z DDV je 10,00 €, kar nanese 20,00 € na prezračevalno napravo v celem letu. Predpostavim, da se bo cena filtrov večala skladno z inflacijo.

#### **4.2.4 Vzdrževalni stroški po variantah**

Stroške za vzdrževanje ovoja ogrevane cone (fasade in stropa nad zadnjo etažo) in stavbnega pohištva razdelim v njihovi življenjski dobi na enakomerne dele za vsako leto posebej. V tistem letu, ko je bila izvedena prenova nekega elementa, predpostavim, da takrat ta element ni bil vzdrževan.

Primer izračuna vzdrževalnih stroškov v letu 2012 za varianto 5:

- Diskontni faktor v letu 2012 znaša  $= (1 + 0,07)^5 = 1,4026$
- Inflacijski faktor v letu 2012 znaša  $= (1 + 0,025)^5 = 1,1314$
- Vzdrževanje ovoja ogrevane cone: 20 % celotne investicije v prenovo ovoja z dodajanjem toplotne izolacije delim z 30-imi leti (življenjska doba elementa)  $= 0,2 * 144.853,49 \text{ €} / (30 \text{ let}) = 965,69 \text{ €/leto}$
- Vzdrževanje stavbnega pohištva: 10 % celotne investicije v PVC okna delim z 30-imi leti (življenjska doba elementa)  $= 0,1 * 125.143,65 \text{ €} / (30 \text{ let}) = 417,15 \text{ €/leto}$
- Vzdrževanje meh. prezračevanja:  $20 \text{ €}/(\text{napravo} * \text{leto}) * 155 \text{ naprav} = 3100 \text{ €/leto}$
- DISKONTIRANA VREDNOST NA LETO 2007 SKUPAJ Z UPOŠTEVANJEM INFLACIJE  $= (965,69 \text{ €/leto} + 417,15 \text{ €/leto} + 3.100,00 \text{ €/leto}) * 1,1314 / 1,4026 = 3.616,21 \text{ €/leto}$

**Preglednica 91: Diskontirani na leto 2007 letni vzdrževalni stroški po variantah**

VZDRŽEVALNI STROŠKI PO VARIANTAH								
LETO	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR2a	VAR5a
<b>2007</b>	€1.411,01	€0,00	€0,00	€0,00	€0,00	€646,17	€0,00	€0,00
2008	€1.351,67	€1.351,67	€4.321,30	€1.324,68	€4.294,30	€1.515,25	€1.351,67	€4.294,30
2009	€1.294,83	€1.294,83	€4.139,56	€1.268,97	€4.113,70	€1.423,92	€1.294,83	€4.113,70
2010	€1.240,37	€1.240,37	€3.965,47	€1.215,60	€3.940,70	€1.337,59	€1.240,37	€3.940,70
2011	€1.188,21	€1.188,21	€3.798,70	€1.164,48	€3.774,97	€1.256,01	€1.188,21	€3.774,97
<b>2012</b>	€1.138,23	€1.138,23	€3.638,94	€1.115,50	€3.616,21	€1.178,92	€1.138,23	€3.616,21
2013	€1.090,36	€1.090,36	€3.485,90	€1.068,59	€3.464,12	€1.106,09	€1.090,36	€3.464,12
2014	€1.044,51	€1.044,51	€3.339,29	€1.023,65	€3.318,44	€1.037,31	€1.044,51	€3.318,44
2015	€1.000,58	€1.000,58	€3.198,86	€980,60	€3.178,88	€972,35	€1.000,58	€3.178,88
2016	€958,50	€958,50	€3.064,33	€939,36	€3.045,18	€911,02	€958,50	€3.045,18
<b>2017</b>	€918,19	€918,19	€2.935,45	€899,85	€2.917,12	€872,71	€918,19	€2.917,12
2018	€879,57	€879,57	€2.812,00	€862,01	€2.794,43	€836,01	€879,57	€2.794,43
2019	€842,58	€842,58	€2.693,74	€825,76	€2.676,91	€800,85	€842,58	€2.676,91
2020	€807,15	€807,15	€2.580,45	€791,03	€2.564,33	€767,17	€807,15	€2.564,33
2021	€773,20	€773,20	€2.471,93	€757,76	€2.456,48	€734,90	€773,20	€2.456,48
<b>2022</b>	€740,68	€740,68	€2.367,97	€725,89	€2.353,17	€703,99	€740,68	€2.353,17
2023	€709,53	€709,53	€2.268,38	€695,36	€2.254,21	€674,39	€709,53	€2.254,21
2024	€679,69	€679,69	€2.172,98	€666,12	€2.159,41	€646,03	€679,69	€2.159,41
2025	€651,11	€651,11	€2.081,59	€638,10	€2.068,59	€618,86	€651,11	€2.068,59
2026	€623,72	€623,72	€1.994,05	€611,27	€1.981,59	€592,83	€623,72	€1.981,59
<b>2027</b>	€597,49	€597,49	€1.910,19	€585,56	€1.898,25	€567,90	€597,49	€1.898,25
2028	€572,36	€572,36	€1.829,85	€560,93	€1.818,42	€544,01	€572,36	€1.818,42
2029	€548,29	€548,29	€1.752,90	€537,34	€1.741,95	€521,13	€548,29	€1.741,95
2030	€525,23	€525,23	€1.679,18	€514,75	€1.668,69	€499,22	€525,23	€1.668,69
2031	€503,15	€503,15	€1.608,56	€493,10	€1.598,51	€478,22	€503,15	€1.598,51
<b>2032</b>	€481,98	€481,98	€1.540,91	€472,36	€1.531,28	€458,11	€481,98	€1.531,28
2033	€461,71	€461,71	€1.476,10	€452,49	€1.466,88	€438,84	€461,71	€1.466,88
2034	€442,30	€442,30	€1.414,02	€433,46	€1.405,19	€420,39	€442,30	€1.405,19
2035	€423,70	€423,70	€1.354,55	€415,23	€1.346,09	€402,71	€423,70	€1.346,09
2036	€405,88	€405,88	€1.297,59	€397,77	€1.289,48	€385,77	€405,88	€1.289,48
<b>2037</b>	€388,81	€388,81	€1.243,02	€381,04	€1.235,25	€369,55	€388,81	€1.235,25
<b>SKUPAJ</b>	€24.694,61	€23.283,59	€74.437,71	€22.818,62	€73.972,74	€23.718,21	€23.283,59	€73.972,74

### 4.3 Obratovalni stroški

#### 4.3.1 Stroški ogrevanja

Stanovanja so centralno ogrevana in priklopljena na daljinsko ogrevanje Javnega Holdinga Energetike Ljubljana, ki distribuira in dobavlja toploto tarifnim odjemalcem.

Ceno za gospodinjski odjem zaračunajo glede na:

- Priključno moč, ki se obračuna po toplotnem števcu. Ker je cena priključne moči že od leta 2006 konstantna, v izračunih predpostavim, da se le-ta v življenjski dobi objekta podraži za 10% na vsakih 10 let.

$$\text{CENA PRIKLJUČNE MOČI V LETU 2007} + 20\% \text{ DDV} = 7878,3642 \text{ €/MW/leto}$$

- Dobavljene količine, ki se obračunajo po toplotnem števcu. Za vsako leto po prenovi (t.j. od leta 2007 naprej) sem izračunal povprečno ceno.

**Preglednica 92: Cena MWh daljinskega ogrevanja od leta 2006 do 2009 (Energetika Ljubljana)**

LETO 2007		LETO 2008		LETO 2009
ŠT MESECEV	CENA [€/MWh]	ŠT MESECEV	CENA [€/MWh]	CENA [€/MWh]
3,0	35,2495	4,0	38,0987	38,0987
4,5	34,6974	2,0	37,4496	<b>38,0987 €/MWh</b>
1,5	34,8679	1,0	36,8088	
1,0	35,1932	2,0	36,2785	
2,0	33,9554	1,0	36,4717	
<b>34,7744 €/MWh</b>		2,0	36,0304	
		<b>37,0994 €/MWh</b>		

Vse cene vsebujejo DDV.

Ker se kaže tendenca dviga cen na dobavljene količine toplotne energije, predpostavim od leta 2009 6% letni porast cen na dobavljene količine (2,5% inflacija je vključena v ta letni porast cen). (Energetika Ljubljana)

#### 4.3.2 Stroški porabe električne energije pri mehanskem prezračevanju z rekuperacijo

Obračun cene električne energije v letu 2007 se razlikuje od današnjega. V tem letu (in prej) so znašali stroški za:

OBRAČUNSKO MOČ + 20%DDV = 0,859944 €/kW/mesec

ENERGIJO VISOKE TARIFE (VT) + 20%DDV = 0,107256 €/kWh

ENERGIJO NIZKE TARIFE (MT) + 20%DDV = 0,066696 €/kWh

Leta 2008 pa se je obračunski sistem porabe električne energije spremenil. Dodano je bilo:

- Prispevek po 64.r členu Energetskega zakona = 0,17647 €/kW/mesec (brez DDV); prispevek je namenjen podpori proizvajalcem električne energije iz obnovljivih virov in v soproizvodnji z visokim izkoristkom.
- Prispevek po 15. členu Energetskega zakona = 0,03902 €/kW/mesec (brez DDV); prispevek je namenjen za zagotavljanje zanesljive oskrbe z električno energijo proizvedeno iz domačih virov primarne energije.
- Trošarino za električno energijo določa Zakon o trošarini in znaša 0,001 €/kWh/mesec (brez DDV) in je enaka pri vseh načinih merjenja električne energije (VT, NT, ET).

(Elektro Ljubljana)

Struktura cen električne energije v letih 2008 in 2009 je sledeča:

**Preglednica 93: Struktura cene električne energije v letu 2008 (Elektro Ljubljana)**

LETO 2008			
Trošarina	0,01200 €/kWh	Trošarina	0,01200 €/kWh
Omrežnina MT	0,02924 €/kWh	Omrežnina VT	0,03731 €/kWh
Energija MT	0,02863 €/kWh	Energija VT	0,05681 €/kWh
<b>SKUPNA CENA</b>	<b>0,06987 €/kWh</b>	<b>SKUPNA CENA</b>	<b>0,10612 €/kWh</b>
<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>0,08384 €/kWh</b>	<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>0,12734 €/kWh</b>
<hr/>			
Obračunska moč	7,94148 €/kW		
Prispevek po 64. r členu EZ	2,11764 €/kW		
Prispevek po 15. členu EZ	0,46824 €/kW		
<b>SKUPNA CENA</b>	<b>10,52736 €/kW</b>		
<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>12,63283 €/kW</b>		

**Preglednica 94: Struktura cene električne energije v letu 2009 (Elektro Ljubljana)**

LETO 2009			
Trošarina	0,01200 €/kWh	Trošarina	0,01200 €/kWh
Omrežnina MT	0,02714 €/kWh	Omrežnina VT	0,03731 €/kWh
Energija MT	0,02865 €/kWh	Energija VT	0,05684 €/kWh
<b>SKUPNA CENA</b>	<b>0,06779 €/kWh</b>	<b>SKUPNA CENA</b>	<b>0,10615 €/kWh</b>
<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>0,08135 €/kWh</b>	<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>0,12738 €/kWh</b>
<hr/>			
Obračunska moč	9,72012 €/kW		
Prispevek po 64. r členu EZ	2,11764 €/kW		
Prispevek po 15. členu EZ	0,46824 €/kW		
<b>SKUPNA CENA</b>	<b>12,30600 €/kW</b>		
<b>SKUPNA CENA + 20% DDV</b>	<b>14,76720 €/kW</b>		

Cene za pasovno električno energijo so borzne in močno nihajo. Predpostavim, da je porast cen električne energije enak inflaciji.

Ostale vrednosti (obračunska moč in prispevka po 64.r in 15. členu EZ) predpisuje država in tudi za njih predpostavim, da se večajo skladno z inflacijo.

#### 4.3.2.1 Primer izračuna obratovalnih stroškov

Izvedel bom primer izračuna obratovalnih stroškov na varianti 3 v letu 2016:

- Diskontni in inflacijski faktor:

Obratovalne stroške v letu 2016 diskontiram na leto 2007 s predpostavljeno 5% diskontno stopnjo:

$$\text{DISKONTNI FAKTOR} = (1 + 0,07)^{(2016 - 2007)} = 1,838$$

Ker so cene elektrike do leta 2009 znane, upoštevam porast cen z inflacijskim faktorjem od tega leta dalje:

$$\text{INFLACIJSKI FAKTOR} = (1 + 0,025)^{(2016 - 2009)} = 1,1887$$

- **Ogrevanje:**

$$Q_{NH} = 80,60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto})$$

$$\text{Ogrevana površina objekta} = A_{UP} = 3.290,7 \text{ m}^2$$

- Priklopna moč:

Priklopna moč ogrevalnih teles je pred prenovo znašala 279 kW in 100 kW po prenovi objekta. Za variante, katerih stanje ni enako stanju objekta pred in po prenovi (VAR3, VAR4 in VAR6), priklopne moči predpostavim z interpoliranjem glede na letno potrebo po ogrevanju -  $Q_{NH}$ .

**Preglednica 95: Predpostavljena priklopna moč po variantah**

PRIKLOPNA MOČ [kW]							
VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR2a	VAR5a
279,0	279,0	229,0	147,0	100,0	178,0	279,0	100,0

$$Q_{NH}\text{-VAR1} = 101,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto}) \dots \text{Priklopna moč VAR1} = 279,0 \text{ kW}$$

$$Q_{NH}\text{-VAR5} = 27,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto}) \dots \text{Priklopna moč VAR5} = 100,0 \text{ kW}$$

$$Q_{NH}\text{-VAR3} = 80,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{leto})$$

$$\text{Priklopna moč VAR3} = (279,0 - 100,0) * (80,6 - 27,2) / (101,2 - 27,2) + 100 = 229 \text{ kW}$$

Zaradi predpostavke o podražitvi cene priklopne moči na vsakih 10 let, ostane ta vrednost v letu 2016 še nespremenjena (prva podražitev se zgodi v letu 2017).

$$\text{Cena priklopne moči} = 7878,3642 \text{ €/MW}$$

- Cena energije daljinskega ogrevanja v letu 2016:

Predpostavil sem 6 % letni porast cen energije daljinskega ogrevanja.

Cena energije daljinskega ogrevanja v letu 2009 = 38,0987 € / MWh

Cena energije daljinskega ogrevanja v letu 2016 =  $38,0987 * (1 + 0,06)^{(2016-2009)} = 57,2863$   
€/MWh

SKUPNI STROŠKI OGREVANJA 2016 =  $(80,60 \text{ kWh}/(\text{m}^2 * \text{leto}) * 3.290,7 \text{ m}^2 * 57,2863$   
€/MWh / (1000) +  $229,0 \text{ kW} * 7878,3642 \text{ €/MW} / 1000) / (1,838) = 9.248,21 \text{ €/leto}$

**- Raba elektrike pri obratovanju prezračevalnih naprav z rekuperacijo:**

155 naprav deluje v povprečju z močjo 15 W. Predpostavim, da naprave delujejo skozi celo leto brez prekinitev.

- Obračunska moč:

Predpostavim, da se cena obračunske moči veča skladno z inflacijo:

Cena obračunske moči v letu 2016 =  $14,7672 \text{ €/kW} * 1,1887 = 17,5538 \text{ €/kW}$

Obračunska moč =  $15 \text{ W} * 155 \text{ naprav} = 2325 \text{ W} = 2,325 \text{ kW}$

- Povprečna cena električne energije:

Tudi privzeto ceno električne energije v letu 2016 dobim tako, da pomnožim ceno električne energije v letu 2009 z inflacijskim faktorjem. Cena električne energije je cenejšna (nizka tarifa) med prazniki in vikendi in med delavniki med 22h zvečer in 6h zjutraj. Zanimarim praznike in dobim razmerje med nizko tarifo : visoki tarifi = 11 : 10.

Cena električne energije MT 2016 =  $0,08135 \text{ €/kWh}$

Cena električne energije VT 2016 =  $0,12738 \text{ €/kWh}$

Povprečna cena električne energije =  $1,1887 * (11 * 0,08135 \text{ €/kWh} + 10 * 0,12738 \text{ €/kWh}) / 21 = 0,122756 \text{ €/kWh}$

Poraba električne energije =  $15 \text{ W} * 24 \text{ h} * 365 \text{ dni} * 155 \text{ naprav} / 1000 = 20367 \text{ kWh/leto}$

SKUPNI STROŠKI ELEKTRIKE PRI OBRATOVANJU PREZRAČEVALNIH NAPRAV Z REKUPERACIJO =  $(20367 \text{ kWh/leto} * 0,122756 \text{ €/kWh} + 2,325 \text{ kW} * 17,5538 \text{ €/kW}) / (1,838) = 1.379,81 \text{ €}$

**SKUPNI OBRATOVALNI STROŠKI ZA VARIANTO 3 V LETU 2016 = 9.248,21 € + 1.379,81 € = 10.628,02 €**

### 4.3.3 Obratovalni stroški po variantah

Preglednica 96: Diskontirani na leto 2007 letni obratovalni stroški po variantah

OBRATOVALNI STROŠKI PO VARIANTAH								
LETO	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR2a	VAR5a
2007	€13.778,59	€13.778,59	€12.803,14	€6.479,21	€5.676,15	€8.199,62	€9.809,77	€8.857,77
2008	€13.600,81	€13.600,81	€12.899,87	€6.387,83	€5.857,31	€7.924,52	€9.744,33	€9.029,59
2009	€13.001,70	€13.001,70	€12.268,93	€6.103,49	€5.533,72	€7.415,50	€9.338,35	€8.578,32
2010	€12.772,53	€12.772,53	€12.004,83	€5.989,73	€5.382,34	€7.122,03	€9.222,35	€8.398,49
2011	€12.552,55	€12.552,55	€11.751,55	€5.880,74	€5.237,47	€6.837,24	€9.109,31	€8.225,43
2012	€12.341,21	€12.341,21	€11.508,50	€5.776,24	€5.098,78	€6.560,75	€8.999,09	€8.058,81
2013	€12.137,99	€12.137,99	€11.275,12	€5.675,95	€4.965,94	€6.292,20	€8.891,53	€7.898,31
2014	€11.942,42	€11.942,42	€11.050,91	€5.579,63	€4.838,66	€6.031,24	€8.786,52	€7.743,63
2015	€11.754,05	€11.754,05	€10.835,36	€5.487,04	€4.716,66	€5.777,54	€8.683,92	€7.594,48
2016	€11.572,46	€11.572,46	€10.628,02	€5.397,96	€4.599,68	€5.530,81	€8.583,62	€7.450,60
2017	€11.509,00	€11.509,00	€10.520,17	€5.371,07	€4.527,50	€5.507,63	€8.515,32	€7.351,78
2018	€11.332,52	€11.332,52	€10.321,97	€5.284,55	€4.417,18	€5.412,19	€8.417,35	€7.215,06
2019	€11.162,20	€11.162,20	€10.131,15	€5.201,23	€4.311,32	€5.320,51	€8.321,49	€7.083,05
2020	€10.997,68	€10.997,68	€9.947,31	€5.120,90	€4.209,71	€5.232,38	€8.227,66	€6.955,54
2021	€10.838,63	€10.838,63	€9.770,10	€5.043,40	€4.112,13	€5.147,59	€8.135,75	€6.832,30
2022	€10.684,76	€10.684,76	€9.599,16	€4.968,56	€4.018,38	€5.065,93	€8.045,68	€6.713,13
2023	€10.535,76	€10.535,76	€9.434,18	€4.896,23	€3.928,28	€4.987,23	€7.957,38	€6.597,84
2024	€10.391,37	€10.391,37	€9.274,85	€4.826,28	€3.841,64	€4.911,32	€7.870,76	€6.486,25
2025	€10.251,33	€10.251,33	€9.120,88	€4.758,56	€3.758,29	€4.838,04	€7.785,74	€6.378,19
2026	€10.115,41	€10.115,41	€8.972,00	€4.692,95	€3.678,08	€4.767,23	€7.702,28	€6.273,49
2027	€10.045,86	€10.045,86	€8.879,24	€4.662,26	€3.623,25	€4.738,62	€7.636,96	€6.194,40
2028	€9.913,44	€9.913,44	€8.736,45	€4.598,38	€3.547,39	€4.669,75	€7.555,30	€6.094,51
2029	€9.784,77	€9.784,77	€8.598,24	€4.536,43	€3.474,33	€4.603,13	€7.475,08	€5.997,65
2030	€9.659,66	€9.659,66	€8.464,39	€4.476,29	€3.403,93	€4.538,63	€7.396,24	€5.903,67
2031	€9.537,92	€9.537,92	€8.334,68	€4.417,88	€3.336,07	€4.476,14	€7.318,72	€5.812,44
2032	€9.419,38	€9.419,38	€8.208,93	€4.361,10	€3.270,62	€4.415,55	€7.242,47	€5.723,85
2033	€9.303,87	€9.303,87	€8.086,92	€4.305,87	€3.207,47	€4.356,75	€7.167,45	€5.637,77
2034	€9.191,24	€9.191,24	€7.968,48	€4.252,09	€3.146,51	€4.299,65	€7.093,62	€5.554,10
2035	€9.081,34	€9.081,34	€7.853,45	€4.199,71	€3.087,64	€4.244,15	€7.020,92	€5.472,73
2036	€8.974,03	€8.974,03	€7.741,66	€4.148,64	€3.030,76	€4.190,18	€6.949,31	€5.393,56
2037	€8.869,20	€8.869,20	€7.632,96	€4.098,82	€2.975,78	€4.137,64	€6.878,77	€5.316,50
<b>SKUPAJ</b>	€337.053,67	€337.053,67	€304.623,37	€156.979,01	€128.812,99	€167.551,73	€251.883,04	€212.823,20

#### 4.4 NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe

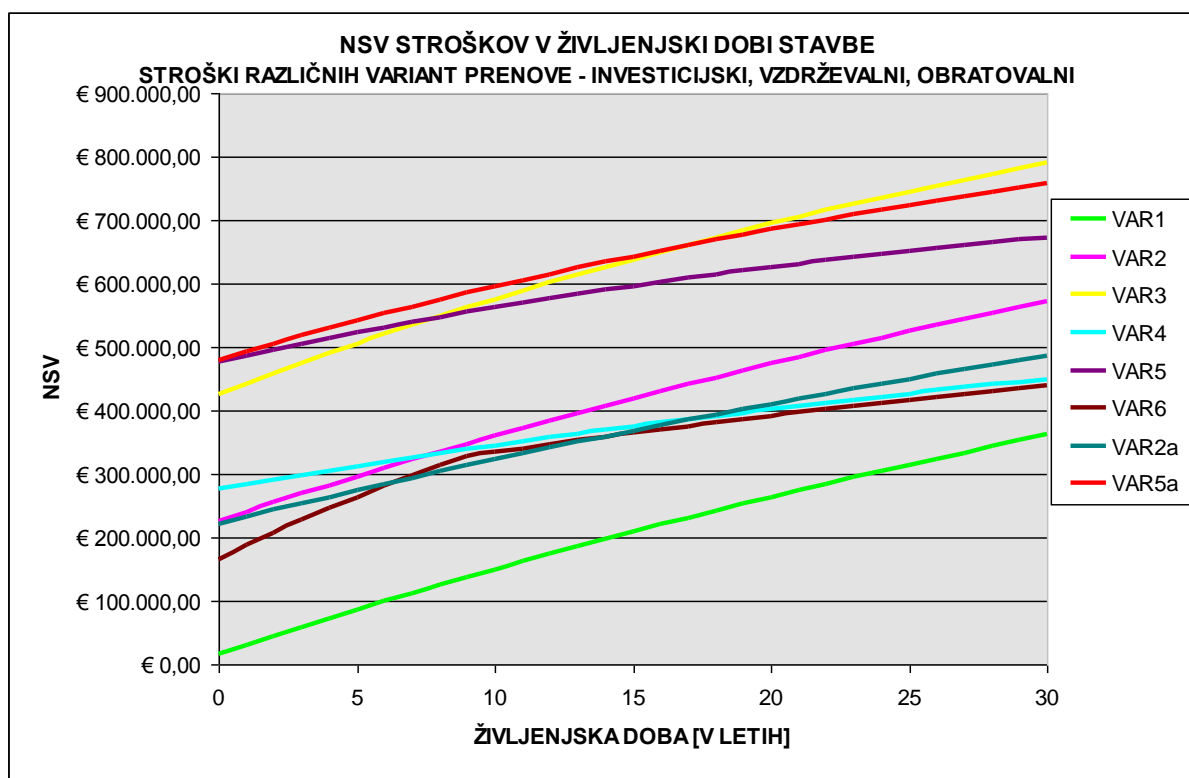
V spodnji preglednici je po različnih scenarijih (variantah) prenove kumulativno prikazana NSV (diskontirana na leto 2007) vseh stroškov (vsota investicijskih, vzdrževalnih in obratovalnih stroškov) v 30-letni življenjski dobi stavbe.

Preglednica 97: kumulativna vsota NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe

NSV STROŠKOV V ŽIVLJENJSKI DOBI STAVBE								
ŽIVLJENJSKA DOBA [V LETIH]	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR2a	VAR5a
0	€15.189,61	€225.430,58	€424.786,63	€276.476,35	€476.004,79	€166.213,64	€221.461,76	€479.186,41
1	€30.142,09	€240.383,06	€442.007,80	€284.188,86	€486.156,41	€187.641,48	€232.557,77	€492.510,30
2	€44.438,61	€254.679,59	€458.416,29	€291.561,32	€495.803,83	€207.964,79	€243.190,94	€505.202,32
3	€58.451,52	€268.692,49	€474.386,58	€298.766,65	€505.126,87	€227.425,34	€253.653,66	€517.541,50
4	€72.192,27	€282.433,25	€489.936,82	€305.811,87	€514.139,31	€246.056,85	€263.951,18	€529.541,90
5	€85.671,71	€295.912,69	€505.084,26	€312.703,61	€522.854,29	€263.891,59	€274.088,50	€541.216,92
6	€98.900,07	€309.141,04	€519.845,28	€319.448,15	€531.284,36	€280.960,39	€284.070,39	€552.579,35
7	€111.886,99	€322.127,97	€534.235,48	€326.051,43	€539.441,45	€297.292,74	€293.901,42	€563.641,41
8	€124.641,62	€334.882,60	€548.269,69	€332.519,07	€547.337,00	€312.916,84	€303.585,91	€574.414,77
9	€137.172,58	€347.413,56	€561.962,04	€338.856,39	€554.981,86	€327.859,66	€313.128,03	€584.910,55
10	€149.599,78	€359.840,75	€575.417,66	€345.127,31	€562.426,47	€334.240,01	€322.561,54	€595.179,44
11	€161.811,87	€372.052,85	€588.551,63	€351.273,87	€569.638,08	€340.488,20	€331.858,46	€605.188,93
12	€173.816,65	€384.057,62	€601.376,51	€357.300,85	€576.626,32	€346.609,56	€341.022,54	€614.948,89
13	€185.621,47	€395.862,45	€613.904,27	€363.212,78	€583.400,36	€352.609,11	€350.057,34	€624.468,76
14	€197.233,30	€407.474,28	€626.146,30	€369.013,94	€589.968,97	€358.491,59	€358.966,29	€633.757,54
15	€208.658,74	€418.899,72	€638.113,42	€374.708,39	€596.340,53	€364.261,52	€367.752,66	€642.823,84
16	€219.904,03	€430.145,01	€649.815,98	€380.299,99	€602.523,02	€369.923,14	€376.419,57	€651.675,89
17	€230.975,09	€441.216,07	€661.263,80	€385.792,38	€608.524,06	€375.480,49	€384.970,02	€660.321,55
18	€241.877,53	€452.118,50	€672.466,27	€391.189,04	€614.350,95	€380.937,39	€393.406,87	€668.768,32
19	€252.616,66	€462.857,64	€683.432,32	€396.493,26	€620.010,62	€386.297,45	€401.732,87	€677.023,41
20	€263.260,02	€473.500,99	€694.221,75	€401.741,08	€625.532,12	€391.603,97	€409.967,33	€685.116,06
21	€273.745,82	€483.986,80	€704.788,05	€406.900,39	€630.897,93	€396.817,73	€418.094,99	€693.028,99
22	€284.078,88	€494.319,86	€715.139,18	€411.974,16	€636.114,21	€401.942,00	€426.118,37	€700.768,59
23	€294.263,78	€504.504,75	€725.282,74	€416.965,20	€641.186,83	€406.979,84	€434.039,84	€708.340,94
24	€304.304,85	€514.545,82	€735.225,99	€421.876,18	€646.121,40	€411.934,21	€441.861,70	€715.751,89
25	€314.206,21	€524.447,19	€744.975,82	€426.709,64	€650.923,31	€416.807,87	€449.586,16	€723.007,02
26	€323.971,80	€534.212,77	€754.538,84	€431.468,00	€655.597,66	€421.603,47	€457.215,33	€730.111,68
27	€333.605,33	€543.846,31	€763.921,35	€436.153,55	€660.149,36	€426.323,50	€464.751,24	€737.070,97
28	€343.110,36	€553.351,34	€773.129,35	€440.768,50	€664.583,10	€430.970,37	€472.195,85	€743.889,80
29	€352.490,27	€562.731,25	€782.168,60	€445.314,91	€668.903,34	€435.546,32	€479.551,04	€750.572,84
30	€361.748,28	€571.989,25	€791.044,57	€449.794,77	€673.114,37	€440.053,51	€486.818,62	€757.124,59

Pričakovano najnižjo NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi ima VAR1, saj le-ta nima nobenih investicijskih stroškov in stavba ostane neprenovljena. Za ekonomsko najugodnejša scenarija prenove se izkažeta VAR4 in VAR6. Med njima ni bistvene cenovne razlike in obe predstavljata objekt v enakem stanju (razlika je le v tem, da gre pri VAR6 za postopno menjavo oken), zato bom za primerjavo z drugimi variantami vzel le eno od njih, in sicer VAR4. VAR2 predstavlja samo teoretičen primer, kajti nima smisla, da ima prenovljen objekt enake karakteristike kot pred prenovo.





Slika 24: Graf NSV stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe

Za podrobnejšo analizo nista smiselni VAR2 in VAR3, saj le-ti ne izpolnjujeta kriterijev PURES-a (Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah). Pravilnik zahteva povečanje toplotne zaščite stavbe v takšni meri, da posamezni konstrukcijski sklopi izpolnjujejo kriterije o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti –  $U_{max}$ , čemur pa ti dve varianti ne zadostita.

Ker VAR4 in VAR6 predstavljata enako stanje objekta po dokončani prenovi (le da je pri VAR6 postopna menjava oken) in imata tudi skoraj enako potek stroškov v življenjski dobi objekta, je smotno v podrobnejšo analizo vzeti le eno izmed njih – v podrobnejšo analizo vzamem VAR4.

VAR4 primerjam še z »nedotaknjenim objektom« (objekt brez sanacije) – VAR1 in z varianto, ki predstavlja dejansko stanje objekta po prenovi – VAR5.

## 4.5 Primerjava VAR1, VAR4 in VAR5

### 4.5.1 Ekonomska primerjava variant

Struktura in velikost posameznih stroškov pri obravnavanih variantah je razvidna v spodnji preglednici.

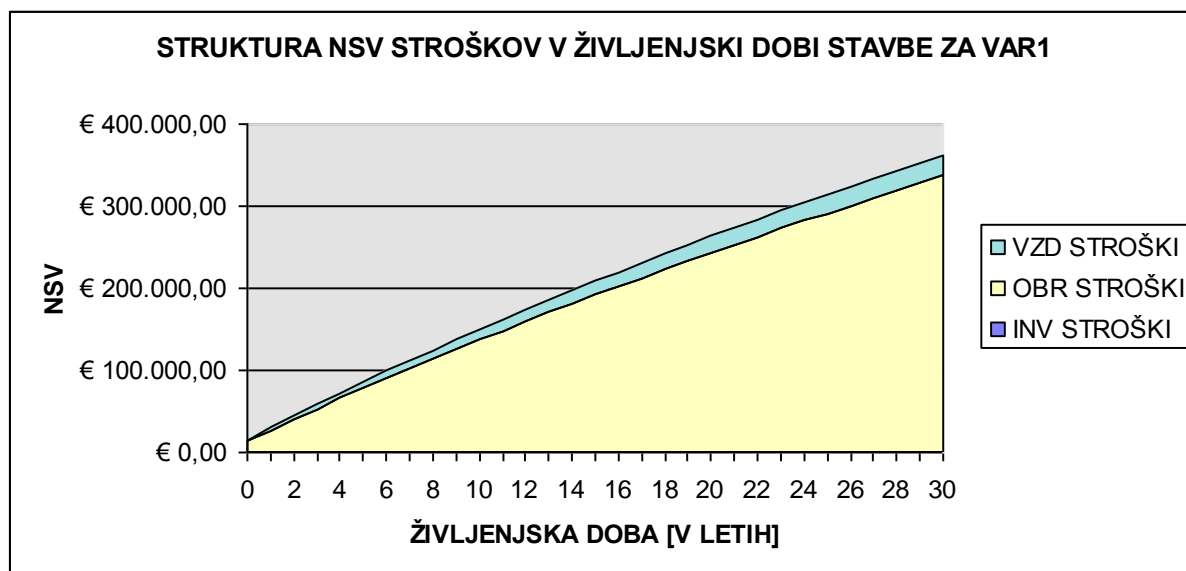
Preglednica 98: Struktura in deleži stroškov v 30-letni življenjski dobi stavbe primerjanih variant

VAR1			VAR4			VAR5		
INV STR	OBR STR	VZD STR	INV STR	OBR STR	VZD STR	INV STR	OBR STR	VZD STR
€ 0,00	€ 337.053,67	€ 24.694,61	€ 269.997,14	€ 156.979,01	€ 22.818,62	€ 470.328,64	€ 128.812,99	€ 73.972,74
€ 361.748,28			€ 449.794,77			€ 673.114,37		
0,0%	93,2%	6,8%	60,0%	34,9%	5,1%	69,9%	19,1%	11,0%

#### 4.5.1.1 VAR1

Pri tej varianti ne pride do prenove, zato nima investicijskih stroškov. Ker stavba ni prenovljena ima večje obratovalne stroške – zaradi slabše toplotne zaščite ima višjo potrebo po ogrevanju. NSV obratovalnih stroškov je več kot dvakrat večja kot pri VAR4 in za skoraj trikrat večja kot pri VAR5. Ocenjeni vzdrževalni stroški so približno enaki kot pri VAR4 in trikrat manjši kot pri VAR5.

Vprašanje je, če je sploh mogoča funkcionalnost objekta v nadaljnjih 30-ih letih brez prenove. Stavba bi bila iz leta v leto bolj dotrajana, imela bi slabše bivalne razmere in ne bi ustrezala kriterijem trajnostnega razvoja.

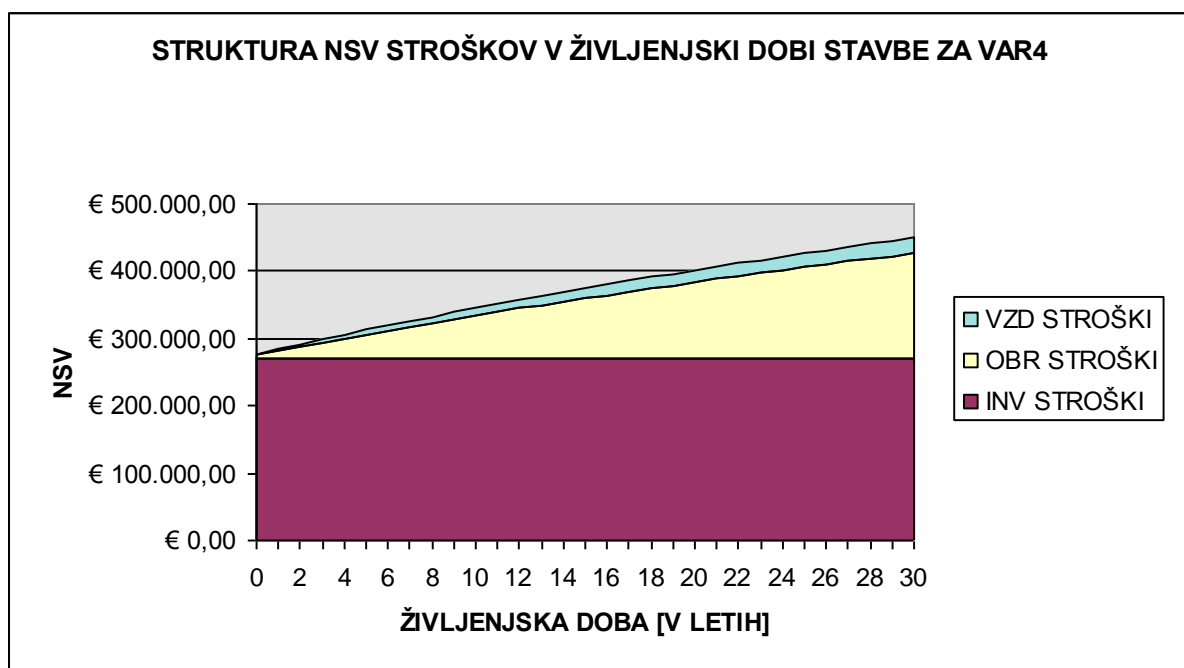


Slika 25: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR1

#### 4.5.1.2 VAR4

Investicijski stroški pri tej varianti so manjši kot pri VAR5, saj ne vsebuje mehanskega prezračevanja z rekuperacijo, ki investicijo močno podraži. Vgraditev mehanskega prezračevanja z rekuperacijo podraži investicijo za 200.331,50 €, kar poveča NSV investicijskih stroškov za skoraj 75% (t.j. VAR5). Prenova sledi smernicam trajnostnega razvoja in močno zmanjša NSV obratovalnih stroškov na račun manjše potrebe objekta po ogrevanju. Pri tej varianti je NSV obratovalnih stroškov za več kot polovico manjša kot pred prenovo – VAR1. Stroški vzdrževanja se bistveno ne spremenijo glede na stanje pred prenovo, vendar so bistveno manjši kot pri VAR5, kjer se za več kot dvakrat poveča NSV stroškov vzdrževanja na račun menjave filtrov pri prezračevalnih napravah.

Ta varianta ima najugodnejši rezultat investicijskih stroškov na zmanjšanje NSV stroškov vzdrževanja in obratovanja v življenjski dobi stavbe.



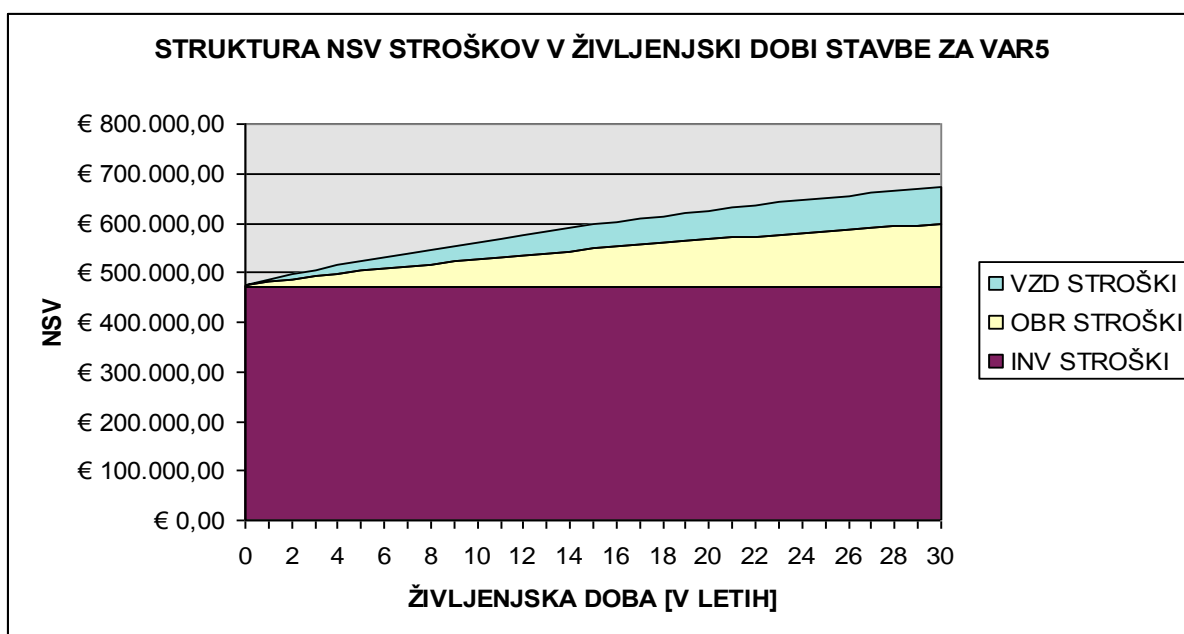
Slika 26: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR4

#### 4.5.1.3 VAR5

Izmed treh variant obravnavanih v podrobnejši analizi ima ta največjo NSV stroškov v življenjski dobi stavbe predvsem zaradi visokih investicijskih stroškov. Vprašanje je, ali so visoki investicijski stroški na račun mehanskega prezračevanja z rekuperacijo upravičeni. Izkaže se, da so vzdrževalni stroški tega sistema precej veliki – zaradi vzdrževanja

prezračevalnih naprav (menjave filtrov) je NSV vzdrževalnih stroškov za 51.154,12 € večja kot pri VAR4. Investicijski in vzdrževalni stroški so visoki zaradi velikega števila prezračevalnih naprav. Ta varianta ima najnižje obratovalne stroške (kljub temu da se poleg potrebne energije za ogrevanje porablja tudi električna energija za delovanje mehanskega sistema za prezračevanje), vendar le-ti niso dovolj majhni, da bi bil izveden scenarij prenove ekonomsko najugodnejši.

Definitivno predstavlja ta scenarij prenove najboljše življenjske pogoje in toplotno ugodje stanovalcem, katerim ni potrebno skrbeti za ustrezno prezračevanje prostorov.



Slika 27: Struktura NSV stroškov v odvisnosti od življenjske dobe stavbe za VAR5

#### 4.5.2 Primerjava variant z ekološkega vidika

V Uradnem listu RS (št. 93; 30.9.2008) sem dobil podatke o specifičnem izpustu CO<sub>2</sub> na enoto energije za daljinsko toploto (0,33 kg/kWh). (UL RS št. 93; 30.9.2008)

Preglednica 99: Izpust emisij CO<sub>2</sub> za primerjane variante

VARIANTA	VAR1	VAR4	VAR5
IZPUST CO <sub>2</sub> NA LETO [kg]	109896	50496	29537
IZPUST CO <sub>2</sub> V 30-LETNI ŽIVLJENJSKI DOBI STAVBE [kg]	3296887	1514874	886120

Po izračunih naj bi objekt po prenovi v okolje spuščal skoraj 75% manj emisij CO<sub>2</sub> kot pred prenovno in skoraj za polovico manj glede na VAR4.

### 4.5.3 Primerjava variant z analizo občutljivosti

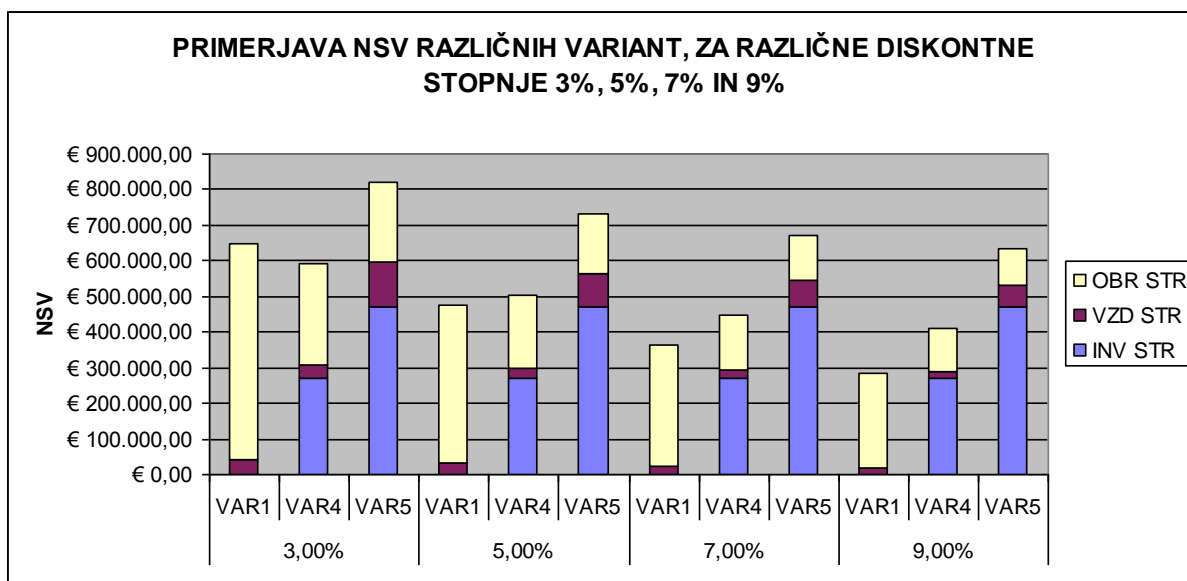
Za vsako varianto pokažem, kako občutljiva je skupna NSV stroškov oziroma kakšna je relativna sprememba skupne NSV stroškov variant glede na prej predpostavljene vrednosti za naslednje spremenjene modelne spremenljivke:

#### 4.5.3.1 Diskontna stopnja

Naredim primerjavo skupne NSV stroškov različnih variant za različne diskontne stopnje (3%, 5%, 7% in 9%) pri ostalih nespremenjenih vhodnih podatkih.

**Preglednica 100: Primerjava NSV različnih variant, za različne diskontne stopnje 3%, 5%, 7% in 9%**

DISKONTNA STOPNJA	3,00%			5,00%			7,00%			9,00%		
VARIANTA	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5
INV STR	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64
VZD STR	€ 40.700,87	€ 38.505,24	€ 124.825,16	€ 31.185,48	€ 29.179,87	€ 94.594,45	€ 24.694,81	€ 22.818,62	€ 73.972,74	€ 20.143,88	€ 18.358,77	€ 59.514,92
OBR STR	€ 606.212,71	€ 281.859,10	€ 225.842,22	€ 444.238,02	€ 206.722,63	€ 167.639,23	€ 337.053,67	€ 156.979,01	€ 128.812,99	€ 264.239,28	€ 123.169,32	€ 102.210,26
SKUPAJ	€ 646.913,58	€ 590.361,48	€ 820.996,02	€ 475.423,50	€ 505.899,64	€ 732.562,32	€ 361.748,28	€ 449.794,77	€ 673.114,37	€ 284.383,16	€ 411.525,23	€ 632.053,82
RELATIVNA SPREMEMBA	78,83%	31,25%	21,97%	31,42%	12,47%	8,83%	0,00%	0,00%	0,00%	-21,39%	-8,51%	-6,10%



**Slika 28: Primerjava NSV različnih variant za različne diskontne stopnje (2,5%, 5%, 7,5% in 10%)**

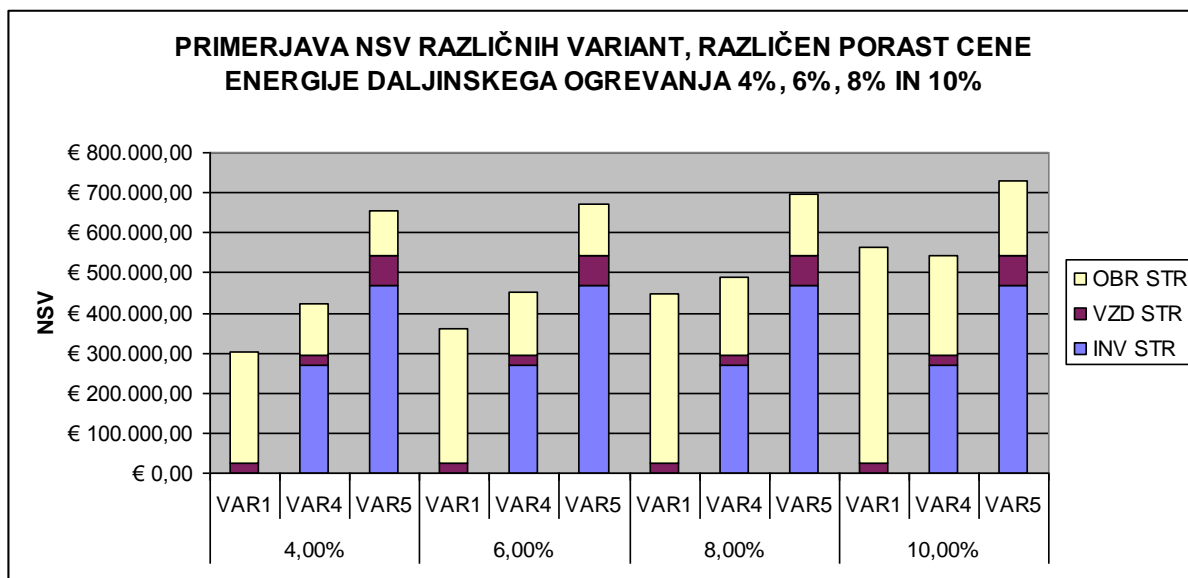
Diskontna stopnja nima nobenega vpliva na investicijske stroške, saj se ti pojavijo na začetku in jih ne diskontiramo. Čim nižja je diskontna stopnja, večja je NSV. Še posebej se to pozna pri VAR1, pri kateri se večji del stroškov pojavi v poznejšem času 30-letne življenjske dobe stavbe (pri diskontni stopnji 3% pride do tega, da VAR1 celo ni več ekonomsko najugodnejša). Na spremembo diskontne stopnje je najmanj občutljiva VAR5.

#### 4.5.3.2 Cena energije daljinskega ogrevanja

Naredim primerjavo skupne NSV stroškov različnih variant za različne letne spremembe cene energije daljinskega ogrevanja (4%, 6%, 8% in 10%) pri ostalih nespremenjenih vhodnih podatkih. Ta sprememba vpliva le na obratovalne stroške.

**Preglednica 101: Primerjava NSV različnih variant, za različne spremembe cene energije daljinskega ogrevanja 4%, 6%, 8% in 10%**

CENA EIL DALJ. OGREVANJA	4,00%			6,00%			8,00%			10,00%		
	VARIANTA	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4
INV STR	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64	€ 0,00	€ 269.997,14	€ 470.328,64
VZD STR	€ 24.694,61	€ 22.818,62	€ 73.972,74	€ 24.694,61	€ 22.818,62	€ 73.972,74	€ 24.694,61	€ 22.818,62	€ 73.972,74	€ 24.694,61	€ 22.818,62	€ 73.972,74
OBR STR	€ 276.384,54	€ 129.102,38	€ 112.506,66	€ 337.053,67	€ 156.979,01	€ 128.812,99	€ 421.581,74	€ 195.818,49	€ 151.532,00	€ 540.463,16	€ 250.442,85	€ 183.484,31
SKUPAJ	€ 301.079,15	€ 421.918,15	€ 656.808,05	€ 361.748,28	€ 449.794,77	€ 673.114,37	€ 446.276,35	€ 488.634,25	€ 695.833,38	€ 565.157,77	€ 543.258,61	€ 727.785,69
RELATIVNA SPREMENBA	-16,77%	-6,20%	-2,42%	0,00%	0,00%	0,00%	23,37%	8,63%	3,38%	56,23%	20,78%	8,12%



**Slika 29: Primerjava NSV različnih variant za različni porast cene energije daljinskega ogrevanja (4%, 6%, 8% in 10%)**

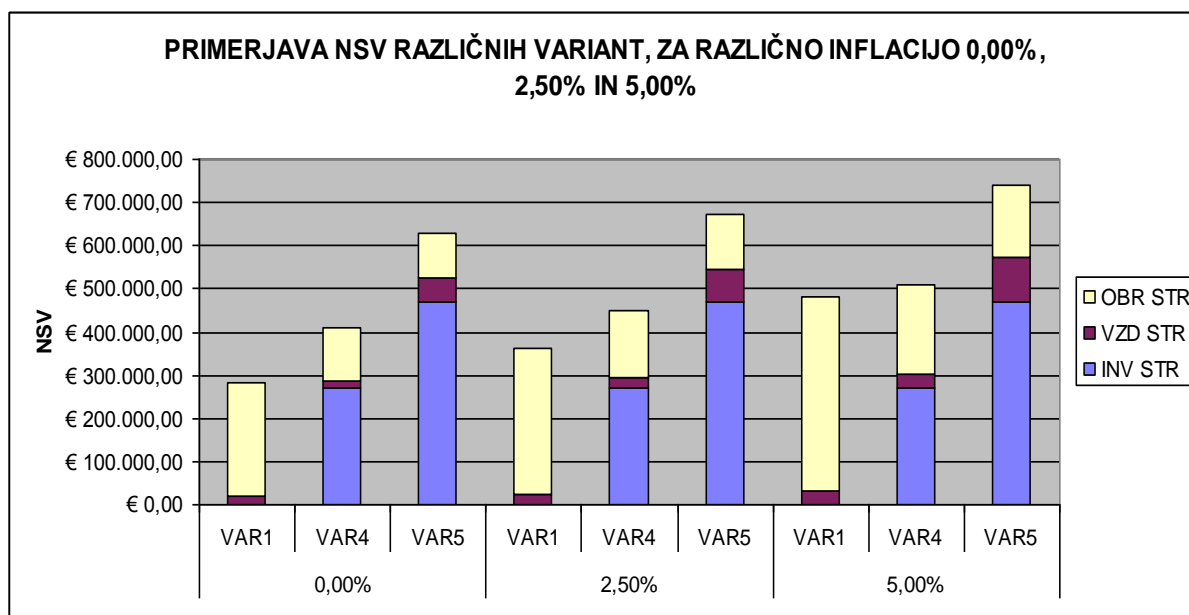
Večji kot je porast cene energije, večji so obratovalni stroški. Variante z večjo potrebo po energiji za ogrevanje stavbe so bolj občutljive na porast cene energije daljinskega ogrevanja. Najmanj občutljiva na porast je VAR5, najbolj pa VAR1.

### 4.5.3.3 Inflacija

Preglednica 102: Primerjava NSV različnih variant, za različno letno inflacijo 0,00%, 2,50% in 5,00%

INFLACIJA	0,00%			2,50%			5,00%		
VARIANTA	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5
INV STR	€0,00	€269.997,14	€470.328,64	€0,00	€269.997,14	€470.328,64	€0,00	€269.997,14	€470.328,64
VZD STR	€18.920,34	€17.159,66	€55.627,69	€24.694,61	€22.818,62	€73.972,74	€33.430,49	€31.380,05	€101.726,93
OBR STR	€264.043,07	€123.431,65	€102.092,80	€337.053,67	€156.979,01	€128.812,99	€447.580,82	€207.764,71	€168.990,59
SKUPAJ	€282.963,41	€410.588,45	€628.049,13	€361.748,28	€449.794,77	€673.114,37	€481.011,31	€509.141,90	€741.046,16
RELATIVNA SPREMEMBA	-21,78%	-8,72%	-6,70%	0,00%	0,00%	0,00%	32,97%	13,19%	10,09%

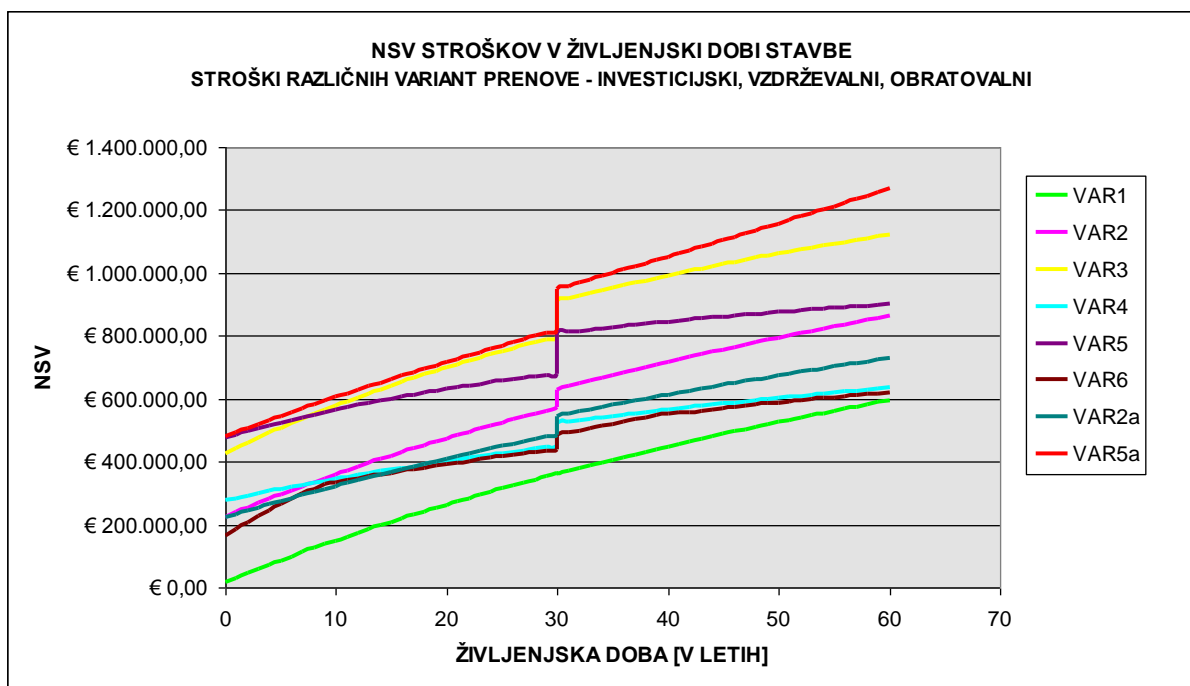
Inflacija vpliva na obratovalne stroške (cene daljinskega ogrevanja in elektrike) in vzdrževalne stroške. Variante z večjimi investicijskimi stroški (npr. VAR5) imajo manjše obratovalne stroške in večje vzdrževalne stroške in obratno. Ker predstavljajo vzdrževalni stroški manjši delež NSV stroškov kot obratovalni stroški prav pri vseh variantah, so variante z večjimi investicijskimi stroški manj občutljive na večjo inflacijo – najmanj občutljiva je VAR5, potem VAR4 in najbolj občutljiva je VAR1.



Slika 30: Primerjava NSV različnih variant za različno inflacijo (0,00%, 2,50% in 5,00%)

#### 4.5.3.4 Življenjska doba stavbe

V 30-letni življenjski dobi ne pride do zamenjave elementov (stavbno pohištvo in ovoj toplotne cone imata 30-letno življenjsko dobo), zato naredim prikaz NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe. Predpostavim, da je prenovljeno stanje po 30-ih letih enako tistemu pred prenovo. Stroški zamenjave elementov spadajo med vzdrževalne stroške.



Slika 31: Graf NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe

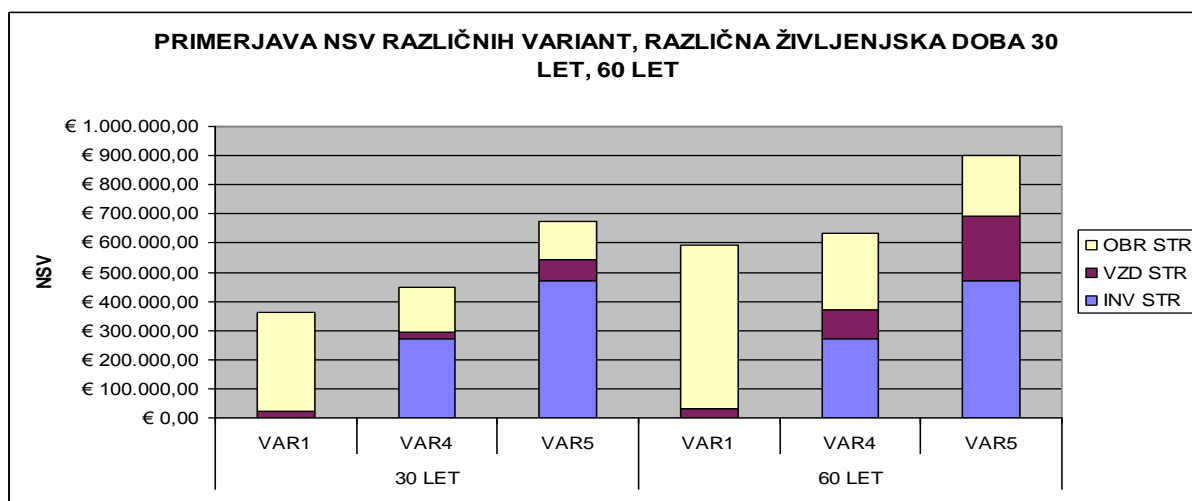
Preglednica 103: NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe

NSV STROŠKOV V 60-LETNI ŽIVLJENJSKI DOBI STAVBE								
ŽIVLJENJSKA DOBA [V LETIH]	VAR1	VAR2	VAR3	VAR4	VAR5	VAR6	VAR2a	VAR5a
60	€594.988,07	€863.161,25	€1.121.651,61	€634.666,95	€900.324,63	€620.318,03	€729.108,31	€1.268.207,33

Preglednica 104: Primerjava NSV različnih variant, za različno življenjsko dobo stavbe 30 let in 60 let

ŽIVLJENJSKA DOBA	30 LET			60 LET		
	VAR1	VAR4	VAR5	VAR1	VAR4	VAR5
INV STR	€0,00	€269.997,14	€470.328,64	€0,00	€269.997,14	€470.328,64
VZD STR	€24.694,61	€22.818,62	€73.972,74	€31.110,43	€103.123,38	€222.720,50
OBR STR	€337.053,67	€156.979,01	€128.812,99	€563.877,64	€261.546,43	€207.275,49
SKUPAJ	€361.748,28	€449.794,77	€673.114,37	€594.988,07	€634.666,95	€900.324,63
RELATIVNA SPREMEMBA	0,00%	0,00%	0,00%	64,48%	41,10%	33,76%

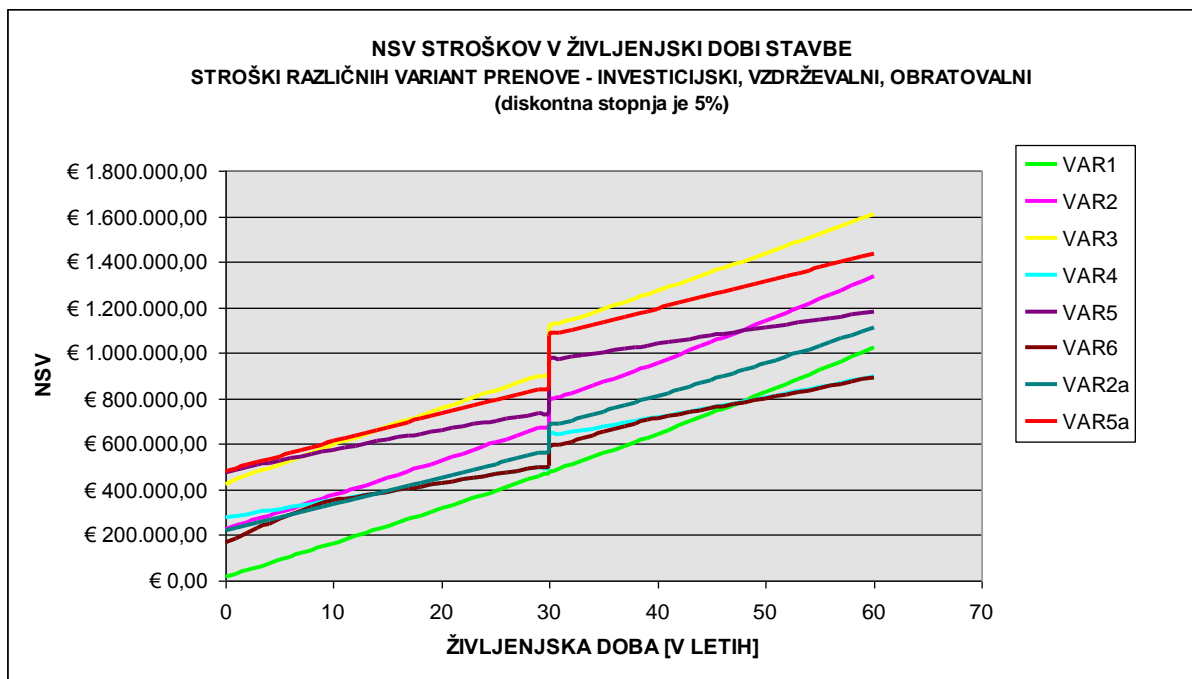




Slika 32: primerjava NSV različnih variant za različno življenjsko dobo stavbe (30 let in 60 let)

Čeprav se izkaže, da je v 30-letni življenjski dobi stavbe ekonomsko najugodnejša VAR1, temu v 60-letni življenjski dobi skoraj ni več tako, kljub temu da pri tej varianti ni prenove. Zaradi visokih obratovalnih stroškov pri VAR1 je NSV stroškov skoraj enaka kot pri VAR4.

V 60 letni življenjski dobi in pri 5% diskontni stopnji je kumulativna vsota NSV stroškov skozi čas sledeča:



Slika 33: Graf NSV stroškov v 60-letni življenjski dobi stavbe pri diskontni stopnji enaki 5%

Pri 5%-ni diskontni stopnji se naložba v VAR4 zaradi prihrankov energije povrne glede na VAR1 po 48-ih letih.

## 5 ZAKLJUČEK ali SKLEPI

Večstanovanjska stavba na Steletovi 8 v Ljubljani predstavlja tipičen primer stavb zgrajenih v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Objekt je imel pred prenovo izvedeno v letu 2007 nezadostno toplotno zaščiten ovoj z izrazitimi toplotnimi mostovi. Prav zato je imel visoko porabo energije za ogrevanje in slabše bivalno ugodje. Pred prenovo izračunana potrebna energija za ogrevanje znaša 101,2 kWh/(m<sup>2</sup> leto). Po tridesetih letih so bili vsi elementi stavbnega ovoja že v slabem stanju in potrebni prenove.

Izvedena prenova objekta z dodano toplotno izolacijo, menjavo stavbnega pohištva s PVC okni in vrati ter uporabo mehanskega prezračevanja z rekuperacijo je sledila sodobnim smernicam trajnostnega ravnanja pri prenovi stavb in s tem zmanjšala potrebo po toploti za ogrevanje objekta. Struktura investicije (470.328,64 €) v prenovo je naslednja: 31% za dodano toplotno izolacijo ovoja, 27% za menjavo oken in 42% za mehansko prezračevanje z rekuperacijo. Po prenovi znaša izračunana potrebna energija za ogrevanje 27,2 kWh/(m<sup>2</sup> leto). Za izvedeno prenovo so energetske analize pokazale teoretično pričakovani prihranek energije in zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za 73%.

Kot del ocene po izvedeni prenovi je bila izvedena LCC analiza (stroškovna analiza življenjskega cikla) na sistemskem nivoju za različne scenarije energetske prenove stavbe. V 30 letni življenjski dobi ima najnižjo NSV (neto sedanjo vrednost) scenarij prenove z dodajanjem toplotne izolacije, menjavo oken – PVC in brez mehanskega prezračevanja z rekuperacijo (VAR4). Za ta primer znaša NSV stroškov 361.748,28 € in je za več kot 45% manjša od NSV stroškov dejansko izvedene prenove (VAR5). V 60 letni življenjski dobi se gospodarsko najuspešnejši scenariji prenove ne razlikujejo. Lahko pa je razvidno, da se naložba v VAR4 zaradi prihrankov energije povrne glede na scenarij brez prenove (VAR1) po dobrih 60-ih letih (zamenjava elementov je potrebna po 30-ih let). Pri 5%-ni diskontni stopnji se naložba v VAR4 zaradi prihrankov energije povrne glede na VAR1 po 48-ih letih. VAR5, ki ima najboljše toplotno ugodje (ni finančno ovrednoteno), ima NSV stroškov v 60 letni življenjski dobi 900.324,63 €. Če se mehansko prezračevanje z rekuperacijo ne uporablja pravilno in / ali ni nameščeno v vseh delih stavbe (kot je razvidno iz dejanske izmerjene porabe energije v primeru VAR5a) se NSV poveča na 1.268.207,33 €.

V LCC analizi je lepo razviden vpliv investicijskih stroškov na stroške vzdrževanja in obratovanja. V VAR5 so obratovalni stroški, ki jih plačajo najemniki, zmanjšani za 62% glede na stanje pred prenovo.

Izvedena analiza občutljivosti pokaže, da sta oba scenarija prenove (VAR4 in VAR5) manj občutljiva na poslabšanje sledečih pri analizi uporabljenih parametrov (to pomeni, da so v ekonomski analizi obravnavani parametri za investitorja manj ugodni od predpostavljenih).

- Diskontna stopnja: Manjša diskontna stopnja ima večji vpliv na scenarije, ki imajo večje stroške v poznejšem času v življenjski dobi objekta. Scenariji z večjimi investicijskimi stroški imajo manjše obratovalne in vzdrževalne stroške v poznejšem času v življenjski dobi objekta.
- Cena energije daljinskega ogrevanja: Scenariji z manjšimi obratovalnimi stroški so na račun manjših potreb po ogrevanju manj občutljivi na porast cen energije daljinskega ogrevanja.
- Inflacija: Prav tako kot na diskontno stopnjo so tudi na porast inflacije bolj občutljivi scenariji, ki imajo večje stroške v poznejšem času v življenjski dobi objekta, saj inflacija vpliva na obratovalne stroške (cene daljinskega ogrevanja in elektrike) in vzdrževalne stroške.
- Življenjska doba objekta: Daljša življenjska doba od načrtovane ima večji vpliv na scenarije z manjšimi investicijskimi stroški, saj imajo ti ponavadi večje obratovalne in vzdrževalne stroške. Z daljšanjem življenjske dobe se razlika večjih investicijskih stroškov zmanjšuje ali celo skoraj izniči na račun nižjih obratovalnih in vzdrževalnih stroškov.

Kljub temu da dejanski rezultati izvedene prenove še niso dosegli želene vrednosti, saj izmerjeni prihranek energije v sezoni 2008/2009 znaša 26%, so še vedno možne izboljšave pri učinkoviti rabi energije. Razlogi za višjo porabo, na katere stanovalci lahko vplivajo, so neustrezna regulacija previsoke notranje temperature, pavšalni obračun porabljene toplote in nepravilna raba oziroma celo opustitev uporabe prezračevalnega sistema z rekuperacijo toplote. Za izboljšanje nastale situacije predlagam osveščanje stanovalcev o prednostih in pravilni uporabi prezračevalnega sistema, ki stanovalcem omogoča avtomatsko zagotavljanje kakovosti zraka v bivalnem prostoru in s tem boljše bivalno ugodje preko celotnega dnevnega ciklusa.

Analize sicer kažejo, da je prenova stavbe brez mehanskega prezračevanja ekonomsko ugodnejša rešitev, vendar finančni vidik ni edini kriterij odločitve. Nacionalne usmeritve na

področju energijske učinkovitosti in zmanjševanja emisij CO<sub>2</sub>, novi pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah in njegove zahteve za večje prenove stavb, smernice za zeleno javno naročanje in različne možnosti sofinanciranj nizkoenergijskih gradenj, prenov ter demonstracijskih (javnih) objektov zavezujejo in spodbujajo k okoljsko prijaznejšim rešitvam. V stroki je znano, da ima povečevanje debeline toplotne izolacije in nasploh boljša izoliranostjo ovoja omejen vpliv na znižanje potreb po toploti. Nadaljnje zmanjšanje rabe energije lahko dosežemo z zmanjšanjem izgub zaradi prezračevanja, torej z nadzorovanim mehanskim prezračevanjem z vračanjem toplote odpadnega zraka. Izvedeni scenarij prenove tako ne izkazuje najnižjih NSV stroškov v življenjski dobi stavbe, omogoča pa manjšo rabo energije, manjše emisije in omogoča boljšo kakovost bivanja. Zavedati se moramo, da metoda analize vseživljenjskih stroškov za zdaj še ne omogoča ekonomskega vrednotenja pozitivnih vplivov določenega scenarija prenove na okolje in zdravje uporabnikov.

Primer stavbe na Steletovi 8 v Ljubljani predstavlja pilotski primer obnove socialnih stanovanj v skladu z nizko energetske standardi in je dober pokazatelj, kam nas vodijo prihodnje smernice gradnje.

## 6 VIRI

ATTMA – The Air Tightness Testing and Measurement Association. Measuring air permeability of building envelopes – 16/01/06

[www.attma.org](http://www.attma.org) (10. april 2009)

Elektro Ljubljana. Cenik električne energije.

<http://www.elektro-ljubljana.si/slo/Ceniki> (20. maj 2009)

Energetika Ljubljana. Cenik toplote.

<http://www.jh-lj.si/index.php?p=2&m=56&k=392> (20. maj 2009)

Inženirska Zbornica Slovenije. Primeri dobre prakse – Steletova 8.

<http://www.izs.si/index.php?id=642> (2. junij 2009)

Feist, W. Pfluger, R. Kaufmann, B. Schneiders, J. Kah, O. 2007. Passive House Planning Package 2007 – Requirements for Quality Approved Passive Houses. Darmstadt, Passivhaus Institut: 205 str.

Langdon, D. 2007. Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: A common methodology. Literature review: 113 str.

Ministerstvo za okolje in prostor – Agencija RS za okolje. Klimatski podatki in sončni pritoki za Ljubljano, 2009.

Projekt Adaptacija objekta na Steletovi 8 v Ljubljani, faza PZI, April 2006, investitor: Mestna občina Ljubljana, projektant: Metric d.o.o.

Šijanec Zavrl, M. 2002. Izdelava pravilnika o vzdrževanju stanovanj, stanovanjskih stavb in funkcionalnega zemljišča. Ljubljana, GI ZRMK: 56 str.

Šijanec Zavrl, M. Kolšek, J. 2009. LCC kot osnova za trajnostno načrtovanje stavb in gospodarjenje z njimi. Ljubljana, GI ZRMK: 4 str.

## **Zakoni, predpisi, uredbe, razpisi in pravilniki**

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. UL RS št. 42/02:2013

Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah. UL RS št. 93/2008

Uredba o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ. UL RS št. 60, 9.6.2006

Specifični izpusti CO<sub>2</sub> za posamezne nosilce energije. UL RS št. 93 / 30.9.2008, str. 12710

## **Standardi**

SIST EN ISO 13370 – Toplotne karakteristike stavb – Prenos toplote skozi zemljo – Računske metode (ISO 13370:2007) – Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation methods (ISO 13370:2007)

SIST EN ISO 13790:2008 – Toplotne značilnosti stavb – Računanje potrebne energije za gretje in hlajenje prostora (ISO 13790:2008) - Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)

SIST EN ISO 14683:2005 – Toplotni mostovi v stavbah – Linearna toplotna prehodnost – Poenostavljena metoda in privzete vrednosti (ISO 14683:2005) – Thermal bridges in building construction – Linear thermal transmittance – Simplified methods and default values (ISO 14683:2005)