

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Marušič, I., 2014. Celovita obnova toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe na Obali, v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kunič, R. somentorica Kutnar, A.): 74 str.

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Marušič, I., 2014. Celovita obnova toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe na Obali, v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kunič, R., co-supervisor Kutnar, A.): 74 pp.

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
ORGANIZACIJSKO  
TEHNOLOŠKA SMER

Kandidat:

**IGOR MARUŠIČ**

**CELOVITA OBNOVA TOPLOTNEGA OVOJA  
VEČSTANOVANJSKE STAVBE NA OBALI, V  
POGLEDU EKONOMIKE IN OGLJIČNEGA ODTISA**

Diplomska naloga št.: 3370/OTS

**COMPLETE RENOVATION OF THE THERMAL  
ENVELOPE OF RESIDENTIAL APARTMENT  
BUILDING ON THE COAST, INCLUDING ECONOMICS  
AND CARBON FOOTPRINT**

Graduation thesis No.: 3370/OTS

**Mentor:**

doc. dr. Roman Kunič

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Somentorica:**

doc. dr. Andreja Kuntar

**Član komisije:**

doc. dr. Mitja Košir

prof. dr. Boštjan Brank

Ljubljana, 27. 02. 2014

## **ERRATA**

<b>Stran z napako</b>	<b>Vrstica z napako</b>	<b>Namesto</b>	<b>Naj bo</b>
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Igor Marušič izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom: »Celovita obnova toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe na Obali, v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Koper, 22. 1. 2014

---

(podpis)

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

<b>UDK:</b>	<b>699.86:728.2(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Igor Marušič</b>
<b>Mentor:</b>	<b>doc. dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad.</b>
<b>Somentorica:</b>	<b>doc. dr. Andreja Kutnar, univ. dipl. inž. les.</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Celovita obnova toplotnega ovoja večstanovanjske stavbe na Obali, v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga- univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>74 str., 53 pregl., 19 sl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>energetska sanacija, prenova, fasada, investicija, stroški, ogljični odtis, življenjski cikel</b>

### **Izvleček**

V diplomski nalogi se ukvarjamo z energetske sanacije večstanovanjskega objekta, grajenega v začetku sedemdesetih let, na slovenski Obali. V zadnjih letih je tema energetske sanacije objektov zelo aktualna, zato želimo natančno preveriti tako finančne vložke in prihranke zaradi posameznih ukrepov sanacije, kakor tudi vpliv na okolje v pogledu ogljičnega odtisa.

Na podlagi pridobljene projektne dokumentacije smo preučili podatke o objektu in posameznih konstrukcijskih sklopih. S pomočjo računalniškega programa TOST, smo izračunali letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe in predvideli možne ukrepe sanacije fasade, stropa proti podstrešju, stropa nad neogrevano kletjo in stavbnega pohištva ter prihranke v tej povezavi. Izdelali smo natančen popis del z realnimi cenami in količinami, ki je lahko kasneje tudi praktično uporaben. Na podlagi dobljenih stroškov investicij posameznih ukrepov sanacije z različnimi debelinami toplotnega ovoja stavbe, smo rezultate jasno predstavili v obliki stroška, ki pripade na posamezni kvadratni meter stanovanja ali kvadratnega metra obnovljenega zunanjšega ovoja stavbe z upoštevanjem trenutnih veljavnih nepovratnih finančnih spodbud. Prav te podatke, lahko kot praktični primer uporabimo in posplošimo tudi na ostale sorodne objekte. Na ta način dobimo predstavo o vložkih in prihrankih ter smiselnosti vlaganj v energetske sanacije. S pomočjo analize življenjskih stroškov smo prikazali tudi računsko primerjavo neto sedanje vrednosti in diskontne dobe vračanja posameznih možnosti prenove. V zadnjem delu naloge, pa smo se posvetili okoljskemu vplivu, ki ga ima posamezna stopnja ukrepa toplotne sanacije zunanjšega ovoja stavbe in sicer na primeru primerjave ogljičnega odtisa izvedbe energetske sanacije ovoja stavbe v celoti z ekspanziranim polistirenom- EPS in mineralno volno-kameno in stekleno volno.

**BIBLIOGRAPHIC- DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>699.86:728.2(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Igor Marušič</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Roman Kunič, Ph.D.</b>
<b>Cosupervisor:</b>	<b>Assist. Prof. Andreja Kutnar, Ph.D.</b>
<b>Title:</b>	<b>Complete renovation of the thermal envelope of residential apartment building on the Coast, including economics and carbon footprint</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation Thesis- University studies</b>
<b>Scope and tools:</b>	<b>74 p., 53 tab., 19 fig.</b>
<b>Keywords:</b>	<b>energy-saving restauration, energy efficiency, renovation, investments, savings, costs, carbon footprint, life cycle</b>

**Abstract**

In the diploma thesis, we focus on complete renovation of the thermal envelope of on over 40 years old residential block of flats, situated on the Slovenian coast. Over the last years, energy performance of buildings became an ever more important element in civil engineering and construction. For this main reason it has been decided to make precise calculations of annual heat demand, costs and savings that are connected with renovation of thermal envelope of a specific building in the framework of this Graduation thesis.

Based on the building's project documentation, the current annual heating demand was calculated using the TOST computer program that is in line with the methodology for calculating energy performance of buildings. Furthermore, calculation was done also of those savings connected to different levels of thermal insulation of the facade, attic and basement ceiling. In addition a detailed inventory of construction works and prices associated with inventory, including current subventions was made. Moreover, by using life cycle cost analysis, the most cost-effective option was determined among a range of different alternatives of thermal insulation. Finally, in the last part of project, focus was put on calculating the carbon footprint of materials in form of comparison of the use of expanded polystyrene- EPS and mineral wool as materials for thermal insulation of the building.

## **Zahvala**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju doc. dr. Romanu Kuniču in somentorici doc. dr. Andreji Kutnar za vse konstruktivne nasvete in strokovno pomoč. Zahvala tudi kolektivu podjetja Makro 5 gradnje d.o.o.

Zahvaljujem se prav vsem prijateljem in sošolcem za pomoč in lepo obdobje študijskih let. Velika zahvala tudi nonotom in vsem sorodnikom ter Jani in Špeli.

Posebne zahvale pa gredo mami, očetu in bratu, ki so tekom študija verjeli vame, me spodbujali in mi nudili vso podporo.

## Kazalo vsebine

<b>1</b>	<b>UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1	Namen in cilji diplomske naloge.....	4
<b>2</b>	<b>PREGLED ZAKONODAJE IZ PODROČJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVB</b>	<b>5</b>
2.1	Energetska izkaznica .....	7
<b>3</b>	<b>PREDSTAVITEV IN ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA .....</b>	<b>9</b>
3.1	Predstavitev objekta.....	9
3.2	Sestava konstrukcijskih sklopov .....	10
3.3	Računalniška programa TEDI in TOST .....	13
3.4	Eko sklad .....	14
<b>4</b>	<b>PREDSTAVITEV UKREPOV IN MOŽNIH VARIANT SANACIJE TOPLOTNEGA OVOJA STAVBE.....</b>	<b>15</b>
4.1	Toplotna izolacija fasade .....	15
4.1.1	Pures .....	17
4.1.2	Eko sklad.....	18
4.1.3	Nizkoenergijski razred.....	18
4.2	Toplotna izolacija stropa proti podstrešju.....	18
4.2.1	Pures .....	20
4.2.2	Eko sklad.....	20
4.2.3	Nizkoenergijski razred.....	20
4.3	Toplotna izolacija stropa kleti.....	21
4.3.1	Pures in Eko sklad .....	21
4.3.2	Nizkoenergijski razred.....	21
<b>5</b>	<b>IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE <math>Q_{NH}</math>.....</b>	<b>22</b>
5.1	Vhodni podatki.....	23
5.1.1	Klimatski podatki .....	23
5.1.2	Osončenost objekta.....	24
5.1.3	Vhodni podatki po conah .....	26
5.2	Rezultati.....	29
<b>6</b>	<b>POPIS DEL IN STROŠKI SKUPNE INVESTICIJE.....</b>	<b>34</b>
6.1	Toplotna izolacija fasade .....	34
6.1.1	Finančne spodbude Eko sklada (A- toplotna izolacija fasade).....	37
6.2	Predelava in zamenjava stavbnega pohištva .....	38
6.3	Toplotna izolacija stropa proti podstrešju.....	39



6.3.1	Finančne spodbude Eko sklada (B- toplotna izolacija strehe ali stropa proti neogrevanemu podstrešju) .....	39
6.4	Toplotna izolacija stropa nad neogrevano kletjo .....	40
6.5	Ostala dela .....	40
6.6	Povzetek celotne investicije in subvencij .....	41
<b>7</b>	<b>ANALIZA STROŠKOV V ŽIVLJENJSKEM CIKLU (LCC) .....</b>	<b>43</b>
7.1	Osnove .....	43
7.2	Investicijski stroški .....	43
7.2.1	Fasada .....	44
7.2.2	Strop proti podstrešju .....	44
7.2.3	Strop nad neogrevano kletjo .....	45
7.2.4	Stavbno pohištvo .....	45
7.2.5	Ostala dela .....	46
7.2.6	Skupni investicijski stroški po variantah .....	46
7.3	Vzdrževalni stroški .....	47
7.4	Obratovalni stroški .....	48
7.5	Neto sedanja vrednost in diskontna doba vračanja .....	49
7.6	Primerjava stroškov ogrevanja za različne energente in vire ogrevanja .....	51
<b>8</b>	<b>OGLJIČNI ODTIS IN ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA (LCA) .....</b>	<b>54</b>
8.1	Analiza življenjskega cikla (LCA) .....	55
8.1.1	Prednosti in pomanjkljivosti analize LCA .....	56
8.1.2	Oprelitev cilja in obsega študije .....	56
8.1.3	Inventar življenjskega cikla (LCI) .....	56
8.1.4	Vrednotenje vplivov (LCIA) .....	57
8.1.5	Interpretacija življenjskega cikla .....	57
8.2	Ogljični odtis .....	58
8.2.1	Standardi in norme v gradbenem sektorju .....	58
8.3	Izračun ogljičnega odtisa .....	60
8.3.1	Metode in postopek računa .....	60
8.3.2	Rezultati in komentar .....	62
8.3.3	Sklep izračunov .....	67
<b>9</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>69</b>
	<b>VIRI .....</b>	<b>71</b>

**Kazalo preglednic**

Preglednica 1: Sestava zunanje stene.....	11
Preglednica 2: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju.....	11
Preglednica 3: Sestava zunanje stene proti terenu .....	11
Preglednica 4: Sestava tal na terenu .....	11
Preglednica 5: Sestava tal nad neogrevanim prostorom.....	12
Preglednica 6: Največja dovoljena toplotna prehodnost U konstrukcijskih sklopov (ur.l. SFRJ 35/70) .....	12
Preglednica 7: Vrednosti največje dovoljene toplotne prehodnosti $U_{\max}$ [20] in izračunane vrednosti U za trenutno stanje obravnavanega objekta.....	13
Preglednica 8: Zahteve glede razreda gorljivosti glede na višino stavbe [16].....	16
Preglednica 9: Sestava in U zunanje stene- Pures .....	18
Preglednica 10: Sestava stropa proti podstrešju- Pures.....	20
Preglednica 11: primer sestave stropa nad neogrevano kletjo (Pures+ in Ekosklad+) .....	22
Preglednica 12: Klimatski podatki iz programa TOST .....	23
Preglednica 13: Primer osončenosti za dan 21.3.2013.....	25
Preglednica 14: Osončenost objekta .....	25
Preglednica 15: Faktor osončenosti $F_{sh,ob}$ za posamezne fasade objekta, za posamezen mesec .....	26
Preglednica 16: Vhodni podatki toplotnih con obravnavane stavbe.....	27
Preglednica 17: Lastnosti posameznih tipov oken.....	28
Preglednica 18: Pregled toplotnih prehodnosti U [ $W/m^2K$ ], za posamezna stanja.....	28
Preglednica 19: Rezultati računa potrebne toplote za ogrevanje stavbe in prihranki posameznih variant .....	29
Preglednica 20: Rezultati za posamezen ukrep prenove toplotnega ovoja stavbe.....	33
Preglednica 21: Popis del in višina investicije- izolacija fasade .....	34
Preglednica 22: Priznani stroški in višina nepovratne finančne spodbude za toplotno izolacijo fasade.....	37
Preglednica 23: Popis del in višina investicije- stavbno pohoštvo .....	38
Preglednica 24: Popis del in višina investicije- izolacija stropa proti podstrešju .....	39
Preglednica 25: Priznani stroški in višina subvencije .....	40
Preglednica 26: Popis del in cene- toplotna izolacija stropa nad kletjo .....	40
Preglednica 27: Popis del in cene- ostala dela.....	41
Preglednica 28: Povzetek investicije .....	41
Preglednica 29: Pregled končne višine investicij po posameznih ukrepih.....	42
Preglednica 30: Sprememba v ceni fasade v €/m <sup>2</sup> in končna sprememba celotne investicije v € .....	44
Preglednica 31: Pregled investicij in nepovratnih subvencij.....	44

Preglednica 32: Sprememba v ceni toplotne izolacije stropa proti podstrešju .....	44
Preglednica 33: Pregled investicij in nepovratnih subvencij .....	45
Preglednica 34: Sprememba cene v toplotni izolaciji stropa nad neogrevano kletjo .....	45
Preglednica 35: Pregled investicijskih stroškov .....	45
Preglednica 36: Pregled investicijskih stroškov .....	46
Preglednica 37: Investicijski stroški ostalih del popisa .....	46
Preglednica 38: Pregled celotnih investicijskih stroškov za posamezne variante .....	46
Preglednica 39: Primer za vzdrževanje fasade [27] .....	47
Preglednica 40: Vzdrževalni stroški pri 5% in 7% diskontni stopnji .....	48
Preglednica 41: Prihranek računske potrebne toplote za ogrevanje, v kWh na letni ravni .....	48
Preglednica 42: Obratovalni stroški v tridesetletni dobi, ob 5% in 7% diskontni stopnji .....	49
Preglednica 43: NSV vrednosti in diskontne dobe vračanja različnih variant sanacije .....	49
Preglednica 44: Cene energentov [29] .....	52
Preglednica 45: Stroški ogrevanja variant sanacije, po posameznih energentih .....	52
Preglednica 46: Uporabljeni materiali za izračun ogljičnega odtisa in baza materialov Ecoinvent 2.0.61	
Preglednica 47: Podatki za varianto A .....	62
Preglednica 48: Podatki za varianto B .....	63
Preglednica 49: Ogljični odtis variante A za vsak konstrukcijski sklop posebej v [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ] in celotni ogljični odtis posamezne variante [kgCO <sub>2</sub> e] .....	64
Preglednica 50: Ogljični odtis variante B za vsak konstrukcijski sklop posebej v [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ] in celotni ogljični odtis posamezne variante [kgCO <sub>2</sub> e] .....	64
Preglednica 51: Ogljični odtis v [kgCO <sub>2</sub> e] za izbrano verzijo sanacije (Ekosklad+) .....	65
Preglednica 52: Specifične emisije CO <sub>2</sub> za posamezne nosilce energije [21] .....	67
Preglednica 53: Povprečni izpusti CO <sub>2</sub> posamezne variante in ogljična nevtralnost .....	67

**Kazalo slik**

Slika 1: Kazalniki računske energetske izkaznice (vir: [9]).....	8
Slika 2: Slika obravnavanega večstanovanjskega objekta na Markovcu pri Kopru- severna fasada.....	10
Slika 3: Sestava fasadnega sistema Demit Original [18] .....	17
Slika 4: Prikaz toplotne izolacije podstrešja s pohodnim in ne pohodnim delom [19] .....	19
Slika 5: Primer toplotne izolacije fasadnih lamel iz kamene volne (vir [20]).....	21
Slika 6: Model obravnavanega objekta v programu Google SketchUp .....	24
Slika 7: Prikaz rezultatov računa $Q_{NH}/A_U$ [kWh/m <sup>2</sup> K] za posamezne variante.....	30
Slika 8: Rezultati računa za primer sanacije Eko sklad+ .....	31
Slika 9: Rezultati računa za referenčno klimo (Eko sklad+).....	32
Slika 10: Prikaz energijskega razreda za izbrano verzijo sanacije Eko sklad+ .....	32
Slika 11: Prihranki toplote v [%] za posamezne ukrepe .....	33
Slika 12: Prikaz deleža stroškov za posamezen ukrep .....	42
Slika 13: NSV- 5% diskontna stopnja .....	50
Slika 14: NSV- 7% diskontna stopnja .....	50
Slika 15: Stroški ogrevanja posameznih variant.....	53
Slika 16: Primerjava stroškov ogrevanja trenutnega stanja in izbrane verzije sanacije stavbe .....	53
Slika 17: Oznake, ki se nanašajo na ogljični odtis (vir[38]).....	60
Slika 18: Razlika v ogljičnem odtisu med varianto A in B, v [kgCO <sub>2</sub> e] .....	65
Slika 19: Primerjava ogljičnega odtisa za Ekosklad+ med varianto A in B.....	66

## 1 UVOD

Gradbeništvo je eno od področij, ki je skozi človeško zgodovino doživelo izjemen napredek, ob tem pa tudi zanimiva nihanja. Nekoč so bile dejanske možnosti oblikovanja stavb pogojene z omejenim naborom razpoložljivih konstrukcijskih materialov in njihovih lastnosti, danes pa v graditeljstvu skorajda ni več tehničnih omejitev. Novi materiali z izboljšanimi lastnostmi za splošno uporabo ali določen namen odpirajo vedno nove možnosti. Stavbe so lahko v konstrukcijskem pogledu kompleksnejše in hkrati varnejše, gradnja pa je lahko cenejša in hitrejša. Zamenjava določenih delov konstrukcij je enostavnejša, mnogi postopki pa so ponovljivi in posledično bolj obvladljivi. Stopnja delovnega in bivalnega ugodja v stavbah je ob uporabnikovih naraščajočih pričakovanjih in zahtevah bistveno višja kot nekdanj, obratovalni in vzdrževalni stroški pa se ob korektnem načrtovanju in kvalitetni izvedbi lahko znižajo na minimalno raven [1].

Gradbeni materiali imajo pri učinkoviti rabi energije v stavbah pomembno vlogo. Zavedati se pa moramo, da še tako dober material ne more kaj dosti prispevati k nizki rabi energije za obratovanje stavbe, če je osnovna zasnova stavbe neprimerna, če ne upoštevamo naravnih danosti in omejitev konkretne lokacije, če nepravilno vgradimo oz. vgradimo neučinkovite in napačno dimenzionirane naprave in podobno. Z drugimi besedami, vsak gradbeni material je del določenega sistema oz. konstrukcije in bo deloval le tako dobro, kakor bo delovala celotna konstrukcija ter obratno. Pogoji za dobro delovanje celotne konstrukcije je strokovnost na vseh področjih: od začetnega načrtovanja, izbire materiala, vgradnje in vzdrževanja.

Tudi v prihodnosti bodo še kako pomembni vidiki kot so npr. količina vgrajene energije, možnost razgradnje in ponovne uporabe ipd., saj ekološka ozaveščenost nasploh vodi k vrednotenju gradbenih materialov po širših kriterijih. Tako je lahko proizvodnja »energijsko varčnega« materiala za npr. toplotno izolacijo s sicer odličnimi toplotnimi lastnostmi, zelo draga ali pa material povzroča velike obremenitve in onesnaževanje okolja, bodisi pri pripravi, transportu ali razgradnji. Upoštevanje teh kriterijev je pomemben del prizadevanj za nizkoogljico družbo [2].

### **Toplogredni plini in trajnostna gradnja**

Podnebje se že dolgo časa ni spreminjalo tako vihravo kot v zadnjih desetletjih. Opažamo čedalje več nenavadnih vremenskih pojavov in sprememb, ki imajo pogosto katastrofalne posledice.

Medvladni forum za podnebne spremembe (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) ugotavlja, da se je zemeljsko površje v 20. stoletju ogrelo za približno 0,7 °C in da je velika verjetnost, da je dvig povprečne globalne temperature v drugi polovici 20. stoletja posledica antropogenega, od človeka povzročene, povečevanja izpustov toplogrednih plinov. Napovedi za prihodnost kažejo, da se bo trend naraščanja povprečne temperature zemeljskega površja nadaljeval [3].

Procesi, ki so povzročili globalne okoljske probleme današnjega časa, so se pričeli z industrijsko dobo od konca 18. stoletja dalje. To obdobje zaznamuje razvoj znanosti, industrializacije, hitra rast števila

svetovnega prebivalstva in vzpon tehnologij za podporo masovnega potrošništva, temelječ na energijskih sistemih na fosilna goriva. V tem obdobju, vse do danes, je očitno eksponentno povečevanje različnih človekovih dejavnosti, ki so povzročile spremembe številnih biofizikalnih značilnosti našega planeta, še posebej stanje ozračja oziroma atmosfere, ki je najboljčutljivejši del Zemljinega ekološkega in podnebnega sistema.

Sevanje sonca prodira skoraj nemoteno skozi ozračje Zemlje in tako ogreva zemeljsko površino, nato pa se z infrardečim sevanjem energija vrača nazaj v vesolje. Del tega sevanja Zemlje se kot posledica delovanja toplogrednih plinov vrača nazaj, kar povzroča segrevanje nižjih plasti ozračja oziroma učinek tople grede. Značilnost toplogrednih plinov je, da absorbirajo dolgovalovno (toplotno) sevanje, ki ga oddaja površje, in ga delno spustijo v vesolje, del pa odbijejo nazaj na površje. Omeniti moramo, da naravni učinek tople grede omogoča življenje na zemlji, saj bi bila v nasprotnem primeru povprečna temperatura prizemne plasti ozračja na višini 2m le okrog  $-15^{\circ}\text{C}$  (sedaj je okrog  $+15^{\circ}\text{C}$ ).

Emisije toplogrednih plinov, kot posledica človekovih dejavnosti, spreminjajo sestavo ozračja, kar vpliva na toplotno bilanco Zemlje. Osnovni antropogeni toplogredni plin, ki ruši energetske uravnoteženosti zemlje, predvsem v pogledu radiacijskega ohlajevanja, je ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ ). Po doprinosu k toplogrednemu učinku mu sledi metan ( $\text{CH}_4$ ), didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) ter ostali [3].

Vse pogosteje se srečujemo s pojmom trajnostne gradnje oz. trajnostnih proizvodov. Graditi trajnostno pomeni, da v času načrtovanja stavbe, gradnje in obdobju njene uporabe, upoštevamo načelo skrbnega ravnanja z okoljem in ohranjanja naravnih virov. Trajnostno stavbo načrtujemo tako, da sta njena gradnja in uporaba ekonomični. Stavbe morajo biti tudi prijazne do uporabnika in njegovega zdravja, prepoznavne v okolju, funkcionalne in prispevati morajo k ohranjanju družbenih ter kulturnih vrednot.

Poznamo tri vidike trajnostne gradnje in sicer okoljski, ekonomski in družbeni vidik. Uporabnikom je najbolj dosegljiva predvsem presoja okoljskega vidika gradnje. Konkretna merila za presojo ostalih dveh področij, ekonomskega in družbenega, se intenzivno razvijajo in postajajo del novejših metod trajnostnega vrednotenja stavb. Presoja okoljskih vplivov proizvoda, procesa ali stavbe, temelji na znani metodi analize življenjskega kroga (LCA- *Life Cycle Assessment*), ki je standardizirana v standardih skupine ISO 14000. Ena izmed znanih poenostavljenih metod vrednotenja okoljskih vplivov stavbe, ki temelji na LCA, je na primer ogljični odtis stavbe. Pri ogljičnem odtisu se ocenjuje življenjski cikel stavbe, pri čemer je analiza omejena le na emisije, ki vplivajo na podnebne spremembe. Metoda obravnava emisije toplogrednih plinov, povezanih s stavbo po mednarodnem dogovoru za obdobje sto let, izražene z ekvivalentnimi emisijami  $\text{CO}_2$ . Ekvivalentne emisije  $\text{CO}_2$  ostalih toplogrednih plinov (npr. metana, žveplovega heksafluorida, dušikovega oksida) so preračunane glede na relativni vpliv teh plinov na globalno segrevanje v primerjavi z vplivom  $\text{CO}_2$ .

V zadnjih letih se je v stroki uveljavilo prepričanje, da naj trajnostno ravnanje potrošnika temelji na informaciji o vplivu proizvoda v celotnem življenjskem ciklu, pri čemer je ogljični odtis le eden izmed

vidikov. Vodilni proizvajalci, tudi v gradbeni industriji, za proizvode predstavljajo celovite okoljske vplive in v ta namen uporabljajo okoljske produktne deklaracije (EPD- *Environmental Product Declaration*) [4]. Okoljska produktna deklaracija je oblika okoljskih oznak za izdelke, ki se je razvila iz prizadevanj Evropske komisije za čim manjše okoljske vplive proizvodov v celotnem življenjskem krogu.

Gradbeništvo je v večini držav v bruto nacionalnem dohodku udeleženo z vsaj desetimi odstotki, hkrati pa je poraba materialov, energije in surovin ter količina odpadkov v celotni življenjski dobi objektov celo 40% vseh svetovnih količin. Prav zaradi tega moramo večji poudarek posvečati varčevanju z neobnovljivimi viri energije, zmanjševanju porabe surovin in drugih virov, varovanju okolja, načrtovanju recikliranja ter upravljanja z odpadki kot rezultat zaključka življenjske dobe objektov [5].

## 1.1 Namen in cilji diplomske naloge

Namen diplomske naloge je preučitev večstanovanjskega objekta na slovenski Obali in predstavitev možnih ukrepov energetske sanacije za izboljšanje energetskih lastnosti stavbe in s tem povezanih finančnih vložkov in prihrankov ter varovanje okolja. Tukaj gre predvsem za preučitev možnih variant in debelin toplotne izolacije ovoja stavbe tj. izvedba toplotne izolacije fasade, toplotne izolacije stropa proti podstrešju in tal nad neogrevano kletjo ter menjavo oziroma predelavo stavbnega pohištva. Omenjeni ukrepi predstavljajo bistvene prihranke pri porabi energije in iz leta v leto dražjim energentom, za ogrevanje in hlajenje stavbe.

Najprej smo s pomočjo načrtov in dokumentacije objekta želeli preveriti ali je bila stavba načrtovana in izvedena v skladu s takratnimi veljavnimi zakoni in predpisi o toplotni zaščiti stavb. Temu je sledila analiza trenutnega stanja objekta in njegovih energijskih lastnosti, kjer smo se osredotočili na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe. Na tej podlagi, pa je sledil račun in primerjava sanacije objekta z različnimi debelinami toplotnih izolacij v pogledu začetnega finančnega vložka in nadaljnjih prihrankov. Izdelali smo natančen popis del, pridobili realne cene k posameznim postavkam in upoštevali trenutne nepovratne subvencije. Temu je sledila analiza stroškov v življenjskem ciklu, kjer smo primerjali investicijske, obratovalne in vzdrževalne stroške posameznih variant sanacije, za dobo tridesetih let. V zadnjem delu naloge smo se posvetili še računu ogljičnega odtisa. Diplomskih nalog na to temo je zaenkrat zelo malo, zato je ta del naloge še toliko bolj zanimiv in dobrodošel. Uvodoma smo nekaj besed namenili opisu analize in metodologiji, nato pa za izbrani verziji sanacije stavbe, izračunali ogljični odtis posameznih toplotno izolacijskih materialov in rezultate medsebojno primerjali.

Glavna ideja diplomske naloge je natančen in celovit pristop k izvedbi energetske sanacije večstanovanjskega objekta, na način, da bo vsebovala vse potrebne elemente in korake, ki so potrebni za končno izvedbo sanacije. Diplomska naloga je tako tudi praktično uporabna, saj vsebuje izračune toplotne bilance stavbe, natančen predračun z realnimi količinami in cenami ter finančne spodbude, ki so trenutno omogočene in na voljo. Naloga je tako lahko zgled celovitega pristopa k omenjenemu problemu in osveščanja ter spodbujanja ljudi, da se odločijo za omenjene posege na stavbi. Ker je izbrani objekt primerljiv z nekaterimi večstanovanjskimi objekti na slovenski Obali, so lahko rezultati širše uporabni tudi za ostale sorodne stanovanjske bloke v bližini.



## 2 PREGLED ZAKONODAJE IZ PODROČJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI STAVB

Predpise na območju današnje Slovenije, ki posredno obravnavajo toplotno zaščito zgradb, lahko najdemo že v »Stavbnem redu za Vojvodino Kranjsko« iz leta 1875. Tudi po letu 1945 so toplotno zaščito zajeli le posredno v obliki priporočil in pravilnikih s področja zidanih stavb in stanovanjske gradnje. Prvi predpisi o toplotni zaščiti stavb so bili izdani leta 1970. To je bil Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb (Uradni list SFRJ 35/70), ki je predpisoval največje dovoljene toplotne prehodnosti  $U$  ( $W/m^2K$ ) elementov ovoja zgradbe, glede na klimatsko cono v kateri se stavba nahaja [6].

Kot prelomnico na tem področju štejemo leto 1980, ko je bil sprejet standard z obvezno uporabo JUS.U.J5.600 (Tehnični pogoji za projektiranje in graditev stavb). Poleg največje dovoljene toplotne prehodnosti je podajal tudi zahteve glede minimalne toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi ovoj zgradbe [4].

V drugi polovici devetdesetih let je v procesu pridruževanja Slovenije Evropski uniji potekalo tudi usklajevanje slovenskega pravnega reda z evropskim. Iz področja v zvezi z energetske učinkovitostjo stavb, sta bili ključni predvsem dve direktivi. Prva je Direktiva o gradbenih proizvodih (89/106/EEC) (CPD), ki je bila prenesena v Zakon o gradbenih proizvodih, kateri navaja šest bistvenih zahtev, ki jih mora stavba izpolnjevati. Pomembna za to področje je predvsem šesta med njimi (Gospodarno ravnanje z energijo in zadrževanje toplote). Druga pa je bila tedanja direktiva SAVE (93/76/EEC), ki je med ostalim zahtevala oblikovanje strožje zakonodaje za toplotno zaščito stavb.

V teh okoliščinah je bil v letu 2002 sprejet Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah (PTZURES 2002), kateri je prinesel nekaj novosti:

- kot obvezno je predpisal uporabo energijsko učinkovite zasteklitve s toplotno prehodnostjo stekla največ  $1,3 W/m^2K$ ,
- minimalne zahteve za posamezne komponente ovoja stavbe in
- uvedel novo energijsko zahtevo v obliki največje dovoljene potrebne toplote za ogrevanje stavbe ( $KWh/ m^2$  na leto).

V istem letu je Evropska komisija sprejela Direktivo EU o energetske učinkovitosti stavb (2002/91/ES)- direktiva EPBD, da bi izkoristili velik energijsko varčevalni potencial na področju stavb. Zahteve direktive se nanašajo na:

- uvedbo celovite računske metodologije za določitev energijskih lastnosti stavbe,
- energetske certificiranje stavb oziroma uvedbo energetske izkaznice,
- določitev minimalnih zahtev za energetske učinkovitost novih in obstoječih stavb ob celoviti prenovi,
- obvezno študijo izvedljivosti za alternativne energetske sisteme za nove stavbe večje od  $1000 m^2$  in

- redne preglede kotlov in klimatskih naprav, ki jih izvajajo neodvisni strokovnjaki.

V letu 2008 je Slovenija s sprejemom Pravilnika o učinkoviti rabi energije v stavbah (PURES 2008) formalno izpolnila obveznosti iz direktive EPBD. PURES 2008 je predpisal ambiciozne zahteve glede energetske učinkovitosti stavb in izrabe obnovljivih virov energije, ki se odražajo v zahtevah po boljši toplotni zaščiti ovoja stavbe ter vgradnjo učinkovitejših naprav in sistemov, pa tudi obvezni uporabi obnovljivih virov.

Z namenom, da bi se poenostavile nekatere določbe Direktive EPBD in obenem razširilo področje njene uporabe, je bila 19. maja 2010 formalno sprejeta Prenovljena direktiva o energetske učinkovitosti stavb (2010/31/EU)- EPBD prenovitev, ki upošteva cilje »20-20-20 do 2020« evropske podnebno-okoljske politike, ki pri stavbah zahteva znaten prispevek k 20-odstotnemu zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>, k 20-odstotnemu povečanju energijske učinkovitosti(URE) in k 20-odstotnemu deležu obnovljivih virov energije(OVE) v primarni energijski bilanci. Direktiva želi povečati učinke prvotne direktive EPBD iz leta 2002 in želi povečati obseg energijske prenove starejših stavb, zato ohranja vse dosedanje zahteve in jih mestoma tudi zastruje za doseg ciljev energijske okoljske politike. Določa zahteve na področju:

- uporabe minimalnih zahtev glede energetske učinkovitosti novih in obstoječih stavb,
- oblikovanja nacionalnih načrtov za povečanje števila skoraj nič energijskih stavb,
- energetskega certificiranja stavb,
- rednih pregledov ogrevalnih in klimatskih sistemov v stavbah,
- neodvisnih sistemov nadzora nad energetskimi izkaznicami in poročili o rednih pregledih sistemov.

Zahteva tudi večjo razširjenost energetske izkaznice stavbe v javnem sektorju, navedbo razreda energijske učinkovitosti pri trženju stavb, velik poudarek pa je tudi na področju zagotavljanja kakovosti energetskega certificiranja stavb. Cilji za nove in javne stavbe:

- do leta 2020 morajo biti vse nove stavbe skoraj nič energijske,
- do leta 2018 je potrebno zagotoviti, da bodo vse nove javne stavbe skoraj nič energijske, saj morajo biti zgled preostalim [4].

Omenjeni direktivi EPBD sta se v slovenski pravni red prenesli z vrsto zakonov in pravilnikov:

a) Zakon o graditvi objektov (ZGO-1)

Opredeľuje metodologijo računa in minimalne zahteve za novogradnje in večje prenove.

- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES 2010
- Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah
- Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

b) Energetski zakon (EZ)

Predpisuje energetske izkaznice, študije izvedljivosti alternativnih energetskih sistemov in redne preglede klimatizacijskih sistemov.

- Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb;
- Pravilnik o metodologiji izdelave in vsebini študije izvedljivosti alternativnih sistemov za oskrbo stavb z energijo.

c) Zakon o varstvu okolja (ZVO-1)

Predpisuje redne preglede kotlov, govori o načinu in pogojih izvajanja obvezne državne gospodarske javne službe izvajanja meritev, pregledovanja in čiščenja kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov zaradi varstva okolja in učinkovite rabe energije ter varstva človekovega zdravja in varstva pred požarom [7].

## 2.1 Energetska izkaznica

Direktiva EPBD (2002/91/ES) je zahtevala uvedbo energetskih izkaznic stavb v državah Evropske unije (EU) najkasneje do leta 2006 oz. do leta 2009, v kolikor državi primanjkuje neodvisnih usposobljenih strokovnjakov za izvajanje te naloge. Prenovljena direktiva EPBD (2010/31/EU) je nedavno prinesla nova določila, ki zahtevajo večjo razširjenost energetske izkaznice stavbe v javnem sektorju, navedbo razreda energetske učinkovitosti pri trženju stavb, poudarek pa je tudi na zagotavljanju kakovosti energetskega certificiranja stavb [7].

V Sloveniji je energetsko izkaznico uvedel Energetski zakon že konec leta 2006, ki je tudi določil skrajne datume za uvedbo izkaznic posamezni skupini stavb, ki so danes že krepko mimo, saj ni bilo ustreznih podzakonskih aktov, zapletlo se je pri usklajevanju metodologije in zaradi zamud s pričetki usposabljanja strokovnjakov, itd. [8]. S 4. julijem 2013 so v Sloveniji tudi v praksi vzpostavili vse formalne pogoje za izdelovanje in izdajanje energetskih izkaznic za obstoječe stavbe in novogradnje. Energetsko izkaznico lahko izdelujejo neodvisni strokovnjaki z licenco na zahtevo stranke.

Vsebovati mora:

- kazalnike energijske učinkovitosti stavbe;
- referenčne vrednosti iz zakonodaje in
- priporočila za ukrepe povečanja energijske učinkovitosti.

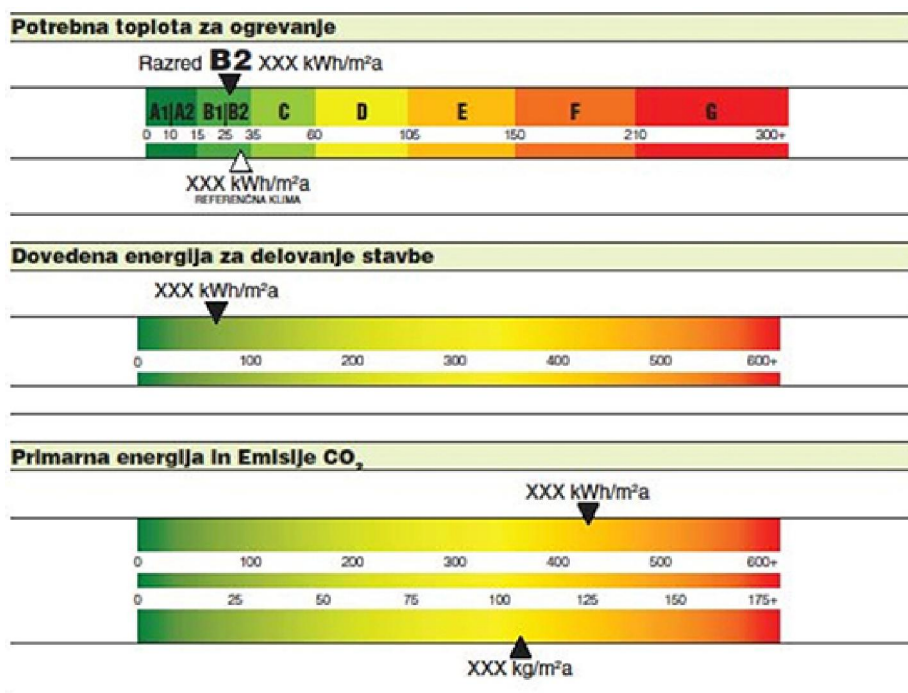
Na podlagi Energetskega zakona je potrebno izkaznico izdelati za vse stavbe, ki se prodajajo ali oddajajo v najem za obdobje daljše od 1 leta. Večstanovanjski objekt z vsaj štirimi etažnimi enotami, ki je bil zgrajen do leta 1980 mora pridobiti energetsko izkaznico najkasneje do leta 2015. Večstanovanjski objekt, ki pa je bil zgrajen po letu 1980 mora pridobiti izkaznico najkasneje do leta 2030.

Poznamo dve vrsti izkaznic:

**Računska energetska izkaznica (rEI)** se uporablja za vse novogradnje, celovite obnove objektov in obstoječe stanovanjske stavbe, ki so namenjene za prodajo ali najem. Energijski kazalci rabe energije se izračunajo po standardu SIST EN ISO 13790 in na podlagi potrebnih nacionalnih robnih pogojev. V izkaznici se stavbo uvrsti v razred energetske učinkovitosti glede na letno potrebno toploto za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine stavbe.

Kazalniki računske energetske izkaznice:

- letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe  $Q_{nh}$  (kWh/m<sup>2</sup>a) (pomeni toplotno potrebo stavbe zaradi transmisijskih in ventilacijskih toplotnih izgub, zmanjšano za pritoke sončnega sevanja in notranjih toplotnih virov)
- letna dovedena energija za delovanje stavbe  $Q(f)$  (kWh/m<sup>2</sup>a) (pomeni celotno končno energijo ki jo stavba potrebuje za potrebe ogrevanja, hlajenja, priprave tople vode, razsvetljave in energijo sistema za prezračevanje)
- letne emisije CO<sub>2</sub> (kg/m<sup>2</sup>a) (pomenijo emisije zaradi delovanja stavbe na enoto kondicionirane površine stavbe)



Slika 1: Kazalniki računske energetske izkaznice (vir: [9])

**Merjena energetska izkaznica (mEI)** je namenjena samo obstoječim nestanovanjskim stavbam, saj se pri najemu ali prodaji take stavbe, način uporabe ne bistveno spremeni. Energijski kazalci se bodo

določili na podlagi podatkov o dobavljeni energiji za obdobje 3 let (iz zanesljivih virov) in energetskega pregleda stavbe:

- letna dovedena energija, namenjena pretvorbi v toploto na enoto uporabne površine ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ),
- letna poraba električne energije zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine ( $\text{kWh/m}^2\text{a}$ ),
- letne emisije  $\text{CO}_2$  ( $\text{kg/m}^2\text{a}$ ) zaradi delovanja stavbe na enoto uporabne površine.

### **3 PREDSTAVITEV IN ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA**

#### **3.1 Predstavitev objekta**

Obravnavani večstanovanjski objekt se nahaja v okolici Kopra, natančneje na naslovu Cesta na Markovec 27. Nekdanje podjetje SGP Gorica je leta 1971 načrtovalo in izvedlo sklop sedmih enakih blokov vzdolž ceste.

Objekt se nahaja na nadmorski višini + 60,9 m in meri 22,8 m v dolžino ter 15,8 m v višino. Na nivoju kleti in garaž znaša širina 10,2 m v pritličju in nadstropjih pa 8,6 m. Objekt je iz južne strani vkopan do višine 2,4 m, na vzhodni in zahodni strani pa teren pada proti nuli. Po prvotnih načrtih naj bi bil blok iz južne strani vkopan do višine 5,2 m vendar so očitno tekom gradnje izvedli nizek oporni zid in nivo terena znižali na nivo tal pritličja. Način gradnje je tipičen za stavbe grajene okrog leta 1970. Zunanji zidovi so iz opečnih votlakov debeline 29 cm ometane iz notranje in zunanje strani, streha je dvokapna, sestavljena iz lesenih tramov ter opečnih korcev postavljenih na planetah. Medetažna konstrukcija je armiranobetonska plošča (v nadaljevanju AB plošča) debeline 14cm. Objekt je v večini neizoliran, razen južne stene proti terenu in strop proti podstrešju, ki imata okrog 3 do 5 cm mineralne volne. V naslednjem poglavju bom natančneje predstavil sestavo posameznih konstrukcijskih sklopov (v nadaljevanju KS).



Slika 2: Slika obravnavanega večstanovanjskega objekta na Markovcu pri Kopru- severna fasada

Vsak od sedmih blokov je pet etažni in zasnovan tako, da ima klet, pritličje z dvema stanovanjema in tri nadstropja s šestimi stanovanji. Stanovanja obsegajo 74 kvadratnih metrov površine. Klet obsega vhod, šest garaž in šest kletnih prostorov. V pritličju sta dve stanovanji, ki vsebujeta predprostor, kuhinjo, kopalnico, ločeno stranišče, dnevno sobo z balkonom, 2 spalnici in ropotarnico. V treh nadstropjih pa ima vsako stanovanje predprostor, kuhinjo, kopalnico, ločeno stranišče, dnevno sobo z balkonom, 2 spalnici in kabinet oziroma sobo. Enoramne stopnice povezujejo vhod s pritličjem, dvoramne stopnice pa pritličje z ostalimi nadstropji. Dostop do podstrešja je skozi loputo nad zadnjim podestom.

### 3.2 Sestava konstrukcijskih sklopov

S pomočjo načrtov bloka, katere smo pridobili na gradbenem podjetju v Kopru, ki je prevzelo dokumentacijo propadlega podjetja SGP Gorica, smo razbrali podatke o dimenzijah stavbe in sestavi konstrukcijskih sklopov. Preveriti želimo ali je bil objekt načrtovan v skladu s takrat veljavnimi predpisi na tem območju. Za izračun toplotne prehodnosti posameznih sklopov, uporabimo program TEDI. V zbirki materialov se izbere ustrezeni material in poda debelino, program pa preračuna toplotno prehodnost podanega konstrukcijskega sklopa. Vrstni red navajanja sledi od notranje toplejše strani proti zunanji. Na preglednicah 1-5 so predstavljene sestave in toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov.

Preglednica 1: Sestava zunanje stene

Sestava KS- zunanja stena (804 m <sup>2</sup> )		
št. plasti	material	d (cm)
1	notranji omet	3.0
2	opečni votlak	29.0
3	zunanji omet	3.0
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 1.250 ≤ 1.68 Ustreza!		

Preglednica 2: Sestava stropa proti neogrevanemu podstrešju

Sestava KS- strop proti neogrevanemu podstrešju (174.6 m <sup>2</sup> )		
št. plasti	material	d (cm)
1	cementni estrih	4.0
2	min. volna	5.0
3	beton iz kamn. agregata	14.0
4	apnena malta	1.5
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 0.654 ≤ 1.16 Ustreza!		

Preglednica 3: Sestava zunanje stene proti terenu

Sestava KS- zunanja stena proti terenu		
št. plasti	material	d(cm)
1	notranji omet	3.0
2	blok iz plinobetona in penobetona	7.5
3	min. volna	3.0
4	beton iz kamn. agregata	19.0
5	bitumenski trak (HI)	0.5
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 0.754 ne nastopa v analizirani stavbi		

Preglednica 4: Sestava tal na terenu

Sestava KS- tla na terenu		
št. plasti	material	d (cm)
1	keramične ploščice	1.0
2	cem. estrih	4.0
3	beton iz kamn. agregata	6.0
4	bitumenski trak in premaz	1.0
5	beton iz kamn. agregata	8.0
6	prodec (nasutje)	20.0
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 1.790 ne nastopa v analizirani stavbi		

Preglednica 5: Sestava tal nad neogrevanim prostorom

Sestava KS- tla nad neogrevanim prostorom- nad kletjo (173.5 m <sup>2</sup> )		
št. plasti	material	d (cm)
1	hrastov parket	2.5
2	mehka iverka	2.4
3	pesek in droben prodec (mivka)	2.3
4	beton iz kamn. agregata	14.0
5	apnena malta (omet)	1.5
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 1.140 ≥ 1.04 Ne ustreza!		

Objekt je bil načrtovan leta 1971, v veljavi pa je bil Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb (uradni list SFRJ 35/70), ki je predpisoval naslednje največje dovoljene toplotne prehodnosti U (W/m<sup>2</sup>K) elementov ovoja zgradbe[6]:

Preglednica 6: Največja dovoljena toplotna prehodnost U konstrukcijskih sklopov (ur.l. SFRJ 35/70)

	Klimatska cona	Zunanja stena	Stene med stanovanji	Stene proti terenu	Strop med stanovanji	Tla na terenu	Strop proti podstrešju	Strop nad kletjo	Ravne strehe
Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za toplotno zaščito stavb (uradni list SFRJ 35/70)	I	1.68	1.97		1.39	0.93	1.16	1.04	0.93
	II	1.45	1.86	/	2.32				
	III	1.28	1.62						

Objekt spada v 1. klimatsko cono in kakor lahko opazimo iz preglednic 1-6, je bil v večini korektno projektiran in izpolnjuje zahteve tedanjega pravilnika o toplotni prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov. Izjema so tla na terenu, saj imajo višjo toplotno prehodnost od maksimalne dovoljene in strop nad kletjo, kateri je v več izvedbah in sestavah v odvisnosti ali gre za tla v dnevnih prostorih, kuhinji ali kopalnici.

Današnji veljavni predpisi opredeljujejo mnogo strožje vrednosti mejnih toplotnih prehodnosti  $U_{max}$ , katere objekt dandanes ne izpolnjuje. Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah PURES-2 2010 (v nadaljevanju Pures) in Tehnična smernica TSG-1-004:2010 (v nadaljevanju Tehnična smernica) [20], v tabeli 1 določa največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti elementov zunanje površine stavbe. V preglednici 7 so navedeni zgolj podatki, ki pridejo v poštev v tem primeru, v celoti je v tabeli predpisanih 17 mejnih vrednosti.



Preglednica 7: Vrednosti največje dovoljene toplotne prehodnosti  $U_{\max}$  [20] in izračunane vrednosti  $U$  za trenutno stanje obravnavanega objekta

	Gradbeni elementi stavb, ki omejujejo ogrevane prostore	$U_{\max}$ [W/m <sup>2</sup> K]	$U_{\text{trenutno}}$ [W/m <sup>2</sup> K]
1	Zunanje stene in stene proti neogrevanim prostorom	0.28	1.25
2	Stene med stanovanji in stene proti stopniščem, hodnikom in drugim manj ogrevanim prostorom	0.7	1.94
3	Tla na terenu	0.35	1.79
4	Tla nad neogrevano kletjo, neogrevanim prostorom ali garažo	0.35	1.14
5	Strop proti neogrevanemu prostoru, strop v sestavi ravnih ali poševnih streh	0.2	0.654
6	Vertikalna okna ali balkonska vrata	1.3	1.28

V nadaljevanju naloge se bomo posvetili predvsem ukrepom za izboljšanje toplotne prehodnosti zunanje stene, stropa proti neogrevanemu podstrešju in tlom nad neogrevano kletjo. Stavbno pohištvo je bilo v zadnjih letih že zamenjano v lastni režiji, z novimi PVC okni, zato celotna zamenjava ni ekonomična, bomo pa v izračunih vseeno primerjali vpliv različnih zasteklitev in ostalih posegov na potrebo po letni toploti za ogrevanje stavbe.

### 3.3 Računalniška programa TEDI in TOST

V diplomski nalogi sem uporabil dva računalniška programa za izračun energetskih lastnosti stavb. Avtorja obeh programov sta prof. dr. Aleš Krainer in Rudi Perdan iz Katedre za stavbe in konstrukcijske elemente, UL FGG.

Program TEDI [11], je program, za račun in analizo toplotnega prehoda in difuzije vodne pare skozi večplastne konstrukcijske sklope po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. V TEDI vnašamo podatke o sestavi konstrukcijskega sklopa (v nadaljevanju KS), program pa nam sproti preračunava toplotno prehodnost elementa in nam poda rezultat o njegovi ustreznosti.

Program TOST [12], omogoča račun energetske bilance stavbe oziroma izdelavo poročila o ustreznosti toplotne zaščite stavbe po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah, v skladu s SIST EN ISO 13790:2008 in TSG-1-004:2010. Program omogoča izračun porabe toplote za ogrevanje in hlajenje stanovanjskih in nestanovanjskih stavb po mesečni ali sezonski metodi. Razdeljen je na

delovne liste, uporablja pa okolje Excel. V prvem delu je potrebno podati vhodne podatke o stavbi in robne pogoje (koordinate stavbe, podobdobja, senčenje, dimenzije, cone, prehodnosti KS, itd.), v drugem delu pa program glede na podane vhodne podatke prikaže rezultate izračuna. Širša razlaga uporabe programa je na voljo v uporabniškem priročniku [13].

### 3.4 Eko sklad

Eko sklad je javni finančni sklad, ki spodbuja razvoj na področju varstva okolja z dajanjem kreditov oziroma poroštev za okoljske naložbe in z drugimi oblikami pomoči. Sklad spodbuja naložbe, ki so v skladu z nacionalnim programom varstva okolja in z okoljsko politiko Evropske unije. Dejaven je predvsem na področjih za:

- kreditiranje naložb varstva okolja s krediti z ugodno obrestno mero,
- izdajanje garancij in drugih oblik poroštev za naložbe varstva okolja,
- ekonomsko, finančno in tehnično svetovanje ter
- naloge, ki se nanašajo na izvajanje politike varstva okolja.

Namen Eko sklada je tudi dajanje nepovratnih finančnih spodbud. Za leto 2013, je sklad objavil naslednje javne pozive za dodeljevanje nepovratnih finančnih spodbud:

- občanom za nove naložbe rabe obnovljivih virov energije in večje energijske učinkovitosti stanovanjskih stavb,
- občanom za nove naložbe rabe obnovljivih virov energije in večje energijske učinkovitosti večstanovanjskih stavb (19SUB-OB13),
- občanom in pravnim osebam za baterijska električna vozila in za vozila na stisnjen zemeljski plin ali bioplin za javni potniški promet [14].

V našem primeru je zanimiva druga alineja in sicer nepovratne finančne spodbude občanom za nove naložbe rabe obnovljivih virov energije in večje energijske učinkovitosti večstanovanjskih stavb. Nepovratna finančna sredstva je mogoče dobiti za naslednje ukrepe:

- A. toplotna izolacija fasade
- B. toplotna izolacija strehe ali stropa proti neogrevanemu prostoru
- C. vgradnja naprave za centralno ogrevanje na obnovljiv vir energije in
- D. vgradnja termostatskih ventilov ter hidravlično uravnoteženje ogrevalnih sistemov.

Koraki do subvencije:

1. Pred izvedbo se pridobi predračun, izpolnjeni formular se pošlje na sklad. Pomembno je, da se vlogo pošlje na Eko sklad pred začetkom vseh del.
2. Eko sklad pregleda in obravnava vlogo.
3. Pri popolni vlogi sklad izda vlagatelju v treh mesecih odločbo in pogodbo.
4. Vlagatelj podpisano pogodbo vrne Eko skladu v 15-ih dneh od vročitve.

5. Običajno je na voljo 6 mesecev oziroma 12 mesecev pri večstanovanjskih stavbah za izvedbo naložbe.
6. Vlagatelj Eko skladu predloži zaključno dokumentacijo za izplačilo (izjavo o zaključku naložbe in zahtevane priloge).
7. V primeru popolne zaključne dokumentacije je izplačilo subvencije v 30-ih dneh od prejema zahtevka.

## **4 PREDSTAVITEV UKREPOV IN MOŽNIH VARIANT SANACIJE TOPLOTNEGA OVOJA STAVBE**

### **4.1 Toplotna izolacija fasade**

Fasadni sistemi skrbijo za toplotno izolacijo in zaščito stavbe pred vremenskimi vplivi. Primerni so za novogradnje in sanacije stavb. Z njimi se trajno izboljša gospodarjenje z energijo, zavedati se pa moramo, da lahko le pravilna izvedba sistema zagotovi optimalne rezultate. Evropski in s tem tudi slovenski predpisi zavezujejo vse ponudnike (trgovce in/ali proizvajalce fasadnih sistemov) k dobavi celovitih in odobrenih sistemov ETICS, označenih z znakom CE.

Kot dokazila o primernosti, veljajo za fasadne sisteme v Sloveniji naslednji pogoji:

- predložitev evropskega tehničnega soglasja na podlagi smernice ETAG 004 ali CUAP,
- znak CE in ustrezna izjava o lastnostih skladno z uredbo o gradbenih proizvodih (305/2011), ki jo zagotovi proizvajalec sistema [15].

Znak CE potrjuje, da proizvod izpolnjuje zahteve iz evropskih direktiv, ETAG pa so smernice za podelitev evropskih tehničnih soglasij (ETA) in so podlaga za ocenjevanje gradbenih proizvodov in podelitev evropskega tehničnega soglasja.

Fasadni sistem sestavljajo naslednje komponente:

- lepilo (lepilna malta),
- toplotna izolacija,
- pritrdila (sidrni vložki in vijaki),
- osnovni omet,
- armatura (armirna mreža iz steklenih vlaken),
- dekorativni zaključni omet z osnovnim premazom,
- deli pribora, kot so vogalnik z mrežico, zaključni profili, dilatacijski profili, izolacijski elementi itd.

Pri izbiri toplotne izolacije fasade oziroma fasadnega sistema je pri višjih stavbah potrebno upoštevati zahteve glede požarne varnosti. V tej povezavi sta najbolj pomembna Pravilnik o požarni varnosti v stavbah in Tehnična smernica TSG-1-001:2010. Skladno s Tehnično smernico je v smislu požarne

varnosti oziroma razreda gorljivosti oblog zunanjih sten pri večini stavb glede na višino in namen uporabe razdeljena v naslednje razrede:

Preglednica 8: Zahteve glede razreda gorljivosti glede na višino stavbe [16]

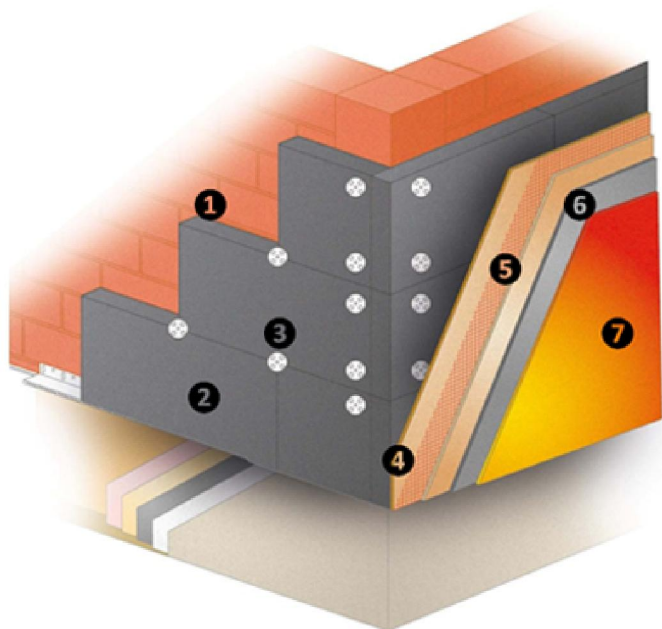
Višina stavbe	Razred gorljivosti
Do 10 m	D-s2, d1
10 do 22 m	B-d1 <sup>1)</sup>
več kot 22 m	Negorljivo, A1 in A2 po SIST EN 13501-1

»Za stavbe z višino od 10 do 22m se lahko uporablja fasadni sistem razreda najmanj B-d1. Če je zahtevana požarna ločitev med etažami, se širjenje požara v predelu nad okni ali vrati omeji tako, da se pas gorljive izolacije zamenja z negorljivo izolacijo, višine najmanj 20 cm, pas negorljive izolacije pa sega najmanj 30 cm prek roba okna ali vrat. Negorljiva izolacija mora biti pritrjena s sidri. Zamenjava gorljive z negorljivo izolacijo ni potrebna, če je sloj izolacije tanjši od 10 cm [16].«

Za toplotno izolacijo fasade objekta izberemo fasadni sistem Demit Original, s ploščami iz ekspaniranega polistirena (EPS) s toplotno prevodnostjo  $\lambda = 0.039$  W/mK. Za podzidek fasade pa smo izbrali plošče iz ekstrudiranega polistirena Demit Stirocokel 037 višine 50 cm, kakor je razvidno tudi v popisu del. Fasadni sistem se glede na požarno varnost in odziva fasade na ogenj uvršča v Eurorazred B in ustreza predvidenemu namenu uporabe (višina obravnavanega objekta je 15.5m). Potrebno je omeniti še, da požarne lastnosti materialov ki so vgrajeni v fasadni sistem, niso vedno enako požarnim lastnostim sistemov. Na primer izbrani fasadni sistem Demit se uvršča skladno s standardom SIST EN 13501 v Eurorazred B, čeprav se stiropor (EPS) razvršča v Eurorazred E [17].

Sestava fasadnega sistema Demit je naslednja:

1. Demit Stirofix lepilo
2. Demit Original 039 fasadna plošča (EPS)
3. Demit pritrdilno sidro
4. Demit Original malta
5. Demit armirna mrežica
6. Demit Primer prednamaz
7. Demit zaključni omet



Slika 3: Sestava fasadnega sistema Demit Original [18]

V našem primeru, smo izbrali tri variante debeline toplotne izolacije fasade, na podlagi katerih smo kasneje tudi izračunali doprinos oziroma vpliv na letne potrebe po ogrevanju stavbe  $Q_{nh}$ . Prva opcija je izbira debeline toplotne izolacije fasade v meri, da zadostimo pogojem Puresa o maksimalni toplotni prehodnosti konstrukcijskega sklopa. Druga varianta so nekoliko strožji pogoji za pridobitev nepovratnih sredstev Eko sklada, tretjo varianto smo pa izbrali še strožje pogoje, da namestimo toplotno izolacijo v takšni debelini, da zadostimo izbranim pogojem za nizkoenergijske stavbe. Imena posameznih variant smo določili smiselno po kriterijih, da lažje ločimo posamezne variante in izvedbe.

#### 4.1.1 Pures

Za zadostitev pogoja največje dovoljene toplotne prehodnosti po Pures-2-2010,  $U \leq 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$  za zunanjo steno, bi zadostovalo v našem primeru 11 cm izbrane toplotne izolacije, vendar to ni standardna debelina ekspandiranega polistirena, zato izberemo 12 cm. Sestava zunanje stene za primer Pures je predstavljena v preglednici 9, za ostali dve varianti pa se spremeni le debelina toplotne izolacije.

Preglednica 9: Sestava in U zunanje stene- Pures

Sestava KS- zunanja stena		
št. plasti	material	d (cm)
1	notranji omet	3.0
2	opečni votlak	29.0
3	zunanji omet	3.0
4	Demit fasadne plošče EPS	12.0
5	mavčna malta na rabić mrežici	1.0
Toplotna prehodnost U (W/m <sup>2</sup> K): U= 0.257		
Pures 2010: U <sub>max</sub> = 0.28 izpolnjeno		

#### 4.1.2 Eko sklad

Za pridobitev nepovratne finančne spodbude Eko sklada, so mejne vrednosti nekoliko strožje od trenutnega pravilnika Pures-2 in sicer mora biti fasada izvedena z najmanj 15cm izolacijskega materiala s toplotno prevodnostjo  $\lambda \leq 0.045$  W/mK ali ustrezno debelino drugega izolacijskega materiala (d), da bo razmerje  $\lambda/d \leq 0.30$  W/m<sup>2</sup>K. V našem primeru zadostimo pogoju s 14cm ekspaniranega polistirena, toplotna prehodnost zunanje stene je tako U= 0.227 W/m<sup>2</sup>K.

- 14 cm EPS
- U= 0.227 W/m<sup>2</sup>K

#### 4.1.3 Nizkoenergijski razred

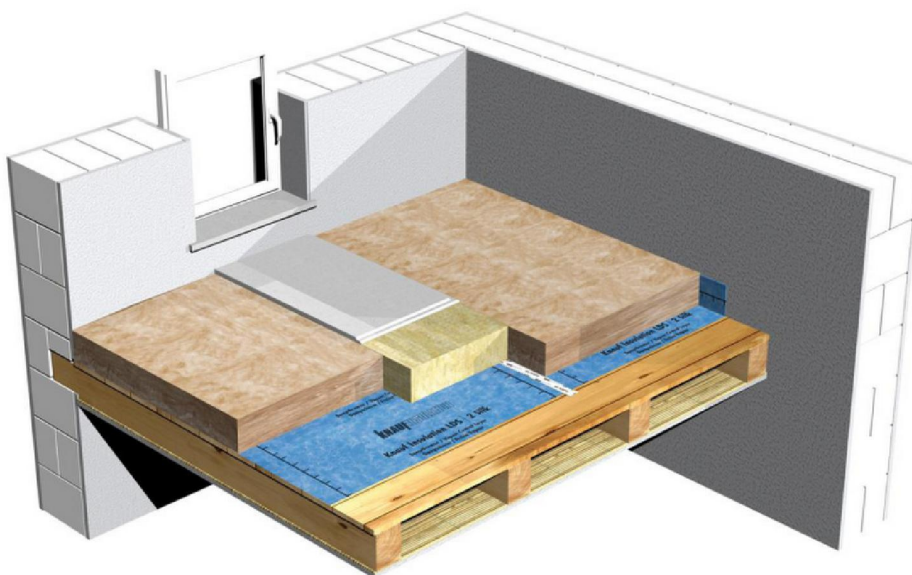
Za nizkoenergijski razred smo izbrali pogoj, da mora biti fasada izvedena z izolacijskim materialom debeline d, da bo razmerje  $\lambda/d \leq 0.18$  W/m<sup>2</sup>K kar v našem primeru predstavlja U= 0.177 W/m<sup>2</sup>K. V tem primeru moramo v fasadni sistem vgraditi kar 22 cm ekspaniranega polistirena. Toplotna prehodnost zunanje stene je v tem primeru U=0.155 W/m<sup>2</sup>K.

- 22 cm EPS
- U=0.155 W/m<sup>2</sup>K

#### 4.2 Toplotna izolacija stropa proti podstrešju

Podstrešje je v našem primeru neuporabno in služi zgolj kot servisni ali skladiščni prostor. V takšnih primerih je ogrevanje podstrešij nesmiselno, zato se toplotne izolacije ne vgrajujejo v ostrešje, ampak v zadnjo konstrukcijo, ki meji na neogrevan prostor. V našem primeru izoliramo tla na podstrešju. Izvedba izolacije tal na podstrešju velja za najbolj enostaven in obenem zelo učinkovit poseg na ovoju stavbe [19]. Najprej je potrebno razmisliti v kakšen namen bo podstrešje uporabljano in glede na to predvideti vrsto izolacije. Tukaj imamo tri variante:

- Neuporabno in v celoti nepohodno podstrešje pomeni, da se po tleh enostavno položi mehki izolativni filc. V primeru lesenega ostrešja, se pod izolacijo položi še paro oviro.
- Če podstrešje služi kot pomožni prostor (skladišče), mora biti izolacijski material pohoden. Na tla se položi sekundarno kritino kot zaščito, nato trde izolacijske plošče in preko njih suhomontažne pohodne plošče.
- V praksi je najpogostejša kombinacija- podstrešje se ne uporablja, vendar je tam dimnik, okno ali kaj drugega, zato mora biti del podstrešja pohoden. V takšnem primeru je smiselno in ekonomično pohodno narediti le ozko revizijsko pot s trdimi izolacijskimi ploščami in pohodnim slojem, na ne pohodnem delu pa zgolj položimo mehki izolacijski filc. Predhodno po celotni površini položimo parno oviro.



Slika 4: Prikaz toplotne izolacije podstrešja s pohodnim in ne pohodnim delom [19]

Kakor smo že prej omenili uporabimo v našem primeru tretjo varianto, po principu prikazanem na sliki 4. Za pohodni del uporabimo trde plošče iz kamene volne DF in pohodni sloj, za nepohodni del pa uporabimo mehko stekleno volno Knauf Insulation Classic 040. Po celotni površini se pod toplotno izolacijo (na toplejšo stran) namesti parna ovira. Tudi v tem primeru smo upoštevali tri variante debeline toplotne izolacije. V računu toplotne prehodnosti sem upošteval stekleno volno Knauf insulation Classic ( $\lambda=0.040$  W/mK) po celotni površini. Trde plošče iz kamene volne imajo nekoliko boljšo prevodnost ( $\lambda=0.037$  W/mK) in upoštevamo ustrezno manjšo debelino da izpolnimo pogoje toplotne prehodnosti KS (na primer če uporabimo 24cm steklene volne Classic 040, uporabimo 22 cm kamene volne DF za revizijsko pot).

#### 4.2.1 Pures

Novi Pures predpisuje največjo dovoljeno toplotno prehodnost  $U \leq 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$  za strop proti podstrešju, kar v našem primeru zadostimo s 15cm toplotne izolacije iz steklene volne Knauf Insulation Classic 040. Na obstoječo ploščo pod toplotno izolacijo položimo parno oviro. Sestava konstrukcijskega sklopa je predstavljena v preglednici 10, v ostalih dveh variantah se spremeni le debelina toplotne izolacije.

Preglednica 10: Sestava stropa proti podstrešju- Pures

Sestava KS- strop proti neogrevanemu podstrešju		
št. plasti	material	d (cm)
1	min. in steklena volna	15.0
2	PE folija	0.02
3	cementni estrih	4.0
4	min. volna	5.0
5	beton iz kamn. agregata	14.0
6	apnena malta	1.5
Toplotna prehodnost U ( $\text{W/m}^2\text{K}$ ): $U = 0.193$		
Pures 2010: $U_{\max} = 0.20$ izpolnjeno		

#### 4.2.2 Eko sklad

Sklad predpisuje izvedbo toplotne izolacije strehe ali stropa proti neogrevanemu prostoru z najmanj 25 cm izolacijskega materiala s toplotno prevodnostjo  $\lambda = 0.045 \text{ W/mK}$  ali ustrezno debelino drugega izolacijskega materiala (d), da bo razmerje  $\lambda/d \leq 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$ . V našem primeru zadostimo pogoju s 24 cm steklene volne (v izvedbi 12cm + 12cm). Toplotna prehodnost stropa proti podstrešju je  $U = 0.135 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

- 24 cm steklene volne
- $U = 0.135 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### 4.2.3 Nizkoenergijski razred

V tem primeru smo izbrali pogoj, da mora biti strop proti podstrešju izveden z izolacijskim materialom debeline d, da bo razmerje  $\lambda/d \leq 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$ , za kar potrebujemo 26 cm steklene volne. Toplotna prehodnost zunanje stene je v tem primeru  $U = 0.127 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

- 26 cm steklene volne
- $U = 0.127 \text{ W/m}^2\text{K}$



### 4.3 Toplotna izolacija stropa kleti

Kot tretji možni ukrep sanacije toplotnega ovoja je toplotna izolacija tal nad neogrevano kletjo. Za omenjeni ukrep nepovratne finančne spodbude sklada niso na voljo, vendar v nalogi preverimo smiselnost ukrepa torej, koliko bi ukrep vplival na zmanjšanje potrebe po ogrevanju. Kakor bomo predstavili v naslednjem poglavju, smo variante kjer dodatno vključimo tudi ukrep toplotne izolacije stropa kleti poimenovali s »+« (Pures+ , Ekosklad+) in nizkoenergijski (NE) razred.

Iz spodnje strani predvidimo namestitev toplotne izolacije iz lamel kamene volne npr. Fasrock L fasadne lamele s toplotno prevodnostjo  $\lambda=0.042$  W/mK. Na sliki 5 je prikazana toplotna izolacija iz kamene volne. Zaradi izgleda in požarne varnosti toplotno izolacijo obdelamo na podoben način kakor pri fasadi, le brez zaključnega barvnega sloja.



Slika 5: Primer toplotne izolacije fasadnih lamel iz kamene volne (vir [20])

#### 4.3.1 Pures in Eko sklad

Da zadostimo pogojem Puresa po največji dovoljeni toplotni prehodnosti tal nad neogrevano kletjo  $U \leq 0.35$  W/m<sup>2</sup>K, bi zadoščalo 9 cm izbrane izolacije. Ker pa to ni standardna debelina fasadnih lamel, predvidimo 10 cm izbrane toplotne izolacije za obe varianti sanacije Pures+ in Ekosklad+:

- 10 cm Fasrock L
- $U=0.31$  W/m<sup>2</sup>K

Sestavo saniranega stropa nad neogrevano kletjo za opisani primer prikazuje preglednica 11. V primeru nizkoenergijskega razreda se spremeni le debelina toplotne izolacije in posledično toplotna prehodnost U.

#### 4.3.2 Nizkoenergijski razred

V drugem primeru izberemo strožji pogoj in sicer  $U \leq 0.25$  W/m<sup>2</sup>K, za kar uporabimo 14 cm kamene volne, kar uporabimo za izračun pri Nizkoenergijski varianti:

- 14 cm Fasrock L
- $U=0.250$  W/m<sup>2</sup>K

Preglednica 11: primer sestave stropa nad neogrevano kletjo (Pures+ in Ekosklad+)

Sestava KS- strop nad neogrevanim prostorom		
št. plasti	material	d (cm)
1	hrastov parket	2.5
2	mehka iverka	2.4
3	pesek in droben prodec (mivka)	2.3
4	beton iz kamn. agregata	14.0
5	apnena malta (omet)	1.5
6	Mineralna volna (kamena volna)	10.0
7	mavčna malta na rabić mrežici	1.0
Toplotna prehodnost $U$ ( $W/m^2K$ ): $U= 0.31$		

## 5 IZRAČUN POTREBNE TOPLOTE ZA OGREVANJE $Q_{NH}$

Kakor lahko opazimo iz predstavljenih podatkov o obstoječem stanju objekta, je objekt v večini neizoliran, zato pričakujemo, da je energetsko potraten in potreben obnove. V nadaljevanju tako predstavimo postopek izračuna trenutne energetske bilance neizoliranega objekta in primerjamo možne variante ukrepov toplotne izolacije ovoja stavbe in pripadajoče računске vrednosti potrebne toplote za ogrevanje, s katerimi lahko uvrstimo stavbe v energetske razrede.

V Tehnični smernici so v poglavju 9.2 podani robni pogoji oziroma predpostavke za izračun letne potrebne toplote za ogrevanje. V postopku izračuna potrebno energijo za ogrevanje/hlajenje določimo na osnovi toplotne bilance na nivoju cone. Upoštevajoč le senzibilno toploto se v izračunu upošteva:

- transmisijske toplotne tokove med cono in zunanjim okoljem stavbe,
- ventilacijske toplotne tokove med cono in zunanjim zrakom,
- ventilacijske in transmisijske toplotne tokove med posameznimi conami,
- notranje toplotne dobitke in izgube,
- toplotne dobitke zaradi sončnega sevanja,
- akumulacijo toplote zaradi mase stavbe,
- potrebno energijo za ogrevanje (dovedena toplota za vzdrževanje minimalne temperature ogrevanja v coni),
- potrebno energijo za hlajenje (odvedena toplota za vzdrževanje maksimalne temperature hlajenja v coni) [21].

V ta namen smo uporabili program TOST, kateri je podrobneje opisan v prejšnjem poglavju. V postopku izračuna smo upoštevali naslednje robne pogoje:

➤ Notranja projektna temperatura:

Pozimi smo upoštevali notranjo projektno temperaturo 20°C, poleti 26°C ter 24-urno dnevno uporabo stanovanjske stavbe.

➤ Toplotne cone:

Objekt smo razdelili na 3 toplotne cone:

- ogrevano cono stanovanja,
- neogrevano cono podstrešje in
- neogrevano cono z neogrevano kletjo.

➤ Notranji toplotni viri:  $4x A_u$  [W]

➤ Toplotna kapaciteta stavbe: srednja

➤ Način upoštevanja toplotnih mostov: poenostavljen način

➤ Faktor okvirja oken: 0.7

➤ Prezračevanje:

Za obe neogrevani coni (podstrešje in klet) upoštevamo  $n = 0.9 \text{ h}^{-1}$ , za ogrevano cono (stanovanja) pa upoštevamo  $n = 0.5 \text{ h}^{-1}$ , razen za prvotno neizolirano stanje upoštevamo  $n = 0.9 \text{ h}^{-1}$  tudi za ogrevano cono.

➤ Vrsta stavbe: večstanovanjska stavba, šifra 11221

## 5.1 Vhodni podatki

### 5.1.1 Klimatski podatki

V klimatskih podatkih podamo koordinate objekta. S pomočjo spleta, določimo globalni koordinati X in Y, program pa na tej osnovi iz podatkovne baze izbere ustrezne klimatske podatke. Za obravnavani objekt, ki se nahaja v okolici Kopra (s koordinatama X: 44401.3, Y: 400140.3), so podatki predstavljeni v preglednici 12:

Preglednica 12: Klimatski podatki iz programa TOST

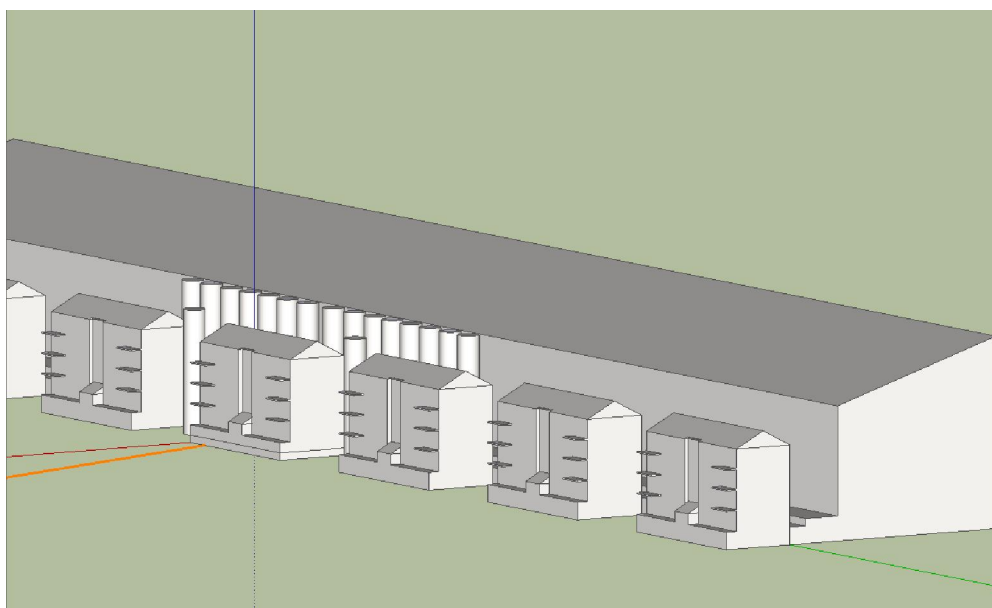
Klimatski podatki	
Temperaturni primanjkljaj DD (dan K)	2100
Projektna temperatura (°C)	-4
Povprečna letna temperatura (°C)	13.6
Letna sončna energija (kWh/m <sup>2</sup> )	1283
Trajanje ogrevalne sezone (dan)	200
Začetek ogrevalne sezone (dan)	290
Konec ogrevalne sezone (dan)	125

### 5.1.2 Osončenost objekta

V tem poglavju smo želeli preveriti osončenost objekta, saj se večstanovanjski objekt nahaja na Markovcu pri Kopru, pod vznožjem hriba, ki se za blokom dviga in tako senči stavbo. Predvidevamo, da teren in drevesa na južni strani objekta negativno vplivata na osončenost stavbe, kar posledično vpliva na zmanjšanje solarnih dobitkov. V Tehnični smernici TSG-1-004:2010, so v poglavju 2.2 Arhitekturna zasnova podane zahteve glede minimalne osončenosti objektov. Ta določa, da sončnemu sevanju izpostavljena površina zunanje ovoja stavbe (zunanje stene in streha), mora biti osončena od povprečne višine 1m nad terenom navzgor, v času:

- zimskega solsticija (21.12.) najmanj 2 uri, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 30^\circ$  odstopanja od smeri jug,
- ekvinokcija (21.3. in 23.9.), najmanj 4 ure, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 60^\circ$  odstopanja od smeri jug,
- poletnega solsticija (21.6.) najmanj 6 ur, upošteva se horizontalna projekcija vpadnega kota sonca v območju  $\pm 110^\circ$  odstopanja od smeri jug [20].

V ta namen smo uporabili program Google SketchUp v katerem se naredi model stavbe ter sosednjih stavb in objektov kateri lahko vplivajo na osončenost izbranega objekta. V mojem primeru to predstavljajo sosednji bloki vzdolž ulice in hrib za blokom. Ker hriba in dreves ni mogoče točno definirati, smo smiselno upoštevali višino dreves in naraščanje terena, s pomočjo podatkov pridobljenih s programom Google Earth in to zmodelirali kot pregrado na južni strani kot je razvidno iz slike 6. Objekti na severni strani pred obravnavanim blokom pa na senčenje ne vplivajo saj so dovolj odmaknjeni in precej nižji. Obravnavani objekt je postavljen v izhodišču koordinatnih osi.



Slika 6: Model obravnavanega objekta v programu Google SketchUp

S pomočjo spletnega kalkulatorja [22] lahko izračunamo dvižni kot sonca in azimut za podano lokacijo in datum [23]. Za primer 21.3. upoštevamo azimute (120°-240°), torej v mojem primeru upoštevam osončenost od 9.00-15.30. Prvi trije stolpci v preglednici 13 so pridobljeni s spletnim kalkulatorjem, zadnji stolpec pa je rezultat izračuna osončenosti s programom Google SketchUp. Temnejši del v tabeli predstavlja obseg podatkov katere upoštevamo v izračunu, glede na azimute za naš objekt.

Preglednica 13: Primer osončenosti za dan 21.3.2013

h:m	Elevation angle	Azimuth angle	osončenost (min)
08:30	23.62	115.83	7.305
08:45	25.96	119.06	7.17
09:00	28.21	122.42	6.45
09:15	30.39	125.93	5.835
09:30	32.47	129.58	5.685
09:45	34.44	133.41	5.43
10:00	36.28	137.41	5.37
10:15	37.99	141.6	5.34
10:30	39.55	145.97	5.295
10:45	40.93	150.54	5.145
11:00	42.13	155.28	5.175
11:15	43.13	160.2	4.905
11:30	43.91	165.25	4.875
11:45	44.47	170.43	4.725
12:00	44.79	175.68	4.695
12:15	44.87	180.96	4.74
12:30	44.71	186.24	4.59
12:45	44.31	191.47	4.275
13:00	43.68	196.61	4.2
13:15	42.82	201.62	4.455
13:30	41.76	206.48	4.32
13:45	40.49	211.17	3.945
14:00	39.05	215.68	3.84
14:15	37.45	219.99	3.885
14:30	35.69	224.12	3.765
14:45	33.8	228.06	3.705
15:00	31.8	231.83	3.585
15:15	29.69	235.43	3.435
15:30	27.49	238.89	3.345
15:45	25.21	242.21	3.225
16:00	22.86	245.4	3.075
skupaj:			125.01 (min)
			2.08(h)

Preglednica 14: Osončenost objekta

referenčni datumi:	21.3/23.9	21.6	21.12
osončenost objekta (h)	2.08	6.21	0.45
minimalna osončenost (h)	4h	6h	2h

Iz preglednice 14 je razvidno, da obravnavani objekt ne izpolnjuje pogojev Tehnične smernice o minimalni osončenosti objekta. Le 21.6. je objekt minimalno osončen, ostala dva referenčna datuma pa sta krepko pod minimalno osončenostjo. Sklepamo lahko, da pred štiridesetimi leti minimalne osončenosti morda niso upoštevali ali pa je bil takrat hrib neporaščen oziroma niso bila drevesa za blokom višja od bloka in tako objekta niso v taki meri senčila kakor danes.

Podobno kakor smo izračunali osončenost za referenčne dneve, izračunamo s programom SketchUp osončenost za posamezne orientacije objekta za vsak mesec posebej. Rezultati so podani v preglednici 15.

Preglednica 15: Faktor osončenosti  $F_{sh,ob}$  za posamezne fasade objekta, za posamezen mesec

mesec/fasada	STREHA	JUG	SEVER	VZHOD	ZAHOD
januar	0.46	0.00	0.00	0.07	0.01
februar	0.89	0.01	0.00	0.18	0.05
marec	0.99	0.20	0.00	0.36	0.11
april	1.00	0.40	0.07	0.42	0.24
maj	1.00	0.49	0.17	0.47	0.29
junij	0.98	0.55	0.22	0.48	0.30
julij	1.00	0.50	0.17	0.47	0.30
avgust	1.00	0.41	0.07	0.41	0.24
september	0.99	0.16	0.00	0.32	0.13
oktober	0.79	0.01	0.00	0.15	0.05
november	0.37	0.00	0.00	0.06	0.01
december	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00

Rezultate vpišemo v program Tost, kateri na tej osnovi izračuna solarne dobitke transparentnih delov ovoja stavbe. Vrednosti v tabeli predstavljajo faktor osončenosti objekta  $F_{sh,ob}$ , katere so med 0 in 1. V primeru če ni senčenja velja  $F_{sh,ob}=1$ , torej je površina 100% osončena.

### 5.1.3 Vhodni podatki po conah

Večstanovanjski objekt smo razdelili na 3 cone. Prva ogrevana cona predstavlja stanovanja in notranje stopnišče. Glede na to, da notranje stopnišče ne presega 20% ogrevane prostornine stavbe  $V_e$ , se po Tehnični smernici lahko povzame kot skupna toplotna cona. Druga cona je neogrevana cona podstrešje, tretja pa neogrevana cona z neogrevano kletjo, saj je objekt na južni strani vkopan do višine 2.4m.

V preglednici 16 so predstavljeni vhodni podatki posameznih toplotnih con, kjer predstavlja V prostornino cone z upoštevanjem zunanjih dimenzij, A pa površino cone z upoštevanjem notranjih tlorisnih površin.

Preglednica 16: Vhodni podatki toplotnih con obravnavane stavbe

	1. ogrevana cona stanovanja	2. neogrevana cona podstrešje	3. Neogrevana cona z neogrevano kletjo
V [m <sup>3</sup> ]:	2196.1	215.7	558.14
A [m <sup>2</sup> ]:	655.12	174.6	191.88
A <sub>zun. stena</sub> [m <sup>2</sup> ]:	607.18	18.6	44.14
A <sub>odprtina</sub> [m <sup>2</sup> ]:	109.07	0	35.14
A <sub>strehe</sub> [m <sup>2</sup> ]:	6.8	220.25	0

Za izračun potrebne toplote za ogrevanje stavbe, smo izračune razdelili na več variant glede na trenutno stanje konstrukcije in možne oblike prenove toplotnega ovoja. Variante izračuna smo smiselno poimenovali glede na stanje oziroma zahteve:

1. Prvotno stanje
2. Trenutno stanje
3. Pures in Pures+
4. Eko sklad in Eko sklad+
5. Nizko energijski razred

#### **Prvotno stanje:**

To stanje, kakor že ime nakazuje, predstavlja prvotno stanje stavbe leta 1971, na podlagi takrat veljavnih zakonov in tedanjih praks po katerih je bila stavba zgrajena. Podrobni podatki o sestavi posameznih konstrukcijskih sklopov so predstavljeni v poglavju 3.2. V preglednici 17 so podani podatki o lesenih oknih kateri so upoštevani v izračunu za prvotno stanje.

#### **Trenutno stanje:**

Razlika med prvotnim in trenutnim stanjem objekta je le v zamenjavi stavbnega pohištva. To stanje predstavlja stanje objekta kakršno je danes. Posegov v toplotni ovoj stavbe, razen menjave prvotnega lesenega stavbnega pohištva, ni bilo. Stanovalci so v zadnjih letih v lastni režiji zamenjali skoraj vsa prvotna lesena okna z novimi belimi PVC okni z dvoslojno zasteklitvijo. Okna niso bila zamenjana le na stopnišču. Podatke o karakteristikah oken sem povzel za standardna PVC okna z dvoslojno zasteklitvijo, iz spletne strani prodajalca oken, vrat in senčil (Bayer 70 ali enakovredno) [24]. Podatki o transparentnih KS so podane v preglednici 18, ostale karakteristike stavbe ostanejo nespremenjene.

**Sanirano stanje:**

- **Pures**
- **Eko sklad**
- **Pures+**
- **Eko sklad+**
- **Nizkoenergijski razred**

Vsa naslednja (sanirana) stanja predstavljajo različne možne oblike sanacije toplotnega ovoja stavbe, z razliko v debelini izbranih toplotnih izolacij posameznih konstrukcijskih sklopov. Kakor sem že omenil, smo se posvetili toplotni izolaciji fasade, stropa proti podstrešju in menjavi oziroma predelavi oken. Zadnji dve opciji z dodatkom »+« in nizkoenergijski razred pa predstavljajo še variante z izolacijo tal nad neogrevano kletjo. Omenjeni ukrep ne spada pod subvencije Eko sklada, torej se za ta ukrep ne pridobi nikakršne finančne spodbude, smo pa vseeno to opcijo vključili v izračun in preverili ali je investicija smiselna.

V četrtem poglavju so opisani posamezni ukrepi in izbrane sestave ter debeline posameznih sklopov, glede na izpolnjevanje kriterijev po največji dovoljeni toplotni prehodnosti za posamezne elemente ovoja. V preglednicah 17 in 18 povzamemo vrednosti toplotne prehodnosti  $U$  konstrukcijskih sklopov in lastnosti oken katere so bile upoštevane za izračun letne potrebne toplote za ogrevanje stavbe, s programom Tost. Troslojna PVC okna smo predvideli le za sanacijo v nizkoenergijskem razredu, ob ostalih oblikah sanacije ne predvidimo zamenjave obstoječih dvoslojnih PVC oken, saj bi bila investicija neekonomična. Oznaka  $U_w$  predstavlja toplotno prehodnost okna,  $g_{gl,w}$  označuje prehod celotnega sončnega sevanje transparentnega dela,  $F_{f,w}$  pa faktor okvirja (razmerje med površino zasteklitve in celotno površino okna).

Preglednica 17: Lastnosti posameznih tipov oken

Tip okna	$U_w$ [W/m <sup>2</sup> K]	$g_{gl,w}$ [/]	$F_{f,w}$ [/]
dvojno zrak (10mm)- les	2.8	0.76	0.7
dvoslojna- PVC	1.28	0.63	0.7
troslojna- PVC	0.75	0.49	0.7

Preglednica 18: Pregled toplotnih prehodnosti  $U$  [W/m<sup>2</sup>K], za posamezna stanja

	$U_{zun. stene}$	$U_{strop\ proti\ podstrešju}$	$U_{tla\ nad\ neog.\ kletjo}$	$U_{transparent.\ KS}$
Prvotno stanje:	1.250	0.654	1.140	2.800
Trenutno stanje:	1.250	0.654	1.140	1.280
Pures:	0.257	0.193	1.140/ 0.31 <sup>(+)</sup>	1.280
Eko sklad:	0.227	0.135	1.140/ 0.31 <sup>(+)</sup>	1.280
Nizkoenergijski razred:	0.155	0.127	0.25	0.750



V preglednici 18 je v četrtem stolpcu z znakom »+« označena toplotna prehodnost U tal nad neogrevano kletjo za sanirana stanja Pures+, Eko sklad+ in Nizkoenergijski razred, kjer smo toplotno izolirali tudi tla nad neogrevano kletjo.

## 5.2 Rezultati

Predstavljene vhodne podatke smo vstavili v program TOST, kateri nam olajša postopek računa in številne enačbe za izračun energetske bilance stavbe. V preglednici 19 so predstavljeni rezultati izračuna programa in sicer letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe  $Q_{NH}$  za posamezne variante izračuna in letna potrebna toplota za ogrevanje stavbe na enoto uporabne površine  $Q_{NH}/A_u$  na podlagi katere lahko stavbe uvrstimo v energijske razrede.

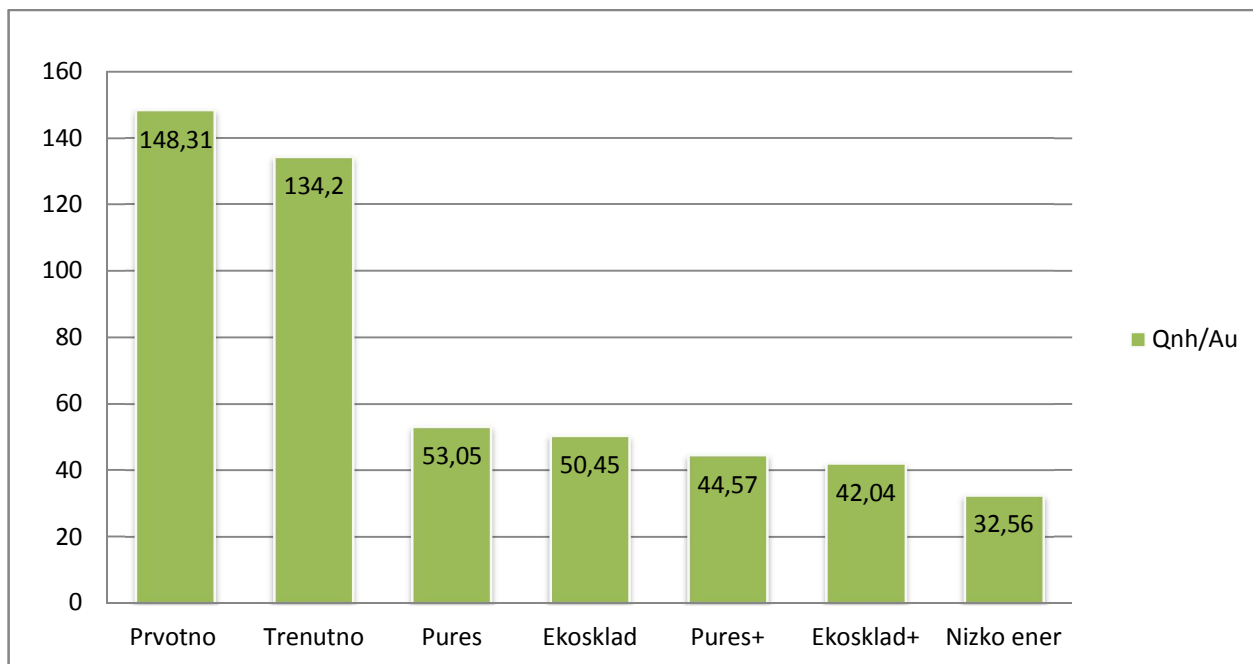
Preglednica 19: Rezultati računa potrebne toplote za ogrevanje stavbe in prihranki posameznih variant

Stanje:	kWh	kWh/m <sup>2</sup> a	Prihranek glede na prvotno stanje (na leto)		Energijski razredi:
			[kWh]	[%]	
Prvotno	97161	148.31	[kWh]	[%]	E
Trenutno	87917	134.2	9244	9.5	
Pures	34755	53.05	62406	64.2	C
Eko sklad	33052	50.45	64109	66.0	
Pures+	29199	44.57	67962	69.9	
Eko sklad+	27539	42.04	69622	71.7	
Nizko ener	21330	32.56	75831	78.0	B2

Kakor lahko vidimo je objekt precej energetsko potraten. V prvotnem stanju je objekt porabil kar 148.31 kWh/m<sup>2</sup> na leto, kar bi ga uvrščalo v energijski razred E. Trenutno stanje objekta kakršno je danes, z zamenjavo večine lesenih oken z novimi PVC dvoslojnimi okni, zmanjša potrebo po toploti za dobrih 9%, še vedno pa bi ga razvrstili v razred E.

Vse naslednje oblike sanacije ovoja stavbe predstavljajo ogromno zmanjšanje potreb po toploti za ogrevanje. Občuten prihranek predstavlja sanacija ovoja stavbe z namestitvijo toplotne izolacije v meri, da zadostimo pogojem o maksimalni dovoljeni toplotni prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov po Pures 2010. Kakor opisano v poglavju 4, z namestitvijo 12 cm toplotne izolacije EPS na fasado ter 15 cm steklene volne na strop proti podstrešju, se letna potreba po toploti za ogrevanje stavbe zmanjša za kar 62406 kWh oziroma 64.2 %. V primeru, da namestimo še 10 cm toplotne izolacije na strop nad neogrevano kletjo pa privarčujemo dodatnih 5.7 % (Pures+). Eko sklad ima nekoliko strožje zahteve in ob namestitvi dodatnih 2 cm izolacije na fasadi in dodatnih 7 cm izolacije stropa proti podstrešju privarčujemo skoraj 2 % energije v primerjavi s Puresom. V vseh štirih primerih sanacije bi objekt razvrstili v energijski razred C (od 35 do 60 kWh/m<sup>2</sup>a). Za primer sanacije objekta v nizkoenergijskem razredu z 22cm izolacije fasade, 26cm izolacije stropa proti podstrešju in 14 cm izolacije stropa nad neogrevano kletjo ter troslojnimi okni, bi prihranek toplote za ogrevanje znašal kar 78.1 % glede na prvotno stanje objekta, kar bi ga uvrščalo v energijski razred B2.

Obravnavane rezultate za lažjo predstavbo prikažemo grafično na sliki 7, od koder je lepo razvidno, kako računске vrednosti letne potrebne toplote za ogrevanje na enoto uporabne površine, padajo s posameznimi variantami sanacije toplotnega ovoja stavbe.



Slika 7: Prikaz rezultatov računa  $Q_{NH}/A_U$  [kWh/m<sup>2</sup>K] za posamezne variante

Slika 8 prikazuje rezultate izračuna s programom TOST za izbrano verzijo sanacije ovoja za primer Eko sklad+, kjer lahko razberemo posamezne rezultate računa energetske bilance stavbe in pripadajoče izgube in dobitke po conah. Opazimo lahko, da z izbrano verzijo sanacije po pogojih Eko sklada, le delno zadostimo zahtevam trenutnega veljavnega pravilnika. Izpolnili smo zahteve glede specifičnih transmisijskih izgub stavbe, nismo pa izpolnili pogoja o največji dovoljeni letni potrebni toploti za ogrevanje. Razlog je predvsem v majhnih solarnih dobitkih objekta, saj objekt ne izpolnjuje pogojev minimalne osončenosti in je večinoma osenčen.

Stavba	blok Markovec	
Vrsta stavbe	Večstanovanjska stavba	

Izgube in dobitki
Potrebna energija

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	655,12	(obvezno za stanovanjske stavbe)
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	2.196,10	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	1.115,21	
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,51	

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisivskih toplotnih izgub stavbe $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,33	0,43

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije $Q_p$ (kWh)	148.240	158.992	
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)	27.539	10.239	
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)	1.833	45.858	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	42,04	15,63
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	12,54	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO <sub>2</sub> za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine $Q_p / A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	226,28
Letni izpusti CO <sub>2</sub> (kg)	68.168
Letni izpusti CO <sub>2</sub> na enoto uporabne površine (kg/m <sup>2</sup> a)	104,05

<b>NI IZPOLNJENO</b>
----------------------

Spremeni tiskalnik
--------------------

Trenutno izbrani tiskalnik: zrsprs016\_C (HP Color LaserJet CP2025dn) on Ne00:

Natisni obrazec
-----------------

Slika 8: Rezultati računa za primer sanacije Eko sklad+

Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb v svojem 5. členu določa, da je potrebno za vsako stavbo, ki jo analiziramo, primerjati še z referenčno klimo na lokaciji s koordinatama X=462650 in Y=102480.

Stavba	blok Markovec	
Vrsta stavbe	Večstanovanjska stavba	

Neto uporabna površina stavbe $A_u$ (m <sup>2</sup> )	655,12	(obvezno za stanovanjske stavbe)
Kondicionirana prostornina stavbe $V_e$ (m <sup>3</sup> )	2.196,10	(obvezno za nestanovanjske in javne stavbe)
Površina toplotnega ovoja stavbe $A$ (m <sup>2</sup> )	1.115,21	
Oblikovni faktor $f_o = A/V_e$ (m <sup>-1</sup> )	0,51	

	Izračunan	Največji dovoljen
Koeficient specifičnih transmisijskih toplotnih izgub stavbe $H_T$ (W/m <sup>2</sup> K)	0,33	0,42

	Izračunana	Največja dovoljena	
Letna raba primarne energije $Q_p$ (kWh)	203.510	170.724	
Letna potrebna toplota za ogrevanje $Q_{NH}$ (kWh)	44.589	20.904	
Letni potrebni hlad za hlajenje $Q_{NC}$ (kWh)	0	45.858	
Letna potrebna toplota za ogrevanje na enoto neto uporabne površine in kondicionirane prostornine	$Q_{NH}/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	68,06	31,91
	$Q_{NH}/V_e$ (kWh/m <sup>3</sup> a)	20,30	-

Kazalniki letne rabe primarne energije in letnih izpustov CO <sub>2</sub> za delovanje sistemov stavbe	
Letna raba primarne energije na enoto uporabne površine $Q_p/A_u$ (kWh/m <sup>2</sup> a)	310,65
Letni izpusti CO <sub>2</sub> (kg)	97.462
Letni izpusti CO <sub>2</sub> na enoto uporabne površine (kg/m <sup>2</sup> a)	148,77

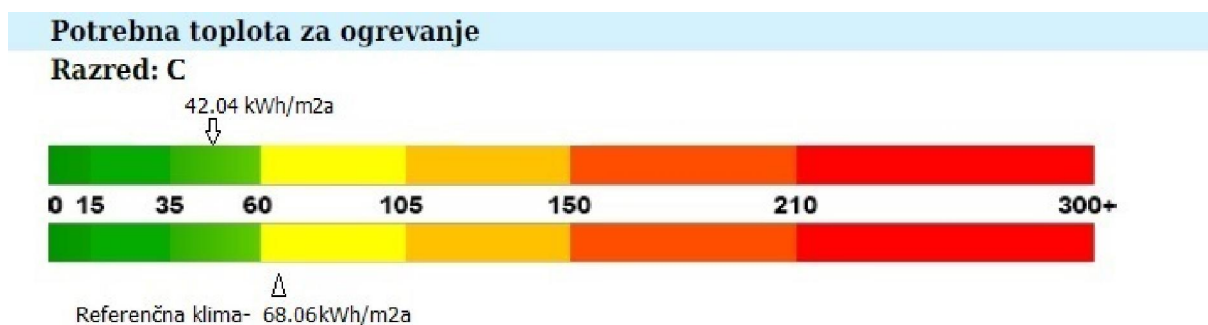
**NI IZPOLNJENO**

Spremeni tiskalnik      Trenutno izbrani tiskalnik: zrsprs016\_C (HP Color LaserJet CP2025dn) on Ne00:      Natisni obrazec

Slika 9: Rezultati računa za referenčno klimo (Eko sklad+)

Iz primerjave rezultatov na slikah 8 in 9, lahko vidimo, da se je letna potrebna toplota za ogrevanje povečala za dobrih 60% v primeru referenčne klime, ki se nanaša na Ljubljano. Vzrok je v večjem temperaturnem primanjkljaju za Ljubljano, nižji povprečni letni temperaturi ki znaša 9.9°C (za Koper 13.6°C) in nižji projektni temperaturi -13°C (Koper -4°C).

Vrednost  $Q_{NH}/A_u$  za izbrano verzijo sanacije ovoja Eko sklad+ lahko prikažemo na barvnem poltraku na sliki 10, kot je potrebno označiti tudi pri računski energetski izkaznici. Kakor omenjeno, bi objekt z 42.04 kWh/m<sup>2</sup>a uvrstili v energijski razred C.



Slika 10: Prikaz energijskega razreda za izbrano verzijo sanacije Eko sklad+

Naredili smo tudi primerjavo med posameznimi ukrepi in njihov doprinos k prihranku toplote za ogrevanje stavbe. Pogosto lahko zasledimo oglaševanja in informacije o ukrepih toplotne izolacije ovoja stavbe in njihovih prihrankih, zato smo to preverili tudi za naš objekt. Za izračun smo uporabili

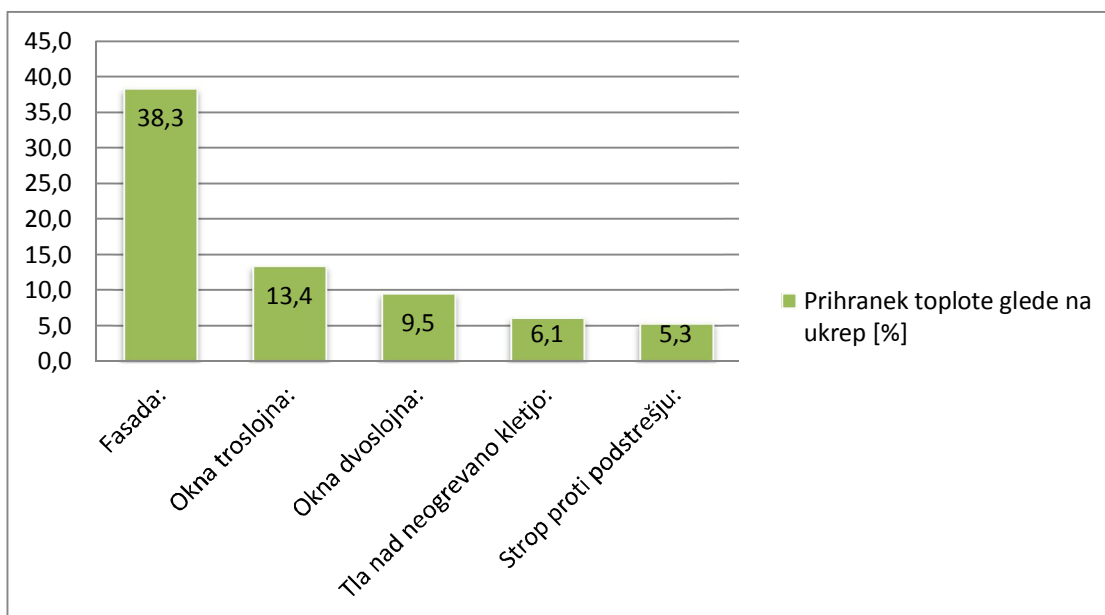
podatke o stavbnem pohištvu z dvoslojno ( $U=1.28 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) in troslojno zasteklitvijo ( $U=0.75 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ter posameznih ukrepov po varianti Eko sklad+ s toplotno izolacijo:

- fasada: 14 cm EPS ( $U=0.227 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- strop proti neogrevanemu podstrešju: steklena volna 24 cm ( $U=0.135 \text{ W/m}^2\text{K}$ ),
- tla nad neogrevano kletjo: 10 cm kamene volne ( $U=0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Preglednica 20: Rezultati za posamezen ukrep prenove toplotnega ovoja stavbe

Stanje/ukrep:	Q <sub>nh</sub> : [kWh]	Q <sub>nh</sub> /A <sub>u</sub> : [kWh/m <sup>2</sup> a]	Razlika glede prvotno stanje:	
PRVOTNO STANJE:	97164	148.31	[kWh]	[%]
Fasada:	59905	91.44	37259	38.3
Okna troslojna:	84172	128.48	12992	13.4
Okna dvoslojna:	87921	134.21	9243	9.5
Tla nad neogrevano kletjo:	91213	139.23	5951	6.1
Strop proti podstrešju:	91988	140.41	5176	5.3

Iz preglednice 20 in slike 11 lahko opazimo, da prinaša največje prihranke pričakovano toplotna izolacija fasade objekta. Ta prinese dobrih 38% prihranka, temu sledi menjava stavbnega pohištva s troslojno zasteklitvijo (13.4%) in dvoslojno zasteklitvijo (9.5%). Najmanjši prihranek v našem primeru, vendar ne zanemarljiv predstavlja toplotna izolacija tal nad neogrevano kletjo (6.1%) in stropa proti podstrešju (5.3%).



Slika 11: Prihranki toplote v [%] za posamezne ukrepe

## 6 POPIS DEL IN STROŠKI SKUPNE INVESTICIJE

To poglavje predstavlja celovit popis del in pripadajoče cene k posameznim postavkam. Celoten popis del smo razdelili na posamezne ukrepe (toplotno izolacijo fasade, stropa proti podstrešju, stropa kleti, zamenjavo oziroma predelavo stavbnega pohištva in ostala dela). Natančne mere in dimenzije so vzete iz projektne dokumentacije in načrtov. Popis del temelji na verziji sanacije stavbnega ovoja katerega smo poimenovali Ekosklad+. Eko sklad nudi nepovratne finančne spodbude za določene ukrepe, zato je večstanovanjski objekt smiselno in racionalno sanirati vsaj v meri, da se pridobijo nepovratne finančne subvencije. Za vsa navedena dela in ukrepe upoštevamo, da bi se izvedli izven kurilne sezone. Pozornost je potrebno nameniti predvsem pri fasadi in zaključnem sloju kjer je priporočljivo, da so temperature med 5 in 30 stopinj celzija saj lahko v nasprotnem primeru pride do poškodb materiala, sprememb pigmenta in drugo.

Za pridobitev cen in višine investicije, smo se poslužili postopka, ki ga uporabljajo tudi v praksi. Popis del smo poslali na dve gradbeni podjetji in izbrali ugodnejšo ponudbo, katera je predstavljena v nadaljevanju.

### 6.1 Toplotna izolacija fasade

V preglednici 21 predstavljamo posamezne postavke popisa del, ki spadajo k ukrepu toplotne izolacije fasade v našem primeru.

Preglednica 21: Popis del in višina investicije- izolacija fasade

A.	<i>IZOLACIJA FASADE</i>	enota	količina	cena/enoto	cena €
1	Dobava, postavitvev in odstranitev cevnihfasadnih odrov višine do 20 m. Fasadni oder ostane na gradbišču do končnega barvanja fasade.	m2	818.20	6.50	5,318.30
2	Izdelava zaščite fasadnega odra z juto ali drugo ustrezno zaščito zaradi preprečevanja padanja materiala na mimoidoče.	m2	818.20	0.50	409.10
3	Demontaža obstoječih okenskih polic, PVC oz pločevinastih, komplet s spuščanjem na gradbiščno deponijo.	m1	64.00	1.50	96.00
4	Dobava in montaža okenskih polic izdelanih iz umetne mase d=0.5mm, RŠ do 30 cm.	m1	64.00	35.00	2,240.00

5	Izdelava fasade objekta, direktno na obstoječ ometan zid v sestavi : priprava površine za obdelavo, toplotno izolacijske plošče deb. najmanj 15 cm s toplotno prevodnostjo $\lambda \leq 0,045$ W/mK ali ustrezno debelino drugega izolacijskega materiala, da bo razmerje $\lambda/d \leq 0,30$ W/m <sup>2</sup> K , pritrjene s pripadajočimi sidri FeZn, dvakratni nanos lepilne malte z dvakratnim vtapanjem PVC fasadne mrežice, ojačitvenimi elementi za vogale ter odkapno letvijo na stiku fasade s coklom, osnovni grobi izravnalni omet in žlahtni vodoodbojni silikatni fasadni omet v izbrani barvi in strukturi. Zaključni sloj mora odgovarjati izgledu obstoječe fasade.(zrnavost in barvo določi naročnik). IZBRANA FASADA JE DEMIT ORIGINAL 039, DEB 14cm	m2	776.09	39.00	30,267.51
6	Izdelava fasade v predelu cokla iz toplotne izolacije XPS v višini 50cm; iz osnovnega premaza kot npr. Baumit Uniprimer ali enakovredno; iz toplotne izolacije XPS debeline 14 cm (plošče sidrane in lepljene); iz dvoslojnega nanosa lepila z vtopljeno mrežico vključno z vsemi tipskimi fasaderskimi elementi in zaključki (kot npr. Baumit StarContact in Baumit StarTex ali enakovredno); iz osnovnega premaza kot npr. Baumit Uniprimer ali enakovredno in iz zaključnega sloja granulacije 1,5, enobarvni, kot npr. Baumit SilikonTop ali enakovredno. Vključno z vsem pritrdilnim materialom. IZBRAN JE DEMIT STIROCOCEL 037, DEB 14 cm	m2	27.90	38.00	1,060.20
7	Demontaža odtočnih cevi z nosilnimi objemkami, s prenosom ruševin, sortiranjem, nakladanjem, odvozom na trajno deponijo in plačilom takse.	m1	53.50	1.50	80.25
8	Dobava odtočnih cevi iz Alu pločevine, vključno z dobavo pritrdilnega materiala in kolen. Montaža odtočnih cevi.	m1	54.50	22.00	1,199.00

9	Prestavitev obstoječih peskolov zaradi izolacije fasade. Rušenje obstoječega peskolova, rušenje obstoječega tlaka, izkop za nov peskolov, prenos in odvoz ruševin na trajno deponijo s plačilom takse, nakup in vgradnja novega peskolova, z izvedbo priključka, s priklopm odtoka do obstoječih cevi meteorne kanalizacije, z zasipom okrog peskolova, s krpanjem tlaka in z dobavo in vgradnjo pokrova 40x40 cm. Z vsemi obdelavami in pripadajočimi deli.	kos	4.00	150.00	600.00
10	Demontaža obstoječih konzol - kovinskih nosilcev instalacijskih kablov, konzol za sušenje perila, konzola za zastave, kovinskih ograj, tv anten, zunanjih luči ter ponovna montaža (uporabnih elementov) po izvedenih fasaderskih delih z dobavo novega veznega in pritrdilnega materiala.	kos	3.00	35.00	105.00
11	Demontaža in ponovna montaža zunanjih enot klima naprav, z dobavo veznega in pritrdilnega materiala.	kos	3.00	250.00	750.00
12	Zaščita vseh oken in vrat objekta s PVC folijo ter trakom na stiku s fasado, za potrebe izvajanja gradbenih in obrtniških del.	m2	144.50	2.50	361.25
13	Zaščita tlakov ob objektu in na terasi, s PVC folijo ter deskami, za potrebe izvajanja gradbenih in obrtniških del.	m2	125.20	2.00	250.40
14	Pazljiva demontaža hišne številke, napisnih tablic, deponiranje na gradbiščno deponijo ter ponovna montaža po izvedenih fasaderskih delih. V enotno ceno všteta tudi dobava novega veznega materiala.	kos	2.00	15.00	30.00
15	Pleskanje obstoječih kovinskih elementov (rešetke, ograje, dimniška vratca, ipd.), s predhodnim ščetkanjem ter antikorozijskim premazom - končni oplesk v barvi po izboru naročnika-OCENA.	m2	5.00	14.00	70.00
<b>Skupaj:</b>					<b>42,837.01</b>

Kakor lahko vidimo predstavlja strošek toplotne izolacije fasade in ostalih del, ki spadajo zraven 42,837 €, kar zneso 53.28€/m<sup>2</sup> zunanje fasade. Ker z izbrano vrsto toplotne izolacije oz.



fasadnim sistemom Demit izpolnjujemo pogoje za pridobitev nepovratnih finančnih spodbud, si pogledjmo, koliko znesejo spodbude in končna cena investicije v fasado. Celotna fasada s coklom obsega 804 m<sup>2</sup>.

### 6.1.1 Finančne spodbude Eko sklada (A- toplotna izolacija fasade)

Priznani stroški vključujejo:

- nabavo in vgradnjo toplotno izolacijskega materiala z zaključnim slojem oziroma celotnega fasadnega sistema;
- postavitve gradbenega odra;
- odstranitev ali izravnavo obstoječega ometa ali ostalih gradbenih materialov, vgradnjo vertikalne hidroizolacije na predelu cokla, demontažo starih okenskih polic;
- nabavo in vgradnjo okenskih polic;
- obdelavo špalet.

Višina nepovratne finančne spodbude znaša 25% priznanih stroškov naložbe, ampak ne več kakor 12 € na m<sup>2</sup> za največ 150 m<sup>2</sup> toplotne izolacije fasade, na posamezno stanovanje v večstanovanjski stavbi [14]. Priznane stroške, pripadajoče cene in višino subvencije prikazujemo v preglednici 22.

Preglednica 22: Priznani stroški in višina nepovratne finančne spodbude za toplotno izolacijo fasade

Priznani stroški	Postavka	Cena €
Postavitev gradbenega odra	1, 2	5,727.40 €
Celotni fasadni sistem	5, 6	31,327.71 €
Demontaža okenskih polic	3	96.00 €
Nabava in vgradnja okenskih polic	4	2,240.00 €
<b>Skupaj:</b>		<b>39,391.11 €</b>
	znesek na m <sup>2</sup> :	48.99 €/m <sup>2</sup>
	25% priznanih stroškov naložbe:	9,847.78 €
	maksimalno 12 € na m <sup>2</sup> :	<b>9,648.00 €</b>

Višina priznanih stroškov naložbe znaša 48.99 €/m<sup>2</sup> fasade in malenkost presega 48 €/m<sup>2</sup>, zato znaša višina finančne spodbude za ta ukrep 12 €/m<sup>2</sup> kar znese končnih 9,648.00 €. Glede na celotno vrednost naložbe, ki znaša 42,837.00 € predstavlja subvencija 22.5% celotnega zneska, kar je zelo blizu ciljem Eko sklada po 25% subvenciji za ukrepe po zmanjšanju porabe energije, ki kaže na razmerje med 12 €/m<sup>2</sup> subvencije in povprečno ocenjeno vrednostjo povprečne fasade 48 €/m<sup>2</sup>. Končna vrednost za toplotno izolacijo fasade je tako 33,189.00 €.

## 6.2 Predelava in zamenjava stavbnega pohištva

Okna so bila v zadnjih letih zamenjana z novimi PVC okni, zato zamenjava le-teh ni smiselna in ekonomična. Potrebna zamenjave so le stara lesena prvotna okna v skupnih prostorih na stopnišču. Večjo pozornost je potrebno nameniti predelavi oken oziroma polken, zaradi povečanja debeline fasade. Težava se lahko pojavi zaradi različnih sistemov proizvajalcev oken, saj ni nujno, da so sistemi enaki oziroma kompatibilni. Nepovratne finančne spodbude v ta namen za večstanovanjske stavbe niso na voljo, na voljo so le v primeru vgradnje novega lesenega stavbnega pohištva, kar pa v našem primeru ne pride v poštev. V preglednici 23 predstavimo popis del in končno višino investicije za predelavo in zamenjavo zunanjega stavbnega pohištva.

Preglednica 23: Popis del in višina investicije- stavbno pohištvo

<b>B.</b>	<b>ZAMENJAVA IN PREDELAVA STAVBNEGA POHIŠTVA</b>	enota	količina	cena/enoto	cena €
1	Demontaža oken in zasteklitev vseh velikosti, vključno z izbijanjem podboja, odstranitvijo vseh elementov oken, odstranitvijo polic, senčil, morebitno odstranitvijo špalet, s prenosom ruševin, sortiranjem, nakladanjem, odvozom na trajno deponijo in plačilom takse.	m2	4.11	30.00	123.30
2	Izdelava in montaža oken velikosti 80/80 cm, $U_w=1.28(W/m^2K)$ , $U_g=1.0(W/m^2K)$ belo PVC fiksno okno, tipa Bayer 70 ali enakovredno. Z izvedbo vseh zaključkov in kitanjem stikov.	kos	8.00	150.00	1,200.00
3	Izdelava in montaža oken velikosti 30/30 cm, $U_w=1.28(W/m^2K)$ , $U_g=1.0(W/m^2K)$ belo PVC fiksno okno, tipa Bayer 70 ali enakovredno. Z izvedbo vseh zaključkov in kitanjem stikov.	kos	3.00	90.00	270.00
4	Predelava oken oziroma polken zaradi povečanja debeline fasade. Cena zajema demontažo polkna, dobavo in zamenjavo zgornjega, spodnjega in sredinskega panta s pantom z ustreznim odmikom, ter po izvedbi fasade ponovno montažo polkna. Ustrezno je dobaviti in montirati tudi nove prijemalec za polkna.				
	- polkno dimenzije 140 x 140 cm	kos	32.00	120.00	3,840.00
	- polkno dimenzije 80 x 140 cm	kos	8.00	120.00	960.00
<b>Skupaj:</b>					<b>6,393.30</b>

### 6.3 Toplotna izolacija stropa proti podstrešju

Tudi v primeru izolacije podstrešja smo glede toplotne prehodnosti KS, z uporabo 24 cm steklene volne Knauf Insulation zadostili pogojem za pridobitev nepovratnih spodbud. V nadaljevanju predstavimo priznane stroške in višino nepovratnih subvencij za strop proti podstrešju, ki obsega 174.6 m<sup>2</sup> (preglednica 24).

Preglednica 24: Popis del in višina investicije- izolacija stropa proti podstrešju

C.	<b>IZOLACIJA PODSTREŠJA:</b>	enota	količina	cena/enoto	cena €
1	Dobava in polaganje toplotne izolacije stropa proti podstrešju v sestavi:				
	- parna ovira LDS 2 Silk ali enakovredno	m2	174.60	2.50	436.50
	- steklena volna Knauf Insulation Classic 040 debeline (2x 12cm) ali enakovredno	m2	161.30	24.00	3,871.20
	- kamena volna Knauf Insulation talna plošča DF (10cm + 12cm) ali enakovredno (za izvedbo revizijske poti)	m2	13.30	22.00	292.60
	- pohodni sloj Knauf Vidifloor ali enakovredno (za izvedbo revizijske poti)	kos	9.00	28.00	252.00
<b>Skupaj:</b>					<b>4,852.30</b>

#### 6.3.1 Finančne spodbude Eko sklada (B- toplotna izolacija strehe ali stropa proti neogrevanemu podstrešju)

Priznani stroški vključujejo:

- nabavo in vgradnjo toplotno izolacijskega materiala, vključno s parno zaporo;
- nabavo in vgradnjo paropropustne folije oziroma drugih materialov, ki so v funkciji sekundarne kritine;
- zaključne obloge pri izolaciji strehe, pri izolaciji stropa proti neogrevanemu prostoru npr. izdelavo betonskega estriha, lesene pohodne obloge.

Višina nepovratne finančne spodbude znaša 25% priznanih stroškov naložbe, ampak ne več kot 10 € na m<sup>2</sup> toplotne izolacije strehe ali stropa proti neogrevanemu prostoru večstanovanjske stavbe [14].

Preglednica 25: Priznani stroški in višina subvencije

Priznani stroški	Postavka	Cena
Toplotna izolacija s parno zaporo	1	4,600.30 €
Zaključna obloga- pohodna obloga	1	252.00 €
<b>Skupaj:</b>		<b>4,852.30 €</b>
	znesek na m <sup>2</sup> :	27.79 €/m <sup>2</sup>
	25% priznanih stroškov naložbe:	<b>1,213.08 €</b>
	25% priznanih stroškov naložbe na m <sup>2</sup> :	6.95 €/m <sup>2</sup>

Iz preglednic 24 in 25 razberemo, da skupna naložba v toplotno izolacijo podstrešja znaša 4,852.3 € oziroma 27.79 €/m<sup>2</sup> toplotne izolacije podstrešja, zato znaša višina nepovratne finančne spodbude Eko sklada 25% naložbe, kar zneso 1,213.08 € oziroma 6.95 €/m<sup>2</sup>, kar ne presega 10 €/m<sup>2</sup>. Končna cena omenjenega ukrepa tako znaša 3,639.22 €.

#### 6.4 Toplotna izolacija stropa nad neogrevano kletjo

Kakor že omenjeno, tudi za ta ukrep ni na razpolago finančnih spodbud, je pa ukrep v smislu celovite sanacije večstanovanjskega objekta zaželen, saj ne prispeva le k zmanjšanju toplotnih izgub, vendar tudi k dvigu temperature tal oziroma toplotnemu udobju. Opis postavke je prikazan v preglednici 26. Cena posega znaša 28€/m<sup>2</sup> kar skupaj zneso 4,858.00 € za strop kleti v obsegu 173.5 m<sup>2</sup>.

Preglednica 26: Popis del in cene- toplotna izolacija stropa nad kletjo

D.	IZOLACIJA STROPA NAD NEOGREVANO KLETJO:	enota	količina	cena/enoto	cena €
1	Dobava in montaža toplotne izolacije stropa neogrevane kleti: priprava površine za obdelavo, toplotno izolacijske plošče debeline 10 cm s toplotno prevodnostjo $\lambda \leq 0,042$ W/mK ali enakovredno, lepljene, dvakratni nanos lepilne malte z dvakratnim vtapanjem PVC fasadne mrežice in grobi osnovni izravnalni omet. Izbrana toplotna izolacija je Rockwool Fasrock L ali enakovredno	m <sup>2</sup>	173.50	28.00	4,858.00
<b>Skupaj:</b>					<b>4,858.00</b>

#### 6.5 Ostala dela

Pod ostala dela (preglednica 27) smo uvrstili splošna dela, katera spadajo k predvidenemu popisu del. Tukaj smo zajeli dela kot so čiščenje objekta in okolice, izdelava varnostnega načrta in razna dela, ki se utegnejo pojaviti tekom del, a jih nismo mogli oziroma nismo zajeli v predračunih. Znesek ostalih del znaša 5,515.92 €.

Preglednica 27: Popis del in cene- ostala dela

<b>E.</b>	<b>OSTALA DELA:</b>	enota	količina	cena/enoto	cena €
1	Zidarsko čiščenje objekta in okolice med gradnjo ter finalno čiščenje objekta in okolice po končanih delih.	m2	264.00	1.20	316.80
2	Ročno nakladanje in odvoz rušitvenega materiala na trajno deponijo na razdaljo do 10 km komplet s plačilom deponije.(ocena)	m3	3.00	25.00	75.00
3	Izdelava varnostnega načrta.	kom	1.00	150.00	150.00
4	Razna manjša dela, ki se med potekom del utegnejo pojaviti, a s tem predračunom niso zajeta. 5% vrednosti del.	%	5.00		2,974.12
<b>Skupaj:</b>					<b>3,515.92</b>

## 6.6 Povzetek celotne investicije in subvencij

Preglednica 28: Povzetek investicije

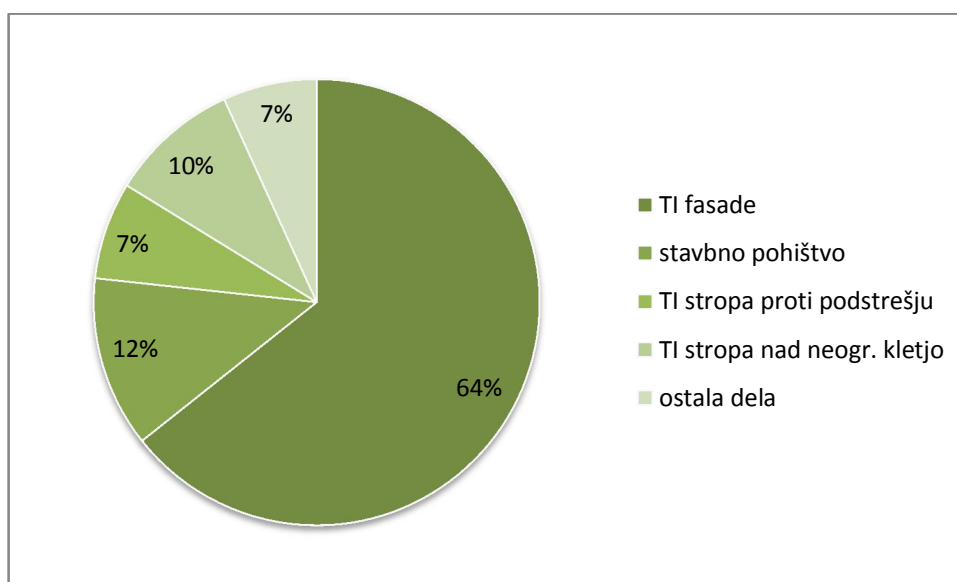
<b>Vrsta ukrepa</b>	<b>Investicija [€]</b>	<b>Subvencija [€]</b>	<b>Končna vrednost [€]</b>
TI fasade	42,837.01	9,648.00	33,189.01
Stavbno pohištvo	6,393.30	0.00	6,393.30
TI stropa proti podstrešju	4,852.30	1,213.08	3,639.23
TI stropa nad neogr. kletjo	4,858.00	0.00	4,858.00
Ostala dela	3,515.92	0.00	3,515.92
<b>Skupaj:</b>	<b>62,456.53</b>	<b>10,861.08</b>	<b>51,595.46</b>
Skupaj € na stanovanje:	7,807.07	1,357.63	6,449.43
€ na m <sup>2</sup> stanovanja:	105.43	18.33	87.10

V preglednici 28 so predstavljene višine investicij, subvencije Eko sklada in končne vrednosti v evrih za posamezne ukrepe. Celotna investicija brez subvencije znaša 62,456.53 €. Če celotno vrednost razdelimo na 8 stanovanj v bloku, znese končna vrednost okrog 7,800.00 € na vsako stanovanje. V vsaki od štirih etaž sta po dve stanovanji s 74.05 m<sup>2</sup>, kar predstavlja skupen strošek (brez upoštevanja subvencij) 105.43 €/m<sup>2</sup> stanovanja. Z upoštevanjem nepovratnih subvencij pa znaša strošek investicije 6,450 € na vsako stanovanje oziroma 87.10 €/m<sup>2</sup> stanovanja.

Če si podrobneje pogledamo investicije z že upoštevanimi nepovratnimi subvencijami, lahko natančno določimo koliko finančnih sredstev bi potrebovali za posamezen predvideni ukrep in kolikšen delež stroškov predstavlja za posamezno stanovanje (preglednica 29). Za lažjo predstavbo predstavimo tudi grafično delež stroškov posameznih ukrepov za naš primer (slika 12).

Preglednica 29: Pregled končne višine investicij po posameznih ukrepih

Vrsta ukrepa	Končna vrednost na stanovanje [€/stan]	Vrednost na m <sup>2</sup> stanovanja [€/m <sup>2</sup> ]	Delež stroškov [%]
TI fasade	4,148.63	56.02	64.3
Stavbno pohištvo	799.16	10.79	12.4
TI stropa proti podstrešju	454.90	6.14	7.1
TI stropa nad neogr. kletjo	607.25	8.20	9.4
Ostala dela	439.49	5.94	6.8
<b>Skupaj:</b>	<b>6,449.43</b>	<b>87.10</b>	<b>100.0</b>



Slika 12: Prikaz deleža stroškov za posamezen ukrep

Fasada predstavlja daleč največji strošek (64%), saj je tudi najobsežnejši ukrep in omogoča največje prihranke. Sledi menjava oziroma predelava stavbnega pohištva. Tukaj bi samo opomnil, da gre za menjavo le nekaj oken v skupnih prostorih (na stopnišču). Ukrep kot sam ne prinaša praktično nobenih prihrankov, ampak gre za funkcionalen poseg. Le ta omogoča, da se polkna namesti na primerno razdaljo zaradi dodatnih slojev toplotne izolacije fasade in tako omogoči normalno odpiranje polken, ki bi bilo sicer onemogočeno. Izolacija stropa proti podstrešju predstavlja le 7% celotne investicije in je zaradi enostavnosti vgradnje in učinkovitosti zelo smiseln ukrep. Toplotna izolacija stropa kleti iz spodnje strani pa predstavlja 10% celotne investicije in bi ob pomanjkanju finančnih sredstev morda bil ukrep, katerega se stanovalci ne bi poslužili v fazi sanacije. Kljub temu pa je ukrep, v smislu celovite energetske sanacije, zelo dobrodošel in pomemben.

## 7 ANALIZA STROŠKOV V ŽIVLJENJSKEM CIKLU (LCC)

### 7.1 Osnove

Stroškovna analiza življenjskega cikla (LCC- *life cycle costing*) je metoda oz. orodje, ki omogoča presojo upravičenosti celotne naložbe ali le posameznega posega v vseh fazah stavbe: od začetne naložbe, gradnje, vzdrževanja in obratovanja, do obnove in končne odstranitve. Omogoča nam primerjavo alternativ, ki zadovoljijo enakim funkcionalnim zahtevam, te pa se lahko med seboj razlikujejo v začetni investiciji ali v kasnejših stroških (obratovanja, vzdrževanja, prenove) v predvideni življenjski dobi objekta.

#### Neto sedanja vrednost NSV

Neto sedanja vrednost (NSV) je učinkovita in razširjena dinamična metoda ocenjevanja investicijskih projektov. Pomembna prednost te metode je, da življenjsko, služno ali uporabno dobo izdelka ali sistema enostavno prevedemo v ekonomske kazalnike. NSV omogoča primerjavo celotnih stroškov investicije, pridobivanja surovin, izdelave gradbenih materialov, transporta, uporabe, vzdrževanja, adaptacije, obnove, rušenja, odstranitve in deponiranja v celotnem življenjskem obdobju. Metoda odpravlja slabost stacionarnega pristopa tako, da ocenjuje stroške in doprinose v prihodnjih letih tako, da jih diskontira oz. prevede na sedanjo vrednost [25]. Diskontiranje je postopek določevanja prihodnjih denarnih tokov, diskontna stopnja pa je stopnja, s katero izračunamo sedanjo vrednost prihodnjih denarnih tokov. V računu stroškov življenjskega cikla objekta se zaradi časovne vrednosti denarja, upošteva primerno diskontno stopnjo in predvideno letno inflacijo, saj en evro danes nima enake vrednosti kakor evro v prihodnosti.

V nadaljevanju prikazujemo izračun investicijskih, vzdrževalnih in obratovalnih stroškov v življenjski dobi. V izračunih smo upoštevali 30 letno življenjsko dobo posameznih elementov. Elementi bi sicer ob normalni uporabi in vzdrževanju lahko imeli daljšo življenjsko dobo, vendar glede na to, da se ukvarjamo s sanacijo obstoječega objekta starega okrog 40 let, je smiselna uporaba tridesetletne življenjske dobe. Za izračune smo uporabili 5% in 7% diskontno stopnjo ter 2.5% letno inflacijo. Izračun neto sedanje vrednosti prikazujemo v enačbah (1-3).

$$\text{NSV} = \text{začetna investicija} + \text{vzdrževanje} + \text{obratovanje} \quad (1)$$

$$\text{Vzdrževanje} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{stroški vzdrževanja} \times \text{inflacija}(t)}{\text{diskontna stopnja}(t)} = \sum_{t=1}^n \frac{V[\text{€}] \times (1+0.025)^t}{(1+\text{diskontna st.})^t} \quad (2)$$

$$\text{Obratovanje} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{stroški energije}(t)}{\text{diskontna stopnja}(t)} = \sum_{t=1}^n \frac{E[\text{€}]}{(1+\text{diskontna st.})^t} \quad (3)$$

### 7.2 Investicijski stroški

Kot osnovo za investicijske stroške upoštevamo v prejšnjem poglavju predstavljen popis del in višino investicije za izbrano varianto Ekosklad+. Spremembo v ceni investicije za posamezno varianto

upoštevamo na račun tanjše oziroma debelejšše toplotne izolacije, daljših oziroma krajših fasadnih sider in razlike v ceni med dvoslojnimi ter troslojnimi okni. Izhajamo iz katalogov in cen posameznih proizvajalcev fasadnih sistemov Demit in Knauf Insulation ter predračuna za stavbno pohištvo AJM.

### 7.2.1 Fasada

V primeru fasade je sprememba v ceni na račun manjše ali večje debeline toplotno izolacijskega materiala in krajših ali daljših fasadnih sidrih. Izhajamo iz osnovne variante s 14 cm toplotne izolacije in upoštevamo spremembo v ceni na podlagi cenika Demit 2013 kar prikazujemo v preglednici 30. V prvih stolpcih je podano v enoti € na kvadratni meter, v zadnjem stolpcu pa končni seštevek, za celotno fasado v izmeri 776.09 m<sup>2</sup> in predel cokla s 27.9 m<sup>2</sup> skupaj. V preglednici 31 predstavimo končne višine investicij v fasado in pripadajoče vrednosti nepovratnih sredstev za posamezno izvedbo debeline toplotne izolacije fasade.

Preglednica 30: Sprememba v ceni fasade v €/m<sup>2</sup> in končna sprememba celotne investicije v €

Varianta:	debelina	EPS [€/m <sup>2</sup> ]	sidra [€/m <sup>2</sup> ]	XPS [€/m <sup>2</sup> ]	skupaj [€]:
Pures	12 cm	-1.88	-0.055	-3.18645	<b>-1593.08</b>
Ekosklad	14 cm	0	0	0	<b>0.00</b>
NE razred	22 cm	7.51	0.515	9.5703	<b>8093.84</b>

Preglednica 31: Pregled investicij in nepovratnih subvencij

Varianta:	Investicija	Subvencija	Končna vrednost	
Pures	41,243.93 €	/	<b>41,243.93 €</b>	<b>51.29 €/m<sup>2</sup></b>
Ekosklad	42,837.01 €	9,648.00 €	<b>33,189.01 €</b>	<b>41.27 €/m<sup>2</sup></b>
NE razred	50,930.85 €	9,648.00 €	<b>41,282.85 €</b>	<b>51.34 €/m<sup>2</sup></b>

### 7.2.2 Strop proti podstrešju

V tem delu upoštevamo le spremembo debeline mehke steklene volne Knauf Insulation Classic 040 in trde pohodne izolacijske plošče DF istega proizvajalca, ostali stroški ostanejo enaki. Na enak način kakor prejšnji, so predstavljeni podatki za toplotno izolacijo stropa proti podstrešju v preglednicah 32 in 33. Zaradi nekoliko višje končne cene izvedbe toplotne izolacije v Nizkoenergijskem primeru je tudi višina subvencije Eko sklada nekoliko večja.

Preglednica 32: Sprememba v ceni toplotne izolacije stropa proti podstrešju

Varianta:	debelina:	KI 040 [€/m <sup>2</sup> ]	KI DF [€/m <sup>2</sup> ]	skupaj [€]:
Pures	15	-3.87	-11.50	<b>-776.40</b>
Ekosklad	24	0	0	<b>0</b>
NE razred	26	0.88	2.88	<b>179.60</b>



Preglednica 33: Pregled investicij in nepovratnih subvencij

Varianta:	Investicija	Subvencija	Končna vrednost	
Pures	4,075.90 €	/	<b>4,075.90 €</b>	<b>23.34 €/m<sup>2</sup></b>
Ekosklad	4,852.30 €	1,213.08 €	<b>3,639.23 €</b>	<b>20.84 €/m<sup>2</sup></b>
NE razred	5,031.90 €	1,257.98 €	<b>3,773.93 €</b>	<b>21.61 €/m<sup>2</sup></b>

### 7.2.3 Strop nad neogrevano kletjo

Pri stropu nad neogrevano kletjo upoštevamo spremembo v ceni izvedbe na račun debeline toplotne izolacije iz kamene volne Rockwool Fasrock L. Tukaj smo upoštevali tudi primer, da ukrepa ne izvedemo in je zato predstavljeno v preglednici 34 z negativnim predznakom, saj izhajamo iz izhodiščnega popisa kjer je ukrep zajet. Ker je ta ukrep najenostavnejši in cena toplotne izolacije relativno poceni, so razlike v cenah majhne.

Preglednica 34: Sprememba cene v toplotni izolaciji stropa nad neogrevano kletjo

Varianta:	debelina	cena [€/m <sup>2</sup> ]	razlika [€/m <sup>2</sup> ]	skupaj [€]:
brez izolacije	0 cm	0	-15.47	<b>-4858.00</b>
Pures+/Ekosklad+	10 cm	15.47	0	<b>0</b>
NE razred	14 cm	21.07	5.60	<b>970.81</b>

Preglednica 35: Pregled investicijskih stroškov

Varianta:	Investicija	Subvencija	Končna vrednost	
brez izolacije	/	/	<b>0.00 €</b>	<b>0 €/m<sup>2</sup></b>
Pures+/Ekosklad+	4,858.00 €	/	<b>4,858.00 €</b>	<b>28 €/m<sup>2</sup></b>
NE razred	5,828.81 €	/	<b>5,828.81 €</b>	<b>33.6 €/m<sup>2</sup></b>

### 7.2.4 Stavbno pohištvo

Pri stavbnem pohištvu za izračun neto sedanje vrednosti upoštevamo le četrto postavko popisa del v zvezi s predelavo oken in okovja polken, ostalo upoštevam v ceni predračuna zamenjave stavbnega pohištva AJM za dvoslojna ali troslojna okna (preglednica 36). Tako upoštevamo le v primeru izračuna NSV saj primerjamo posamezne variante glede na prvotno stanje in je zaradi korektnosti primerjave potrebno upoštevati tudi strošek, ki je že bil izveden v trenutnem stanju v lastni režiji z dvoslojnimi PVC okni. Predračun za PVC dvoslojna in troslojna okna (nizkoenergijska varianta) je priložen v prilogi.

Preglednica 36: Pregled investicijskih stroškov

Varianta:	Popis del:	Predračun	Skupaj invest.:
Pures	4,800.00 €	14,873.66 €	<b>19,673.66 €</b>
Ekosklad	4,800.00 €	14,873.66 €	<b>19,673.66 €</b>
NE razred	4,800.00 €	19,910.77 €	<b>24,710.77 €</b>

### 7.2.5 Ostala dela

Pod ostala dela smo v popisu vključili končno čiščenje objekta, odvoz materiala in izdelavo varnostnega načrta, kar skupaj zneso 541.8 € ter zadnja postavka, kjer smo vključili razna manjša dela, ki se utegnejo pojaviti v višini 5% vrednosti celotnih del. V preglednici 37 prikazujemo cene za posamezne variante ostalih del.

Preglednica 37: Investicijski stroški ostalih del popisa

Varianta:	Skupaj:
Pures	<b>3,074.88 €</b>
Ekosklad	<b>3,193.36 €</b>
Pures+	<b>3,317.78 €</b>
Ekosklad+	<b>3,436.26 €</b>
NE razred	<b>3,898.47 €</b>

### 7.2.6 Skupni investicijski stroški po variantah

Posamezne investicijske stroške in končno vrednost investicijskih stroškov za posamezno varianto sanacije toplotnega ovoja stavbe predstavimo v preglednici 38. V preglednici so variante podane kakor v prejšnjih primerih: od sanacije toplotnega ovoja s tanjšo debelino proti debelejšim slojem toplotne izolacije posameznih sklopov in troslojne zasteklitve v zadnjem primeru (nizkoenergijska varianta). Najvišje investicijske stroške dobimo v primeru nizkoenergijske opcije, saj gre za debele sloje toplotne izolacije in praviloma dražja troslojna okna. Temu sledijo varianti poimenovani Pures, kjer subvencije Eko sklada niso na voljo, za tem pa sta opciji kjer pridobimo nepovratne subvencije sklada, kar občutno zniža višine investicij. Najnižje investicijske stroške pa ima seveda trenutno stanje, kjer smo upoštevali le izvedeno zamenjavo oken z novimi PVC dvoslojnimi okni.

Preglednica 38: Pregled celotnih investicijskih stroškov za posamezne variante

Varianta/ ukrep	Fasada:	Strop proti podstrešju:	Strop nad kletjo:	Ostalo:	Okna:	Investicijski stroški:
<b>Trenutno:</b>	0	0	0	0	14,873.66 €	<b>14,873.66 €</b>
<b>Pures:</b>	41,243.93 €	4,075.90 €	0	3,074.88 €	19,673.66 €	<b>68,068.37 €</b>
<b>Ekosklad:</b>	33,189.01 €	3,639.23 €	0	3,193.36 €	19,673.66 €	<b>59,695.25 €</b>
<b>Pures+:</b>	41,243.93 €	4,075.90 €	4,858.00 €	3,317.78 €	19,673.66 €	<b>73,169.27 €</b>
<b>Ekosklad+:</b>	33,189.01 €	3,639.23 €	4,858.00 €	3,436.26 €	19,673.66 €	<b>64,796.15 €</b>
<b>NE razred:</b>	41,282.85 €	3,773.93 €	5,828.81 €	3,898.47 €	24,710.77 €	<b>79,494.82 €</b>

### 7.3 Vzdrževalni stroški

Za določitev vzdrževalnih stroškov si pomagamo z vrednostmi, ki jih podaja Pravilnik o standardih vzdrževanja stanovanjskih stavb in stanovanj [27]. V prilogi pravilnika so podani:

- Opis elementa s potrebnim vzdrževanjem za normalno dobo trajanja elementa.
- Normalna doba trajanja elementa v letih.
- Faktor malih popravil od nove (investicijske) vrednosti, podan v %.

Ne glede na podane vrednosti v pravilniku smo upoštevali, kakor v začetku omenjeno, trideset letno življenjsko dobo elementov. Za toplotno izolacijo stropa proti podstrešju in nad kletjo podatki niso podani, zato smo smiselno upoštevali glede na podatke podanih sorodnih elementov. V preglednici 39 je primer prikaza opisa elementa in podanega faktorja malih popravil za primer fasade, iz prej omenjenega pravilnika.

Preglednica 39: Primer za vzdrževanje fasade [27]

Zap. št	Šifra	Opis elementa	Normalna doba trajanja elem. v letih n	Teoretična menjava v 60 letih $m=(60-n)/n$	Faktor malih popravil od nove vrednosti v %
79.	1.4.12.0	Kontaktne toplotnoizolacijske fasade (stiropor ali mineralna volna ipd. lepljena, nato ometana s plemenitim ometom)	30	1	30

Za primer fasade, smo za faktor malih popravil od nove vrednosti vzeli 20%, saj se nam zdi podanih 30% prevelik delež stroškov in je smiselnejša izbira malce nižje vrednosti. Tukaj so vključena: redna popravila mehansko poškodovanega ometa z istočasnim rednim vzdrževanjem visečih žlebov, odtočnih cevi in čiščenje okenskih polic zaradi preprečevanja umazanja fasade. Za dvoslojna in troslojna PVC okna, namesto podanih 15%, upoštevamo 10% malih popravil in trideset letno življenjsko dobo. Za toplotno izolacijo stropa proti podstrešju ni podatka, zato smo uporabili 2% glede na podane sorodne elemente, saj pri omenjenem ukrepu ni skoraj nikakršnih stroškov in popravil v življenjski dobi. Podobno smo naredili za toplotno izolacijo stropa nad neogrevano kletjo, kjer smo v življenjski dobi tridesetih let upoštevali 10% faktor malih popravil, saj gre tukaj le za redno čiščenje in morebitno popravilo odkrušenega ometa.

Vzdrževalne stroške izračunamo z enačbo (4) na ta način, da faktor malih popravil pomnožimo s stroški posamezne investicije in to vrednost delimo z življenjsko dobo elementa:

$$\text{Strošek vzdrževanja} = \frac{\text{faktor malih popravil} \times \text{strošek investicije}}{\text{življenjska doba}} \quad (4)$$

Omenjene stroške smo v izračunih upoštevali od drugega leta dalje. V tabeli 40 podajamo vzdrževalne stroške posamezne variante sanacije v tridesetletni življenjski dobi, ob upoštevanju 2.5% letne inflacije in 5% in 7% diskontne stopnje.

Preglednica 40: Vzdrževalni stroški pri 5% in 7% diskontni stopnji

Varianta/disk. st.	Trenutno:	Pures:	Ekosklad:	Pures+:	Ekosklad+:	NE razred:
5% diskontna st.	1,046.19 €	7,243.20 €	6,103.92 €	7,584.90 €	6,445.62 €	8,008.72 €
7% diskontna st.	818.12 €	5,664.17 €	4,773.26 €	5,931.39 €	5,040.47 €	6,262.81 €

#### 7.4 Obratovalni stroški

Ker obravnavana večstanovanjska stavba nima enotnega vira ogrevanja, smo za lažjo primerjavo za vir izbrali električno energijo. Najprej smo morali določiti ceno električne energije. Končna cena električne energije vključuje različne postavke:

- ceno omrežnine, ki jo določa sistemski operater distribucijskega omrežja (predstavlja okrog 37% končne cene),
- dodatke k omrežnini, ki jih določa Vlada Republike Slovenije (okrog 4%),
- ceno električne energije, ki jo določa dobavitelj (okrog 37% končne cene),
- trošarine, ki jo določa Vlada Republike Slovenije (okrog 0.8%),
- davek na dodano vrednost – DDV, ki ga določa Vlada Republike Slovenije (predstavlja okrog 18% končne cene) [28].

Enotno ceno električne energije je težko določiti saj nanjo vpliva veliko faktorjev, odvisna je tudi od obračunske moči in posameznih dobaviteljev. Iz omenjenih razlogov smo za izračun obratovalnih stroškov uporabili povprečno končno ceno električne energije v višini 0.132€/kWh [28] in upoštevali tendenco dviga cen, ki je enak inflaciji (2.5%). Prihranke letne toplote za ogrevanje posameznih variant (kWh/leto) prikazujemo v preglednici 41, v preglednici 42 pa obratovalne stroške (€) posameznih variant v tridesetletni dobi z upoštevanjem 2.5% letne rasti cene električne energije ob 5% in 7% diskontne stopnje.

Preglednica 41: Prihranek računske potrebne toplote za ogrevanje, v kWh na letni ravni

Varianta:	Prihranek [kWh/leto]:
Trenutno:	9244
Pures:	62406
Ekosklad:	64109
Pures+:	67962
Ekosklad+:	69622
Nizkoenergijski r.:	75831

Preglednica 42: Obratovalni stroški v tridesetletni dobi, ob 5% in 7% diskontni stopnji

Varianta/ disk. st.	Trenutno:	Pures:	Ekosklad:	Pures+:	Ekosklad+:	NE razred:
5% diskontna st.	256,488.61 €	101,394.06 €	96,425.74 €	85,185.01 €	80,342.14 €	62,228.03 €
7% diskontna st.	203,103.69 €	80,290.15 €	76,355.92 €	67,454.81 €	63,619.92 €	49,276.04 €

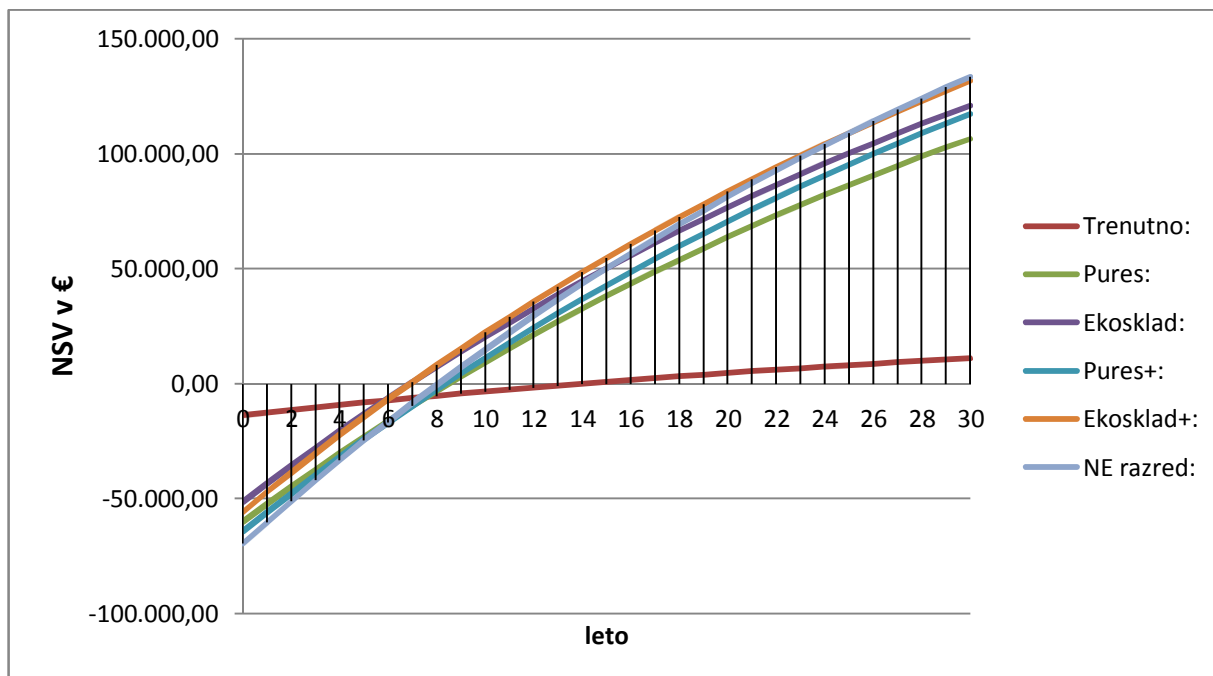
### 7.5 Neto sedanja vrednost in diskontna doba vračanja

Pri metodi NSV investicijske izdatke in donose diskontiramo na začetni termin  $t_0$ , ko nastopijo prvi investicijski izdatki. S tem, ko jih diskontiramo, vključimo časovno komponento tako, da so zneski investicijskih izdatkov in donosov v različnih časovnih enotah primerljivi. Diskontna stopnja je stopnja, s katero izračunamo sedanjo vrednost prihodnjih denarnih tokov in izraža stopnjo zahtevanega donosa.

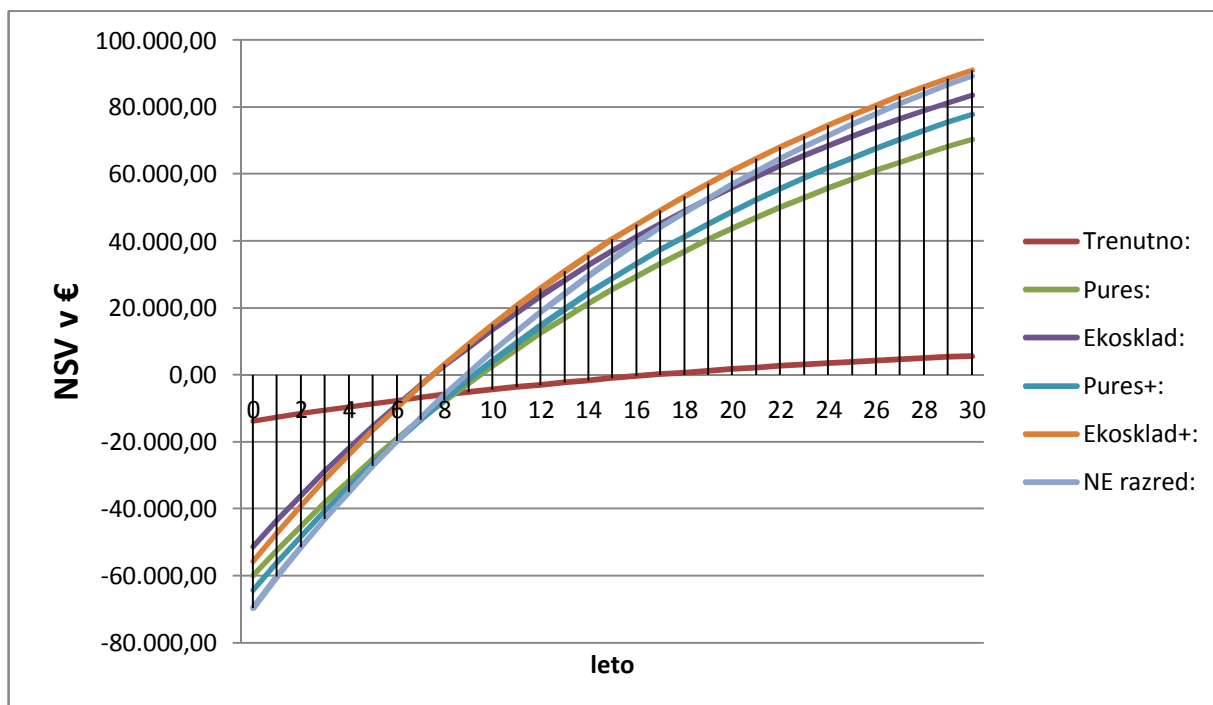
Skladno s to metodo, se med alternativnimi investicijami izbere tisto, ki prinese največjo neto sedanjo vrednost. Če je vrednost negativna, se investicijo zavrne, saj kaže, da pri uporabljeni diskontni stopnji (zahtevanemu donosu), vsota donosov ni dovolj velika, da bi se z njo nadomestili investicijski izdatki. Investicija torej z višjo NSV je boljša, kakor investicija z nižjo NSV. V primeru obravnavanja le stroškov (seštevanje le stroškov), pa je investicija z nižjo NSV stroškov boljša. Slabost metode je, da ne upošteva ustrezne velikosti investicijskih vlaganj, saj imata alternativni investiciji lahko enako NSV in sta po obravnavanem kriteriju enaki, čeprav zahtevata različna vlaganja [30],[31]. Neto sedanjo vrednost smo izračunali kot razliko med sedanjo vrednostjo donosov, v našem primeru sedanjo vrednostjo prihrankov pri ogrevanju in sedanjo vrednostjo vlaganj. V preglednici 43 prikazujemo končni izračun NSV (diskontirana na leto 2014) v 30-letni življenjski dobi in diskontne dobe vračanja ob upoštevanju 5% in 7% diskontne stopnje.

Preglednica 43: NSV vrednosti in diskontne dobe vračanja različnih variant sanacije

Varianta/ NSV	Trenutno:	Pures:	Ekosklad:	Pures+:	Ekosklad+:	NE razred:
NSV 5% d.s.	11,048.55 €	106,751.38 €	121,232.10 €	117,517.82 €	131,873.10 €	133,725.43 €
NSV 7% d.s.	5,663.48 €	70,436.26 €	83,634.53 €	77,903.49 €	91,002.41 €	89,425.28 €
diskontna doba vračanja 5% (leta)	13.9	8.5	6.9	8.3	6.9	8.0
diskontna doba vračanja 7% (leta)	16.7	9.4	7.5	9.2	7.5	8.9



Slika 13: NSV- 5% diskontna stopnja



Slika 14: NSV- 7% diskontna stopnja

Iz gornjih podatkov in slike 13 in 14, lahko vidimo potek neto sedanje vrednosti v tridesetletni življenjski dobi. Jasno razvidno in pričakovano najnižjo NSV dobimo pri varianti Trenutno stanje, saj imamo največje toplotne izgube in posledično visoke obratovalne stroške. V obeh izračunih ob upoštevanju 5 % in 7 % diskontne stopnje, imajo ostale variante enak vrstni red glede višin NSV, le

stanje sanacije Ekosklad+ in Nizkoenergijska varianta se ob upoštevanju različnih diskontnih stopenj nekoliko razlikujeta. Ob upoštevanju 5 % diskontne stopnje se izkaže kot najsmiselnejša izbira sanacije v nizkoenergijskem razredu, saj le ta prinese najvišjo neto sedanjo vrednost in se dodatno vloženi denar v debelejšje sloje izolacije in izolativnejša okna povrne po 26. letih v primerjavi z sanacijo Ekosklad+. Ob upoštevanju 7 % diskontne stopnje pa je najsmiselnejša izbira sanacije varianta Ekosklad+. Ob upoštevanju te diskontne stopnje, se torej dodatno vloženi denar v troslojna okna in debelejšje sloje toplotne izolacije v tridesetih letih še ne povrne in ima ta opcija najvišjo NSV. Najhitreje se v obeh primerih diskontnih stopenj povrne investicija variant Ekoskad in Ekosklad+, kjer se ob 5% diskontni stopnji povrne v slabih sedmih letih, ob 7 % diskontni stopnji pa po sedmih letih in pol. Ob primerjavi opcije Ekosklad in Pures lahko opazimo občutno skrajšanje dobe vračanja investicije z upoštevanjem nepovratnih subvencij Eko sklada. Ob 5 % diskontni stopnji se investicija povrne v letu in pol prej, ob 7 % diskontni stopnji pa skoraj v dveh letih prej, z upoštevanjem nepovratnih subvencij v primerjavi z opcijo Pures.

Potrebno je opozoriti, da so bile prikazane neto sedanje vrednosti in dobe vračanja investicij računane, glede na računске vrednosti prihrankov toplote za ogrevanje stavbe in niso nujno enake dejanskim vrednostim. V praksi so prihranki posameznih ukrepov toplotne izolacije ovoja stavbe običajno nekoliko nižji kakor izračunani pričakovani prihranki in so zato dobe vračanja daljše. Omenjena težava je bila izpostavljena in prikazana že v nekaterih diplomskih nalogah kolegov predhodnikov. Razlogi so lahko v bivalnih navadah stanovalcev, ki vzdržujejo po sanaciji višje temperature v prostorih, kakor v izračunih predpostavljenih, pa tudi prepogosto ali nepravilno prezračevanje stavb in ostali vzroki.

## **7.6 Primerjava stroškov ogrevanja za različne energente in vire ogrevanja**

Kakor je bilo že omenjeno, obravnavani objekt nima skupnega vira ogrevanja, zato je bilo podatke o dejanski rabi zelo težko dobiti. Uspeli smo vseeno pridobiti podatke distributerja za plinsko postajo, ki oskrbuje blok in od koder smo lahko razbrali, da le eno oziroma dve stanovanji uporabljata utekočinjeni naftni plin -UNP (propan-butan) za ogrevanje, ostala stanovanja to izkoriščajo le za kuhanje in ogrevanje sanitarne vode, ogrevajo se pa s pomočjo klimatskih naprav, peči na drva in elektrike. Prav zaradi omenjenih razlogov različnih virov ogrevanja, smo želeli narediti primerjavo vračilnih dob ob uporabi različnih energentov. Jasno je, da so ob uporabi dražjega energenta oziroma vira energije za ogrevanje, vračilne dobe krajše in bi bili stanovalci posledično bolj naklonjeni izvedbi ukrepov energetske sanacije ovoja stavbe, kakor tisti, ki uporabljajo energetske učinkovitejše, manj potratne vire za ogrevanje stavbe.

S pomočjo podatkov distributerja plina, o povprečni letni porabi 300 m<sup>3</sup> UNP v zadnjih treh letih za stanovanje v obravnavanem bloku, smo na tej podlagi izračunali dejansko merjeno porabo toplote za ogrevanje, ki odpade na kvadratni meter stanovanja. Ob upoštevanju kurilnosti UNP in povprečnega

izkoristka smo izračunali letno porabo toplote za ogrevanje v višini 132.0 kWh/m<sup>2</sup>a. Če ta podatek primerjamo z računsko vrednostjo predstavljeno v prejšnjih poglavjih za trenutno stanje objekta (134.2 kWh/m<sup>2</sup>a), lahko vidimo, da smo zelo dobro predstavili model in se računski in povprečna dejanska poraba v tem primeru zelo malo razlikujeta.

V nadaljevanju prikazujemo stroške ogrevanja stanovanja ob uporabi različnih energentov, za stanovanje v izmeri 74 m<sup>2</sup>, ob posamezni stopnja ukrepa toplotne sanacije zunanega ovoja stavbe.

Najprej smo zbrali podatke o povprečnih cenah različnih energentov. Na podlagi kurilnosti in izkoristka posameznega energenta, smo v izračunih uporabili prodajno ceno koristne energije, iz podatkov za mesec januar 2014 [29]. V preglednici 44 so podani uporabljeni podatki za posamezne energente. V preglednici 45 pa stroški ogrevanja stanovanja prikazani za različne energente.

Preglednica 44: Cene energentov [29]

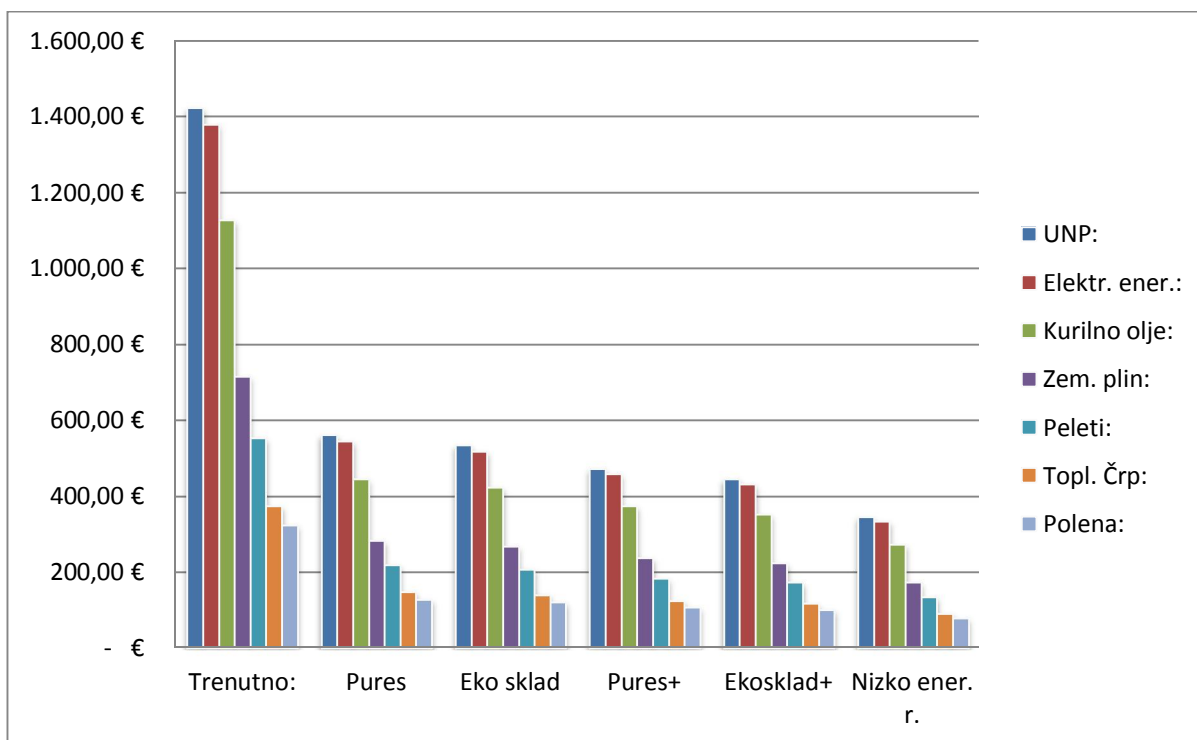
Energent:	Prodajna cena:	€/enota	Kurilnost:	kWh/enota	Končna energija [€/kWh]:	Izkoristek [%]:	Koristna energija [€/kWh]:
Zemeljski plin:	0.65	€/Nm <sup>3</sup>	9.5	kWh/Nm <sup>3</sup>	0.0684	95	0.072
UNP (propanbutan):	0.98	€/l	7.2	kWh/l	0.1361	95	0.143
Kurilno olje:	1.022	€/l	10	kWh/l	0.1022	90	0.114
Polena (bukova):	55.00	€/pm	2410	kWh/pm	0.0228	70	0.033
Peleti:	0.265	€/kg	5	kWh/kg	0.0530	95	0.056
Električna en. (povprečje)	0.132	€/kW	1		0.1320	95	0.139
Toplot. črpalka COP=3.5	0.132	€/kW	3.5	(COP)	0.0377	100	0.038

Preglednica 45: Stroški ogrevanja variant sanacije, po posameznih energentih

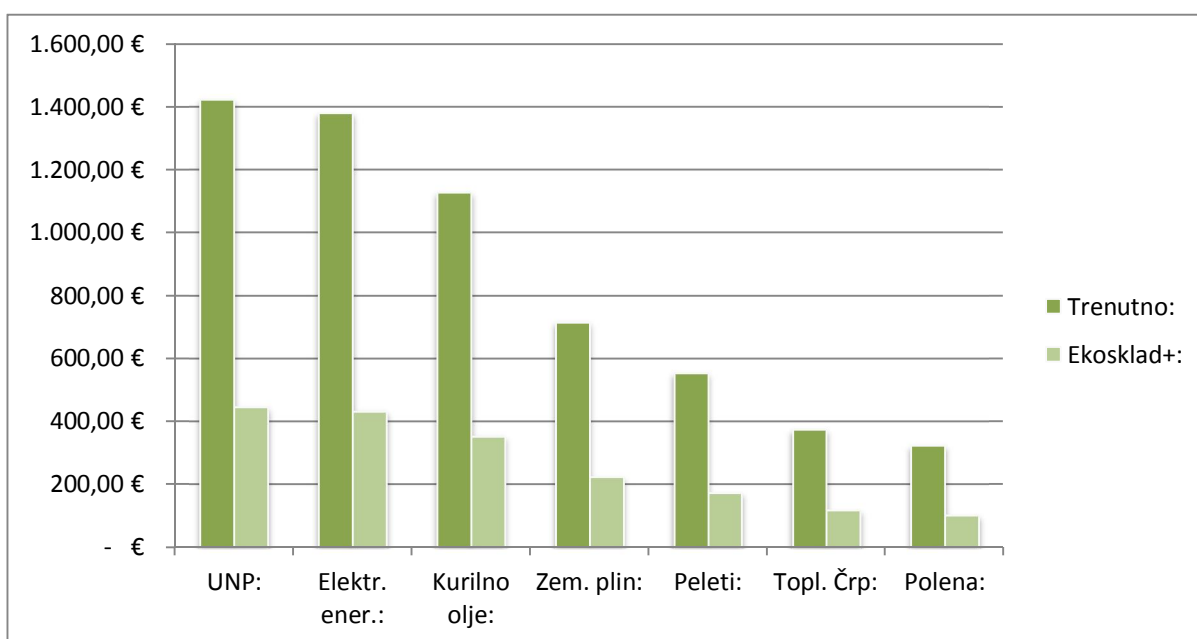
Stanje:	Stroški ogrevanja v €/stanovanje na leto:						
	UNP:	Elektr. ener.:	Kurilno olje:	Zem. plin:	Peleti:	Topl. Črp:	Polena:
Trenutno:	1,422.83 €	1,379.86 €	1,127.70 €	715.24 €	554.03 €	374.53 €	323.77 €
Pures	562.45 €	545.47 €	445.79 €	282.74 €	219.01 €	148.05 €	127.99 €
Eko sklad	534.89 €	518.73 €	423.94 €	268.88 €	208.28 €	140.80 €	121.71 €
Pures+	472.55 €	458.27 €	374.53 €	237.54 €	184.00 €	124.39 €	107.53 €
Ekosklad+	445.72 €	432.26 €	353.27 €	224.06 €	173.56 €	117.33 €	101.42 €
Nizko ener. raz.	345.21 €	334.79 €	273.61 €	173.53 €	134.42 €	90.87 €	78.55 €

Izračuni dokazujejo, da je najdražji vir energije za ogrevanje utekočinjeni naftni plin in elektrika. Tem sledita kurilno olje in zemeljski plin, še ugodnejši vir ogrevanja predstavlja ogrevanje s peleti in toplotno črpalko. Najugodnejši energent ogrevanja pa predstavljajo polena. Posamezne višine stroškov ogrevanja prikazujemo v sliki 15 od koder je lepo razviden upad stroškov ob povečevanju debelin toplotne izolacije ovoja in razlike oziroma razmerja stroškov med posameznimi energenti.





Slika 15: Stroški ogrevanja posameznih variant



Slika 16: Primerjava stroškov ogrevanja trenutnega stanja in izbrane verzije sanacije stavbe

Slika 16 nam nazorno prikazuje razliko v stroških ogrevanja med posameznimi energenti za trenutno stanje objekta in po izvedbi izbrane sanacije, katera prinaša okrog 70% računsko prihranke potrebne toplote za ogrevanje stavbe in s tem občutno nižje stroške ogrevanja.

Ob prikazanih izračunih lahko tudi predvidimo, komu bi se investicija najprej povrnila in kdo bi bil najverjetneje najprej zainteresiran za izvedbo energetske sanacije objekta. Tukaj bi dodali, da prikazane primerjave temeljijo na finančnih kazalnikih in ne upoštevajo tudi ostalih faktorjev, ki lahko vplivajo na odločitev posameznika o najprimernejšem viru ogrevanja. Investitor mora tako hkrati upoštevati več dejavnikov, kot so: stroški nabave, vgradnje in vzdrževanja sistema, cena in dobavljivost energenta, udobje ogrevalnega sistema, koliko dragocenega prostora nam zavzema ter ne nazadnje okoljevarstveno primernost energenta.

Zato pa ob teh podatkih ne smemo pozabiti, da učinkov energetske sanacije ne smemo meriti in določati le na podlagi finančnih kazalnikov, ampak tudi v pogledu varčevanja z neobnovljivimi viri energije in varovanju okolja. Prav zaradi tega, posvečamo zadnje poglavje temi okoljskega vpliva, ki ga imajo različni materiali toplotnih izolacij v pogledu ogljičnega odtisa.

## **8 OGLJIČNI ODTIS IN ANALIZA ŽIVLJENJSKEGA CIKLA (LCA)**

Ker so stavbe ključni akter pri rabi zemeljskih virov, predvsem v času njihove uporabe, je za doseg ciljev, ki so opredeljeni v strategijah EU, nujno potrebno osredotočenje na izboljšanje energetske učinkovitosti stavb. Za nepristransko vrednotenje vplivov gradbenih materialov in stavb na okolje je smiselno uporabiti čim bolj objektivna merila okoljskih obremenitev, kot je analiza življenjskega cikla (LCA) oziroma ogljični odtis, s pomočjo katerega ovrednotimo emisije toplogrednih plinov, povezane s produktom po količinsko najbolj pomembnem toplogrednim plinom CO<sub>2</sub> [5].

Z vse zahtevnejšimi okoljskimi zahtevami za delovanje stavbe, je naslednji pomemben korak povečanje učinkovitosti gradbenih materialov in gradbenih metod ob upoštevanju njihovih okoljskih vplivov. Težiti moramo k zmanjšanju ogljičnega odtisa gradbenih materialov in k zmanjšanju rabe primarne energije skozi celotno življenjsko dobo konstrukcije. Skozi politiko zelenih javnih naročil, se povečuje pomen okoljske učinkovitosti proizvodov. V gradbenem sektorju to predstavlja velik potencial, saj je grajeno okolje odgovorno za približno 35% vseh izpustov toplogrednih plinov in 42% porabe energije v Evropi [33]. Povečanje uporabe naravnih materialov, kot na primer lesa za proizvodnjo izdelkov in gradbenih elementov, ima velik potencial za zmanjšanje okoljskih vplivov. Les je eden izmed redkih obnovljivih naravnih materialov, ki zaradi specifik nastanka v procesu fotosinteze iz ozračja veže CO<sub>2</sub>. Leseni izdelki in les v času svoje celotne življenjske dobe tega plina tudi ne sproščajo v ozračje, temveč je v njih ogljik skladiščen (sekvestracija CO<sub>2</sub>) [34].

Kot odgovor na okoljske spremembe zaradi posledice človeškega delovanja, se razvijajo in izvajajo različne iniciative in pobude na lokalni, nacionalni in mednarodni ravni z namenom omejitve količin izpustov toplogrednih plinov. Učinkovite so lahko le v primeru, da temeljijo na ocenjevanju, opazovanju, spremljanju in poročanju o emisijah toplogrednih plinov v celotnem življenjskem ciklu. Z

drugimi besedami, analiza mora upoštevati vse vložke »inpute« (npr. energije, materiale) in »outpute« (npr. emisije, odpadke, stranske produkte) za vsako fazo predelave in obdelave, od pridobivanja, uporabe, vzdrževanja in odstranitve [33].

### 8.1 Analiza življenjskega cikla (LCA)

Analiza življenjskega cikla je analitično orodje za sistematično objektivno vrednotenje vseh bistvenih vplivov, ki jih ima izdelek, storitev ali subjekt na okolje v svojem življenjskem ciklu. Namen analize LCA je optimizirati dizajn, proizvodne in tržne postopke ter izbiro materiala tako, da so poraba energije, vode in drugih virov ter emisije škodljivih snovi v okolje čim manjši (ISO 14040, 2006). LCA je metodologija, ki to presoja na celovit in pregleden način na podlagi dejstev in strokovnega znanja. V analizi LCA poznamo več različic, najpogostejše so:

- Od zibelke do groba (ang. *Cradle-to-grave*): je analiza, ki spremlja proizvodnjo izdelka od začetka nastanka do konca njegove življenjske dobe.
- Od zibelke do izhoda (ang. *Cradle-to-gate*): je analiza delnega življenjskega cikla od proizvodnje (»zibelke«) do vrat tovarne, preden pride do uporabnika ali potrošnika.
- Od zibelke do zibelke (ang. *Cradle-to-cradle*): je oblikovana analiza, ki se zavzema za odpravo odpadkov z recikliranjem materiala, namesto odlaganja. Je metoda za zmanjševanje vpliva izdelkov na okolje z uporabo trajnostne proizvodnje, delovanja in načini odstranjevanja.

Možne stopnje življenjskega cikla, ki jih vključuje analiza LCA ter značilni vhodi in izhodi obravnavanega sistema so predstavljene na sliki X. Analiza LCA je opredeljena v ISO 14040 (2006), in sicer zajema štiri korake:

1. Opredelitev cilja in obsega študije - Definicija in opis izdelka, procesa ali dejavnosti. Določijo se meje sistema oz. obseg študije ter vplivi na okolje, katere želimo ovrednotiti. Opredeli se tudi funkcionalna enota, na katero so preračunajo okoljski vplivi.
2. Pridobivanje podatkov (inventar) – Zberejo se dve skupini podatkov. Kvalitativni podatki o uporabljenih materialih, porabljeni energiji itd. in emisijski faktorji, povezani z uporabljenimi materiali in energetske potrebe.
3. Modeliranje - Modeliranje pomeni grupiranje podatkov (npr. material / proces x njegov emisijski faktor) za vsako stopnjo in podstopnjo. Ker je podatkov ponavadi zelo veliko in je potrebno v vsakem koraku zagotavljati masno bilanco materialov, se modeli oblikujejo v obliki podsistemov in mrež.
4. Interpretacija rezultatov - Ovrednotenje rezultatov analize, s katerimi pridobimo informacijo o zelenem izdelku, procesu ali dejavnosti.

### 8.1.1 Prednosti in pomanjkljivosti analize LCA

Prednost uporabe analize LCA je, da nam pomaga izbrati izdelek, ki ima iz vidika negativnih vplivov na okolje najmanjši učinek. Metodologija nam omogoča tudi ugotavljanje glavnih faktorjev oziroma najpomembnejših okoljskih vplivov in alternativnih izboljšav za nadaljnje zmanjšanje le teh. Ta podatek lahko uporabimo pri iskanju okoljevarstvenih rešitev in iskanju ekonomičnih ter kakovostnih izdelkov. Je torej pripomoček, ki proizvajalcu ali kupcu izdelka omogoči, da se odloči in izbere optimalno tehnologijo oziroma izdelek glede na okoljske vplive, ki jih ta izdelek ustvarja v toku svojega življenjskega cikla.

Pri uporabi analize LCA se v praksi srečujejo s številnimi praktičnimi omejitvami in pomanjkljivostmi. Rezultati LCA niso neposredno prenosljivi iz države v državo, iz panoge v eni državi v drugo državo, ali iz panoge podjetja v drugo podjetje, saj so v izračunih upoštevani različni geografski specifični podatki. Rezultati tako ne morejo ponuditi odgovora na vprašanje, kateri izdelki so za okolje splošno primernejši, cenejši ali kvalitetnejši.

### 8.1.2 Opredelitev cilja in obsega študije

Opredelitev cilja in obsega študije je prvi korak analize LCA, kjer v procesu odločanja definiramo cilje, namen in metodo vključevanja vplivov na okolje. Na tej stopnji morajo biti določene naslednje predpostavke: vrsta informacije potrebna v procesu odločanja, potrebna stopnja natančnosti rezultatov in način podajanja rezultatov, da bodo uporabni in razumljivi. V primerjalnih študijah LCA je pomembno, da so sistemi primerjani na podlagi funkcionalnih enot oziroma ekvivalentnih funkcij. Funkcionalna enota je med najpomembnejšimi elementi analize LCA, saj predstavlja kvantitativno meritev vpliva produkta nekega sistema. Na začetku analize moramo določiti naslednje osnovne parametre:

- Definicija cilja projekta
- Določitev tipa potrebnih informacij za proces odločanja
- Določitev ureditve podatkov in rezultatov
- Določitev faz LCA
- Določitev zelene natančnosti podatkov
- Določitev osnovnih pravil za izvrševanje dela.

### 8.1.3 Inventar življenjskega cikla (LCI)

Inventar življenjskega cikla je faza, v kateri se zbirajo vsi za analizo LCA pomembni podatki. Je postopek, ki vključuje energijo, surovine, emisije v zraku ter vodi, trde odpadke in ostale vplive za celoten življenjski cikel izdelka, dejavnosti ali procesa. Brez LCI nimamo podlage za vrednotenje primerljivih okoljskih vplivov ali možnih izboljšav. Njegova natančnost pa se odraža skozi ostale korake analize LCA. Ključni koraki LCI so:

- razvoj diagrama procesnega poteka,
- razvoj načrta za zbiranje podatkov,
- zbiranje podatkov in
- poročanje in vrednotenje rezultatov.

#### **8.1.4 Vrednotenje vplivov (LCIA)**

Vrednotenje vplivov je faza analize življenjskega cikla, kjer ovrednotimo potencialne vplive storitev, procesov ali izdelkov, ki smo jih identificirali v inventarju življenjskega cikla (LCI). LCIA skuša poiskati povezavo med izdelkom ali storitvijo ter vplivi, ki ju imata na okolje, naravo ali ljudi. Ključen pojem v tem koraku je pojem faktorja obremenitve, ki je skupek okoliščin, ki lahko povzroči vpliv na okolje. LCIA nam torej ponuja veliko bolj podrobno osnovo, na podlagi katere izvajamo primerjave, na primer, kateri izdelek povzroča večjo emisijo toplogrednih plinov, kateri povzroča večjo količino iztoka strupenih odpadkov v vode, kateri od izdelkov je bolj škodljiv, itd. V fazi LCIA so ključni naslednji koraki [32]:

- Definicija kategorij vplivov (identificiranje kategorij vplivov na okolje npr. segrevanje ozračja, zakisovanje, itd.);
- Klasifikacija oziroma razvrstitev (dodeljevanje LCI rezultatov kategorijam vpliva, npr. klasificiranje CO<sub>2</sub> k segrevanju ozračja);
- Karakterizacija oziroma označevanje (modeliranje LCI vplivov znotraj kategorij vplivov z uporabo faktorjev konverzije, npr. modeliranje potencialnega vpliva plinov metana in CO<sub>2</sub> na segrevanje ozračja);
- Normalizacija (podajanje potencialnih vplivov v obliki, ki omogoča primerjavo, npr. primerjanje vpliva segrevanja ozračja zaradi emisij metana in zaradi CO<sub>2</sub>);
- Razvrščanje (sortiranje kazalnikov vplivov, npr. razvrščanje kazalnikov po lokaciji: krajeven, pokrajinski, globalen);
- Ponderiranje (poudarjanje najpomembnejših potencialnih vplivov);
- Vrednotenje in poročanje LCIA rezultatov.

#### **8.1.5 Interpretacija življenjskega cikla**

Interpretacija življenjskega cikla je zadnji korak analize LCA. Je sistematična tehnologija za odkrivanje, kontroliranje, merjenje, vrednotenje in uspešno poročanje podatkov, pridobljenih z rezultati LCI in LCIA. Mednarodna organizacija za standardizacijo ISO, je za ta korak definirala dva cilja:

- Analiziranje rezultatov, razlaga omejitev in nudenje priporočil na podlagi rezultatov prejšnjih razvojnih stopenj LCA ter jasna interpretacija rezultatov življenjskega cikla.

- Nudnje razumljive, dosledne in celovite predstavitve rezultatov analize LCA z upoštevanjem zastavljenega cilja in obsega študije.

Navodila za vodenje koraka interpretacije življenjskega cikla so opisana v standardu ISO 14043:2000 (Ocenjevanje življenjskega cikla: Interpretacija življenjskega cikla), kjer so opisani in obrazloženi naslednji koraki:

- identificiranje pomembnih vsebin,
- ocenitev popolnosti, skladnosti in natančnosti podatkov in
- sprejemanje sklepov in priporočil.

Ko je analiza LCA končana, je potrebno s pomočjo zbranega gradiva pripraviti poročilo o poteku študije, kjer mora poročilo na jasen in urejen način predstaviti rezultate, podatke, metode, omejitve in predpostavke tako podrobno, da omogočajo bralcu razumevanje študije LCA [32].

## 8.2 Ogljični odtis

Ogljikov dioksid, ki služi kot osnovna enota, predstavlja osnovni antropogeni toplogredni plin, ki ruši energetske uravnoteženost zemlje. Ogljični odtis je seštevek izpustov toplogrednih plinov, ki jih posredno ali neposredno povzroči organizacija, izdelek, storitev ali druge aktivnosti, ki povzročajo ali prispevajo k izpustom toplogrednih plinov v določenem časovnem obdobju. Opredejen je v enoti ekvivalenta CO<sub>2</sub>. V izračun ogljičnega odtisa so poleg ogljičnega dioksida vključeni tudi drugi toplogredni plini: metan (CH<sub>4</sub>), klorofloroogljikovodiki (CFC), didušikovi oksidi (N<sub>2</sub>O). Tej plini so sicer veliko močnejši toplogredni plini kot CO<sub>2</sub>, vendar se jih količinsko proizvede veliko manj, zato so njihove emisije preračunane na ekvivalentno količino CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-e) [5].

### 8.2.1 Standardi in norme v gradbenem sektorju

Trajnostni razvoj na področju gradbenega sektorja v veliki meri temelji na standardih in direktivah različnih organizacij, kot so Evropski komite za standardizacijo (CEN) in Mednarodna organizacija za standardizacijo (ISO). V nadaljevanju bomo navedli nekaj najpomembnejših standardov v povezavi z LCA in ogljičnim odtisom, v mednarodnem in evropskem merilu iz področja gradbenega sektorja.

Tehnične smernice definirajo pravila za sistemske meje, vhodne in izhodne podatke kot tudi alternativne komunikacijske oblike, odvisno od namena ocene. Metodologija za vrednotenje ogljičnega odtisa predlagana v tehničnih specifikacijah ISO/TS 14067 se tesno navezuje na ocenjevanje življenjskega cikla proizvodov znotraj družine okoljskih standardov ISO 14000, kot to predvidevata standarda ISO 14040 (*Environmental management- Life cycle assessment- Principles and framework*) in 14044 (*Environmental management- Life cycle assessment-Requirements and guidelines*) s tem, da se ocenjevanje omejuje le na popis parametrov, ki prispevajo k toplogrednemu učinku.

Na ravni Evropske unije trenutno poteka pobuda za uskladitev metodologij (ICLD) v okviru Evropske komisije, kateri naj bi temeljili na zgoraj omenjenih ISO standardih [25]. Trenutno obstajata dva načina ocenjevanja ogljičnega odtisa stavb. Z uporabo EN 15978 za cele stavbe oziroma EN 15804 za izdelke na splošno, ali uporabo splošnega pristopa pri ocenjevanju le ogljičnega odtisa z ISO/TS 14067:2013. Kateri od dveh pristopov je primernejši, je seveda odvisno od obsega in cilja študije. Standard EN 15804 ureja vsebino in strukturo za okoljske deklaracije proizvodov (Environmental Product Declarations- EPDs), za gradbene proizvode na splošno. Uporabljata se tudi standard WRI/WBCSD GHG Protocol za organizacije, kjer gre za pristop »*step by step*« glede kvantifikacije emisij toplogrednih plinov iz delovanja organizacije in poročanje o toplogrednih plinih ter WRI/WBCSD GHG Protocol za storitve in izdelke, kjer se identificira možnosti zniževanja toplogrednih plinov v dobavni verigi, omogoča sledenje in spodbuja sodelovanje celotne dobavne verige [34]. Poleg naštetih se uporablja še PAS 2050 (2011) (*Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*), katerega predstavljamo v nadaljevanju.

### **PAS 2050**

PAS 2050 je javno dostopna specifikacija ocenjevanja življenjskega cikla emisij toplogrednih plinov. Razvili so ga na *British Standards Institute* v sodelovanju z industrijo, kot odziv na željo skupnosti in industrije, po metodi za ocenjevanje emisij toplogrednih plinov v življenjskem ciklu proizvodov in storitev. Namen specifikacije je zagotoviti dosledno metodo in postopek določanja emisij toplogrednih plinov v življenjskem ciklu določenega izdelka oz. izdelkov. Metodologija je osnovana na standardih ISO 14040 in ISO 14044 [36], [37].

Specifikacija, za določitev ogljičnega odtisa v življenjskem ciklu proizvoda oziroma storitve, zahteva vključitev in identifikacijo:

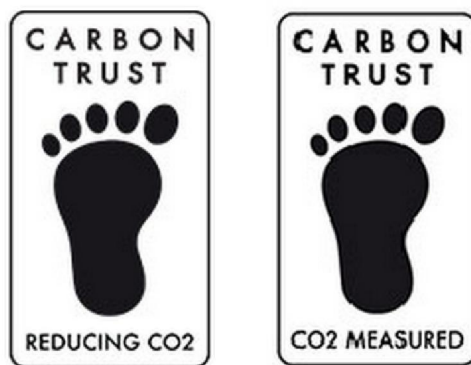
- funkcionalne enote;
- enega od dveh ocenjevalnih metod:
  - od zibelke do groba (»*cradle-to-grave*«), kateri vključuje emisije, ki izhajajo iz celotnega življenjskega cikla (od pridobivanja surovin do odstranitve);
  - od zibelke do vrat (»*cradle-to-gate*«), kateri vključuje povzročene emisije od izkopa surovin, transporta, vključno s proizvodnjo produkta;
- vpliv CO<sub>2</sub> ekvivalenta v dobi 100 let;
- druge emisije;
- vrednost skladiščenega CO<sub>2</sub>;
- neposredna sprememba rabe zemljišč.

Navedeni podatki se vključijo s pomočjo naslednjih korakov PAS 2050 (2011):

- skica oziroma načrt življenjskega cikla izdelka;
- določitev mej in prednostnih razvrstitev;

- zbiranje podatkov (o količini materialov, emisijskih faktorjih v vseh fazah življenjskega cikla, odvisno od metod oz. pristopa);
- izračun ogljičnega odtisa;
- ocena natančnosti izračuna (negotovost).

Izdelki, katerih ogljični odtis je izračunan po standardu PAS2050 (2011), si lahko pridobijo 2 oznaki (slika 17). Prva je oznaka zmanjševanja CO<sub>2</sub> '*Reducing CO2 Label*' (standardizirana oznaka, ki opisuje emisije CO<sub>2</sub> ekvivalenta proizvoda, od proizvodnje do odstranitve), ki omogoča učinkovit način sporočanja, da je organizacija oz. podjetje izračunala ogljični odtis proizvodov ali storitev in jih tudi certificirala ter se zaveza k zmanjšanju le tega [38]. Podjetja si lahko za svoje izdelke pridobijo tudi oznako meritve CO<sub>2</sub> '*CO2 Measured Label*', ki prikazuje, da je bil ogljični odtis natančno izračunan in omogoča sporočanje ogljičnega odtisa izdelka oziroma storitve. Ne zahteva pa zaveze k zmanjšanju ogljičnega odtisa in ne mora izražati dosežkov na tem področju.



Slika 17: Oznake, ki se nanašajo na ogljični odtis (vir[38])

### 8.3 Izračun ogljičnega odtisa

#### 8.3.1 Metode in postopek računa

V tem poglavju bomo predstavili izračune ogljičnega odtisa. V ta namen smo izračun razdelili na dve varianti. Prva varianta predstavlja sanacijo celotnega ovoja stavbe z uporabo izključno EPS (ekspandiranega polistirena), druga varianta pa predstavlja sanacijo stavbe z uporabo mineralne volne (steklene in kamene volne). Zanimalo nas je, kakšna je razlika med omenjenima variantama glede ogljičnega odtisa vgrajenih materialov. Torej katera izbira materialov, s katerimi bi toplotno izolirali stavbo, predstavlja manjši vpliv na okolje.

V izračunu smo upoštevali zgolj ogljične emisije materialov. Podatki o materialih so bili enostopenjski- življenjske stopnje pred dobavo materiala nismo analizirali, temveč so bila njihova okoljska bremena vključena preko pridobljenih emisijskih faktorjev iz baze Ecoinvent 2.0 (2010) [39]. Analiza ni vključevala bremen, povezanih z izdelavo opreme (npr. strojev, uporabljenih v proizvodnji), gradnjo stavb (predvideva se, da so le te obstoječe in njihov obstoj ni pogojen s



proizvodnjo izdelka) in poslovanja vključenih poslovnih subjektov (npr. poslovnih potovanj, ogrevanja poslovnih prostorov). Ker v tehničnih listih, sestava posameznih produktov ni natančno opredeljena, smo uporabili približke. Za vsako varianto smo upoštevali različne debeline toplotne izolacije, za doseg toplotne prehodnosti  $U$  posameznega konstrukcijskega sklopa (Pures, Ekosklad, Nizkoenergijski razred, itd.), kakor predstavljeno v poglavju 4. Za opcijo z drugo vrsto toplotne izolacije, pa smo upoštevali potrebno enakovredno debelino toplotno izolacijskega materiala, glede na toplotno prevodnost materiala ( $\lambda$ ), da dosežemo toplotno prehodnost  $U$  posamezne variante konstrukcijskega sklopa.

V preglednici 46 so predstavljeni izbrani materiali in materiali upoštevani v izračunu ogljičnega odtisa iz baze Ecoinvent 2.0 ter pripadajoči ogljični odtis enega kilograma materiala v kilogramih  $\text{CO}_2$  ekvivalenta. Najprej še nekaj besed o posameznih oznakah, ki se pojavljajo v preglednici: »CH« pomeni, da so uporabljeni podatki pridobljeni v Švici, »U« (Unit)- emisijski faktor se nanaša na enoto npr.  $\text{kg}$ ,  $\text{m}^3$ , itd., »GLO« (Global)- podatki so bili pridobljeni tako, da veljajo za cel svet, »unspecific« - nedoločen vir surovin.

Preglednica 46: Uporabljeni materiali za izračun ogljičnega odtisa in baza materialov Ecoinvent 2.0

<b>Materiali:</b>	<b>Izbrani material: baza Ecoinvent 2.0</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>e/kg]</b>
Demit Stirofix lepilo	Cement, unspecific, at plant/CH U	0.759
Demit Original EPS plošča 039	Polystyrene, expandable, at plant/RER U	3.38
Demit armirna mrežica	Styrene, at plant/RER U	1.38
Demit Original malta	Adesive mortar, at plant/CH U	1.09
Demit Primer	Solvents, organic, unspecific, at plant/GLO U	2.38
Demit zaključni omet	Thermal plaster, at plant/CH U	0.767
Parna ovira LDS 2 Silk	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	0.0139
Demit Mineral lepilo	Cement, unspecific, at plant/CH U	0.759
Demit Mineral malta	Adesive mortar, at plant/CH U	1.09
Demit plošča/lamela iz kamene volne	Rock wool, at plant/CH U	1.08
Steklena volna Knauf Insulation 040	Glass wool, at plant/CH U	1.46

V preglednicah 47 in 48 so predstavljeni podatki za posamezno varianto in rezultati. Podana je poraba posameznega materiala v kilogramih na kvadratni meter konstrukcijskega sklopa, ogljični odtis na enoto mase toplotno izolacijskega materiala (v kilogramih  $\text{CO}_2$  ekvivalenta na  $\text{kg}$  materiala) in ogljični odtis na enoto površine ovoja ( $\text{m}^2$ ). Varianta A predstavlja sanacijo fasade, stropa proti podstrešju in stropa nad neogrevano kletjo izvedeno v celoti z ekspandiranim polistirenom. Izbrali smo Demit

Original EPS ploščo s toplotno prevodnostjo  $\lambda=0.039$  W/mK, podjetja Fragmat. Varianta B pa prikazuje celotno sanacijo v primeru uporabe mineralne volne, torej steklene volne in kamene volne. Za stekleno volno smo uporabili izdelek podjetja Knauf Insulation- Večnamenski filc Classic 040 s toplotno prevodnostjo  $\lambda=0.040$  W/mK. Za kameno volno smo uporabili fasadno ploščo Rockwool Frontrock max- E s toplotno prevodnostjo  $\lambda=0,036$  W/mK in izolacijsko lamelo Rockwool Fasrock L s toplotno prevodnostjo  $\lambda=0.042$  W/mK.

### 8.3.2 Rezultati in komentar

Preglednica 47: Podatki za varianto A

<b>VARIANTA A (celotna obnova z EPS)</b>			<b>Poraba materiala: [kg/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Ogljični odtis 1 kg materiala: [kgCO<sub>2</sub>e/kg]</b>	<b>Ogljični odtis materiala na m<sup>2</sup>: [kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>]</b>
<b><i>FASADA:</i></b>					
Demit Stirofix lepilo			3.5	0.759	2.66
Demit Original EPS plošča 039 (17kg/m <sup>3</sup> )	A1) Pures	12 cm	2.04	3.38	6.90
	A2) Ekosklad	14 cm	2.38		8.04
	A3) NE razred	22 cm	3.74		12.64
Demit armirna mrežica (150g/m <sup>2</sup> , 1m <sup>2</sup> =1.1m <sup>2</sup> ar.mre)			0.165	1.38	0.23
Demit Original malta			4.5	1.09	4.91
Demit Primer			0.1	2.38	0.24
Demit zaključni omet (1.5K granulacija)			2	0.767	1.53
<b><i>STROP PROTI PODSTREŠJU:</i></b>					
Parna ovira LDS 2 Silk (110g/m <sup>2</sup> )		0.02 cm	0.11	0.0139	0.001
Demit Original EPS plošča 039 (17kg/m <sup>3</sup> )	A1) Pures	14.6 cm	2.482	3.38	8.39
	A2) Ekosklad	23.4 cm	3.978		13.45
	A3) NE razred	25.4 cm	4.318		14.59
<b><i>STROP NAD NEOGREVANO KLETJO:</i></b>					
Demit Stirofix lepilo			3.5	0.759	2.66
Demit Original EPS plošča 039 (17kg/m <sup>3</sup> )	A)Pures+,Ekosklad +	9.3 cm	1.581	3.38	5.34
	A3) NE razred	13 cm	2.21		7.47
Demit armirna mrežica (150g/m <sup>2</sup> , 1m <sup>2</sup> =1.1m <sup>2</sup> ar.mre)			0.165	1.38	0.23
Demit Original malta			4.5	1.09	4.91
Demit Primer			0.1	1.28	0.13
Demit zaključni omet			2	0.767	1.53

Preglednica 48: Podatki za varianto B

<b>VARIANTA B (celotna obnova z mineralno volno)</b>			Poraba materiala: [kg/m <sup>2</sup> ]	Ogljični odtis 1 kg materiala: [kgCO <sub>2</sub> e/kg]	Ogljični odtis materiala na m <sup>2</sup> : [kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ]
<b>FASADA:</b>					
Demit Mineral lepilo			6	0.759	4.55
Demit Plošča iz kamene volne (Frontrock Max E 036: 150kg/m <sup>3</sup> )	B1) Pures	11.1 cm	16.65	1.08	17.98
	B2) Ekosklad	12.9 cm	19.35		20.90
	B3) NE razred	20.3 cm	30.45		32.89
Demit armirna mrežica (150g/m <sup>2</sup> , 1m <sup>2</sup> =1.1m <sup>2</sup> ar.mre)			0.165	1.38	0.23
Demit Mineral malta			6	1.09	6.54
Demit Primer			0.1	2.38	0.24
Demit zaključni omet (1.5K granulacija)			2	0.767	1.53
<b>STROP PROTI PODSTREŠJU:</b>					
Parna ovira LDS 2 Silk (110g/m <sup>2</sup> )		0.02 cm	0.11	0.0139	0.001
Steklena volna (Knauf Insulation Classic 040: 35 kg/m <sup>3</sup> )	B1) Pures	15 cm	5.25	1.46	7.67
	B2) Ekosklad	24 cm	8.4		12.26
	B3) NE razred	26 cm	9.1		13.29
<b>STROP NAD NEOGREVANO KLETJO:</b>					
Demit Mineral lepilo			6	0.759	4.55
Demit lamele iz kamene volne (Fasrock 042:90kg/m <sup>3</sup> )	B)Pures+,Ekosklad +	10 cm	9	1.08	9.72
	B3) NE razred	14 cm	12.6		13.61
Demit armirna mrežica (150g/m <sup>2</sup> , 1m <sup>2</sup> =1.1m <sup>2</sup> ar.mre)			0.165	1.38	0.23
Demit Mineral malta			6	1.09	6.54
Demit Primer			0.1	1.28	0.13
Demit zaključni omet			2	0.767	1.53

Tukaj bi opozorili predvsem na način podajanja ogljičnega odtisa. S primerjavo podatkov v preglednicah 47 in 48, je lepo razvidno, da navajanje okoljskega vpliva po enoti teže proizvoda (kgCO<sub>2</sub>e/kg) ne predstavimo dejanskega stanja, saj ne upoštevamo razlike v gostoti materiala in toplotni prevodnosti toplotne izolacije. Tako se zgodi, da ima EPS s 3.38 kgCO<sub>2</sub>e/kg veliko slabšo oceno v primerjavi s kameno volno z 1.08 kgCO<sub>2</sub>e/kg. Če pa upoštevamo še razliko v gostoti in toplotni prevodnosti materialov, dobimo obraten rezultat, EPS povzroča manjši okoljski vpliv kakor izbrana kamena volna v kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>.

Vrednosti ogljičnega odtisa na kvadratni meter, za posamezno varianto sanacije konstrukcijskega sklopa so predstavljene v preglednicah 49 in 50. Zadnji stolpec v preglednicah predstavlja celoten ogljični odtis posamezne variante

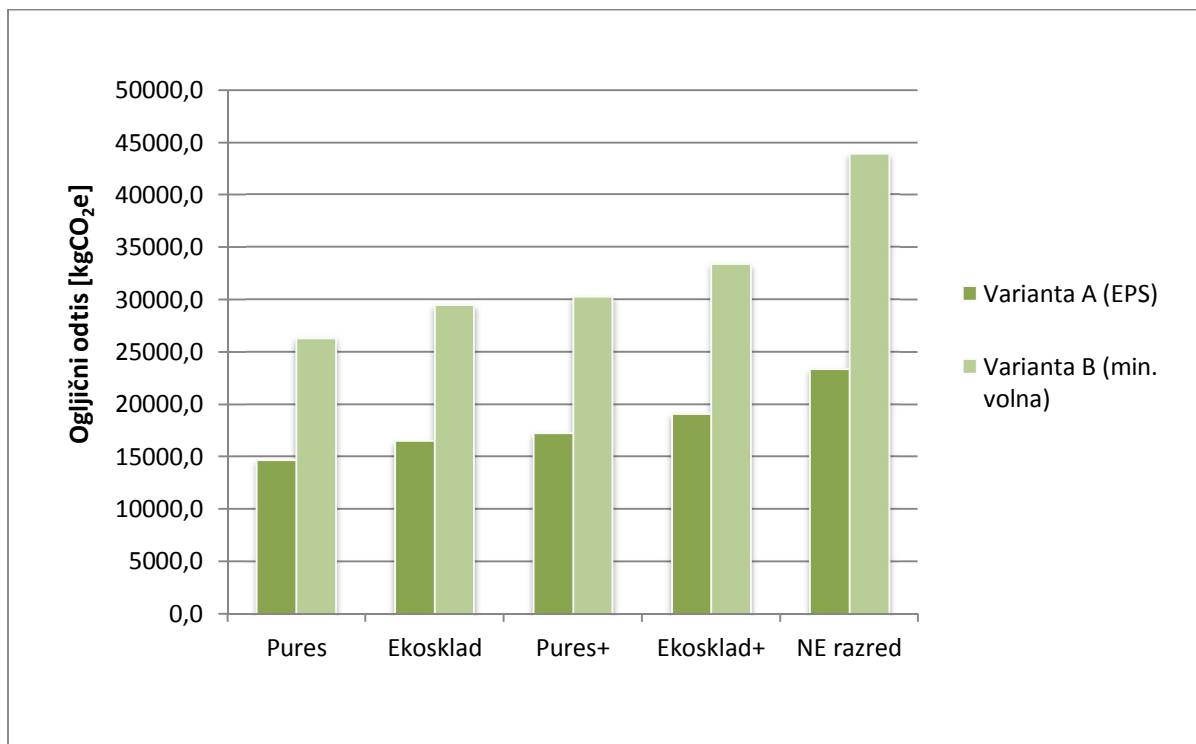
Preglednica 49: Ogljični odtis variante A za vsak konstrukcijski sklop posebej v [kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>] in celotni ogljični odtis posamezne variante [kgCO<sub>2</sub>e]

Varianta A:	Fasada	Strop proti podstrešju	Strop nad neogr. kletjo	Skupaj:
	[kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ]			[kgCO <sub>2</sub> e]
Pures	16.46	8.39	0.0	<b>14696.0</b>
Ekosklad	17.61	13.45	0.0	<b>16502.8</b>
Pures+	16.46	8.39	14.79	<b>17262.9</b>
Ekosklad+	17.61	13.45	14.79	<b>19069.7</b>
NE razred	22.20	14.60	16.92	<b>23335.0</b>

Preglednica 50: Ogljični odtis variante B za vsak konstrukcijski sklop posebej v [kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>] in celotni ogljični odtis posamezne variante [kgCO<sub>2</sub>e]

Varianta B:	Fasada	Strop proti podstrešju	Strop nad neogr. kletjo	Skupaj:
	[kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> ]			[kgCO <sub>2</sub> e]
Pures	31.08	7.67	0.00	<b>26323.4</b>
Ekosklad	33.99	12.27	0.00	<b>29470.9</b>
Pures+	31.08	7.67	22.70	<b>30262.5</b>
Ekosklad+	33.99	12.27	22.70	<b>33410.0</b>
NE razred	45.98	13.29	26.59	<b>43901.3</b>

Kot je razvidno iz preglednic 49 in 50 ter slike 18, je ogljični odtis oziroma negativni vpliv na okolje v primeru, da izberemo za toplotno izolacijo plošče iz mineralne volne veliko večji, kakor v primeru uporabe ekspandiranega polistirena. Na primer pri opciji Pures je razlika v ogljičnem odtisu, med uporabo EPS (varianta A) in mineralno volno (varianta B), za 11627 kg CO<sub>2</sub>e oziroma 11.63 tone CO<sub>2</sub> ekvivalenta.



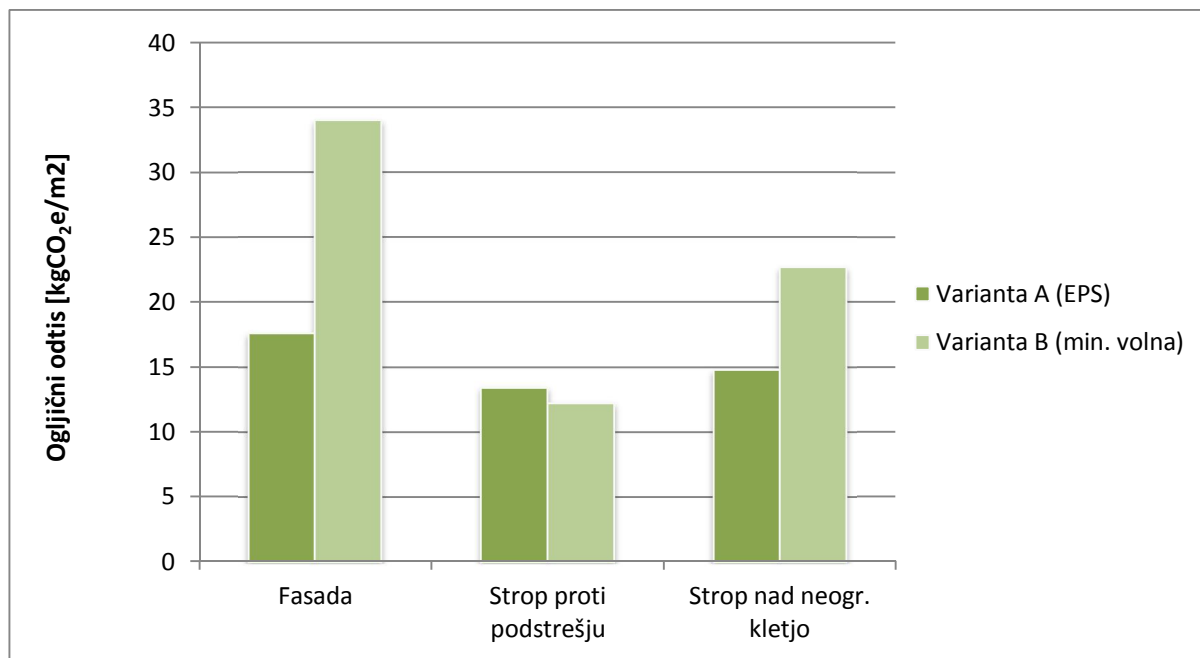
Slika 18: Razlika v ogljičnem odtisu med varianto A in B, v [kgCO<sub>2</sub>e]

V vseh primerih z različnimi debelinami toplotnih izolacij, je ogljični odtis variante B z uporabo mineralne volne v povprečju 43% večji, le v Nizkoenergijskem razredu je okrog 46% večji, saj je poraba materiala oziroma debelina toplotnih izolacij večja.

V nadaljevanju si natančneje pogledjmo izbrani primer sanacije Ekosklad+ (preglednica 51), kjer smo za fasado izbrali EPS, za strop proti podstrešju stekleno volno in za strop nad neogrevano kletjo pa lamele iz kamene volne (glej preglednici 47 in 48).

Preglednica 51: Ogljični odtis v [kgCO<sub>2</sub>e] za izbrano verzijo sanacije (Ekosklad+)

Izbrana varianta:	Fasada	Strop proti podstrešju	Strop nad neogr. kletjo	<b>Skupaj: [kgCO<sub>2</sub>e]</b>
Ekosklad+	A2	B2	B	<b>20235.5</b>
	14154.9	2141.5	3939.1	



Slika 19: Primerjava ogljičnega odtisa za Ekosklad+ med varianto A in B

Iz slike 19 je razvidno, da je ob uporabi izbrane kamene volne (fašada, strop nad neogrevano kletjo), ogljični odtis večji, kakor v primeru ekspaniranega polistirena, razen v primeru steklene volne (strop proti podstrešju). Steklена volna, katero smo uporabili za izolacijo stropa proti podstrešju, ima veliko manjšo gostoto (cca. 35 kg/m<sup>3</sup>), kakor kamena volna v primeru fasade in stropa nad neogrevano kletjo (cca. 90 do 150 kg/m<sup>3</sup>) in je tako v pogledu ogljičnega odtisa ugodnejša, kakor ekspanirani polistiren. Večnamenski filc iz steklene volne je zato zelo primeren material za toplotno izolacijo podstrešja, saj se ga hitro in enostavno vgradi, je relativno poceni in ima majhen vpliv na okolje. Ekspanirani polistiren, v primeru fasade, je tako tudi smiselnejša izbira, saj kakor smo dokazali povzroča manjši ogljični odtis, je cenejši in enostavnejši za vgradnjo od fasadnih plošč iz kamene volne. Pri izolaciji stropa nad neogrevano kletjo pa izbrane lamele iz kamene volne povzročajo nekoliko večji ogljični odtis v primerjavi z EPS, vendar smo se za to opcijo odločili zaradi boljše požarne varnosti kamene volne, saj je le ta negorljiva (A1) glede na to, da je klet namenjena tudi kot garažni prostor.

### Ekološka bilanca posega obnove toplotnega ovoja stavbe

Zanima nas čas, ko se okoljski vpliv izbranega posega v obnovo toplotnega ovoja stavbe izenači z okoljskim vplivom prihranka energije za potrebe ogrevanja. V dodatku 1 Tehnične smernice dobimo podatke o specifičnih izpustih CO<sub>2</sub> za posamezne nosilce energije. V našem primeru bomo v namen primerjave upoštevali povprečni izpust CO<sub>2</sub> utekočinjenega naftnega plina (UNP), kurilnega olja in elektrike. V nalogi nismo upoštevali investicije v grelne naprave (npr. toplotne črpalke), zato tudi nismo upoštevali grelnega števila pri vplivu elektrike. Podatke o emisijah posameznega vira energije prikazujemo v preglednici 52.

Preglednica 52: Specifične emisije CO<sub>2</sub> za posamezne nosilce energije [21]

Vir energije:	Na enoto goriva:	Na enoto energije [kg/kWh]:
UNP	2.9 kg/Sm <sup>3</sup>	0.215
lahko kurilno olje	3.2 kg/kg	0.28
električna energija	0.53 kg/kWh	0.53

Preglednica 53: Povprečni izpusti CO<sub>2</sub> posamezne variante in ogljična nevtralnost

Stanje:	povprečni izpust: [kgCO <sub>2</sub> /leto]	razlika: [kgCO <sub>2</sub> /leto]	ogljica nevtralnost: [leto]
Trenutno stanje:	30038.3	20629.2	0.98
Ekosklad+:	9409.2		

S primerjavo vrednosti med končno vrednostjo ogljičnega odtisa izbrane toplotne izolacije objekta v vrednosti 20235.5 kgCO<sub>2</sub>e in prihranka letne energije za potrebe ogrevanja v višini 20629.2 kgCO<sub>2</sub>e lahko razberemo, da se okoljski vpliv povrne prej kakor v enem letu.

### 8.3.3 Sklep izračunov

Vpliva na okolje nima samo potencial globalnega segrevanja določenega toplotnoizolacijskega materiala, izraženega v kg CO<sub>2</sub> ekvivalenta na kilogram izolacijskega materiala ali njegova debelina, temveč je močno odvisen tudi od gostote različnih izolacijskih materialov, ki lahko variirajo od 15 kg/m<sup>3</sup> do 170 kg/m<sup>3</sup> in več, ter od toplotne prevodnosti izolacijskega materiala ( $\lambda$  vrednosti lahko znašajo od 0,006 W/mK do 0,045 W/mK). V našem primeru smo primerjali uporabo ekspandiranega polistirena gostote 17 kg/m<sup>3</sup>, steklene volne manjše gostote s 35 kg/m<sup>3</sup> (filc), kamene volne večje gostote s 150 kg/m<sup>3</sup> (fasadne plošče) in kamene volne manjše gostote z 90 kg/m<sup>3</sup> (fasadne lamele). Iz dobljenih rezultatov je jasno razvidno, da presojanje ogljičnega odtisa na enoto mase materiala, ne predstavlja realnega stanja.

Umetni materiali, kot je v našem primeru EPS, imajo v primerjavi z naravnimi materiali, v pogledu splošne okoljske sprejemljivosti, uporabe virov in vpliva na okolje slabo oceno, kar dokazuje ocena ogljičnega odtisa na kg materiala. Ogljični odtis umetnih materialov znaša nad 3,3 kg CO<sub>2</sub>-e na kilogram mase materiala, kar je veliko višje od ogljičnih odtisov naravnih materialov, ki v povprečju znašajo od 0,061 do 1,150 kg CO<sub>2</sub>-e na kilogram mase materiala. So pa umetni materiali kompaktni, se lažje vgradijo, imajo največkrat manjšo toplotno prevodnost ( $\lambda$ ) kljub izredno nizki gostoti (v povprečju 12 do 35 kg/m<sup>3</sup>). Vse navedene lastnosti jih postavljajo v prednost v primerjavi z drugimi, celo naravnimi izolacijskimi materiali, čeprav imajo ti bistveno manjši vpliv na okolje in v povprečju nekoliko večjo toplotno prevodnost ( $\lambda$ ) [5]. Kot posledica vsega navedenega se v nasprotju z uveljavljeno splošno oceno nepoznavalcev in včasih tudi poznavalcev izkaže, da imajo umetni ali

plastični materiali, zaradi majhne gostote in majhne toplotne prevodnosti, lahko celo primerljiv ogljični odtis glede na isti učinek toplotne izolativnosti z drugimi izolacijskimi materiali, kar dokazuje tudi izračun ogljičnega odtisa z različico »od zibelke do izhoda«.

Kakor smo z izračuni dokazali, v našem primeru sanacija toplotnega ovoja fasade in stropa neogrevane kleti z uporabo ekspandiranega polistirena predstavlja manjši vpliv na okolje v pogledu ogljičnega odtisa, kakor uporaba kamene volne manjše in večje gostote. Izkaže se, da le v primeru uporabe mehke steklene volne majhne gostote, za izolacijo podstrešja v našem primeru ni smiselnejša uporaba ekspandiranega polistirena.



## 9 ZAKLJUČEK

Večstanovanjski objekti predstavljajo pomemben del slovenskega stanovanjskega fonda. Zaradi dejstva, da je bilo veliko število večstanovanjskih objektov zgrajenih v 60., 70. in 80ih letih prejšnjega stoletja, jih je velika večina energetske zelo potratnih in potrebnih prenove. Eden takšnih je tudi izbrani večstanovanjski objekt na Markovcu pri Kopru, katerega smo tekom naloge preučili, izračunali trenutno stanje objekta glede na letno potrebno toploto za ogrevanje in predvideli različne scenarije energetske prenove. Objekt po štiridesetih letih seveda daleč presega s pravilnikom Pures-2:2010, največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti posameznih konstrukcijskih sklopov in je energetske precej potraten. V zadnjih letih, so stanovalci bloka v lastni režiji v večini zamenjali okna in balkonska vrata z novimi PVC okni in tako že zmanjšali potrebo po toploti za ogrevanje za okrog 9%. V trenutnem stanju, kakršno je danes, bi objekt z letno porabo  $134.20 \text{ kWh/m}^2\text{a}$  uvrstili v energijski razred E. Na tej podlagi smo predlagali in izračunali prihranke energije za različne variante sanacije toplotnega ovoja stavbe. V primeru aplikacije toplotne izolacije fasade in stropa proti podstrešju v meri, da zadostimo pogojem Pures-2, bi prihranili 64% toplote za ogrevanje. Za pridobitev nepovratnih finančnih spodbud Eko sklada, so zahteve nekoliko strožje in bi v tem primeru privarčevali kar 66% toplote. V obeh izračunanih primerih, bi ob namestitvi toplotne izolacije tudi na strop neogrevane kleti privarčevali dodatnih 5% toplote za ogrevanje stavbe. Omenjeni posegi energetske sanacije bi stavbo uvrstili v energijski razred C, razen v nizkoenergijskem primeru, kjer bi zaradi večjih debelin toplotnih izolacij in upoštevanja troslojnih zasteklitev, objekt razvrstili v energijski razred B2.

Za predvideno sanacijo stavbe katero smo poimenovali Ekosklad+, smo izdelali natančen popis del, pridobili realne cene in izračunali višino investicije v sanacijo ovoja obravnavane večstanovanjske stavbe. Celotna investicija bi ob upoštevanju  $10,860.00 \text{ €}$  nepovratnih finančnih spodbud Eko sklada, znašala dobrih  $51,500.00 \text{ €}$ . Omenjeni znesek predstavlja strošek  $6,450.00 \text{ €}$  na vsako od osmih stanovanj oziroma  $87 \text{ €/m}^2$  stanovanja.

S pomočjo analize stroškov v življenjskem ciklu smo izračunali neto sedanje vrednosti posameznih scenarijev energetske sanacije stavbe v življenjski dobi tridesetih let. Upoštevali in primerjali smo razlike investicijskih, obratovalnih in vzdrževalnih stroškov posamezne opcije. Kot najmanj ugodna opcija se seveda izkaže trenutno neizolirano stanje z velikimi toplotnimi izgubami in visokimi stroški obratovanja. Kot najugodnejši varianti sanacije, pa se v izbrani življenjski dobi izkažeta Ekosklad+ in Nizkoenergijska varianta, ki imata po tridesetih letih najvišjo neto sedanjo vrednost. Omenjena scenarija prenove bi se povrnila v sedmih do devetih letih. Slednje potrjuje, da se na dolgi rok splača investirati v nekoliko večje debeline izolacij, saj so v tem primeru obratovalni stroški nižji, kar še posebej velja ob dražjih energentih in višanju cen le teh. V izračunih se je dokazal tudi pomemben vpliv oziroma doprinos nepovratnih spodbud Eko sklada k investicijam, saj se ob upoštevanju le teh dobe vračanja občutno skrajšajo. V našem primeru se dobe vračanja skrajšajo za okrog leto in pol do

dveh let, kar kaže na smiselnost izpolnitve pogojev Eko sklada in vgradnje nekoliko debelejših slojev izolacij od trenutno predpisanih s standardi in zakoni. Kot zadnji del finančnih analiz smo primerjali še stroške ogrevanja posameznega stanovanja v izmeri 74 m<sup>2</sup>. Kot najdražji vir ogrevanja se izkažeta utekočinjeni naftni plin in električna energija, kot finančno najugodnejši pa peleti, toplotna črpalka in polena. Tekom diplomske naloge je bilo že izpostavljeno, da predstavljene analize temeljijo na računskih vrednostih potrebne toplote za ogrevanje stavbe in pripadajočih prihrankih. V praksi so prihranki posameznih ukrepov energetske sanacije običajno nekoliko manjši od računskih vrednosti.

Zadnje poglavje diplomske naloge je bilo posvečeno izračunu ogljičnega odtisa, kjer je bilo na podlagi primerjave uporabe ekspandiranega polistirena in mineralne volne dokazano, da z vgradnjo EPS za toplotno izolacijo fasade in stropa nad neogrevano kletjo povzročimo manjši vpliv na okolje, kakor z uporabo kamene volne različnih gostot. Izkazalo se je, da je le v primeru toplotne izolacije stropa proti podstrešju uporaba mehke steklene volne smiselnejša, kakor uporaba EPS. Iz omenjenega sledi, da imajo lahko umetni materiali zaradi majhne gostote in majhne toplotne prevodnosti  $\lambda$ , primerljiv ogljični odtis z drugimi izolacijskimi materiali, glede na učinek toplotne izolativnosti oziroma enake vrednosti toplotne prehodnosti U.

Kot povzetek vsega navedena lahko zaključimo, da energetska sanacija zahteva nezanemarljive finančne vloške, ki pa prispevajo k prihodnjim varčevanjem z energijo in občutnim prihrankom pri stroških obratovanja. Poleg tega je potrebno upoštevati, da vsaka sanacija dviguje vrednost nepremičnine. Tukaj pa so še kriteriji katerih ne moremo ovrednotiti z denarjem: vsaka celovita sanacija izboljša bivalno ugodje stanovalcev in prispeva k zmanjševanju negativnih vplivov na okolje.

## VIRI

[1] Tomšič, M. 2009. Materiali v gradbeništvu- naravna ali umetna dilema.

<http://www.gi-zrmk.si/Knjiznica/Materiali%20v%20gradbeni%C5%A1tvu%20%E2%80%93%20naravna%20ali%20umetna%20dilema.pdf> (Pridobljeno 18. 6. 2013.)

[2] Tomšič, M. 2009. Gradbeni materiali in URE.

<http://www.gi-zrmk.si/Knjiznica/Gradbeni%20materiali%20in%20URE%20%C2%BBIn%20zdaj%20nekaj%20povsem%20drugega%C2%AB.pdf> (Pridobljeno 18. 6. 2013.)

[3] O podnebnih spremembah. 2012. Služba Vlade Republike Slovenije za podnebne spremembe.

[http://www.arhiv.svps.gov.si/si/podnebne\\_spremembe/o\\_podnebnih\\_spremembah/index.html](http://www.arhiv.svps.gov.si/si/podnebne_spremembe/o_podnebnih_spremembah/index.html) (Pridobljeno 11. 10. 2013)

[4] Šijanec-Zavrl, M., Butala, V., Galonja, S., Kaplar, J., Kunič, R., Medved, S., Potočar, E., Praznik, M., Prek, M., Selan, B., Tomšič, M., Zupan, M., Koporčič, D. 2012. Energetska učinkovitost in energetska izkaznica stavb- priročnik. Maribor, Založba Forum Media.

[5] Kunič, R., Tavzes, Č., Kutnar, A. 2012. Ogljični odtis toplotnoizolacijskih materialov v toplotnem ovoju stavb. Gradbeni vestnik, 61, 9: 206-213.

<http://www.zveza-dgits.si/ogljicni-odtis-toplotnoizolacijskih-materialov-v-toplotnem-ovoju-stavb> (Pridobljeno 20. 9. 2013.)

[6] Predpisi o toplotnih izgubah stavb. 2002.

<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Clanki/PDFknjiznjicaAURE/IL2-02.PDF> (Pridobljeno 20. 11. 2013.)

[7] Energetska učinkovitost in energetske izkaznice. 2011.

<http://www.energetska-ucinkovitost.si/energetska-ucinkovitost-v-stavbah/evropske-direktive/prenos-v-slovensko-zakonodajo/> (Pridobljeno 22. 11. 2013.)

[8] Energetska izkaznica. 2013. Gradbeni inštitut ZRMK.

[http://www.gi-zrmk.eu/?page\\_id=100](http://www.gi-zrmk.eu/?page_id=100) (Pridobljeno 25. 11. 2013.)

[9] Energetska izkaznica stavbe. 2013. Gradbeni inštitut ZRMK.

<http://energetskaizkaznica.si/> (Pridobljeno 25. 11. 2013.)

[10] Energetska izkaznica stavbe. 2013

<http://www.energetskaizkaznicastavbe.si/kaj-je-energetska-izkaznica/> (Pridobljeno 25. 11. 2013.)

- [11] Krainer, A., Perdan, R. 2012. TEDI- Program za analizo toplotnega prehoda, toplotne stabilnosti in difuzije vodne pare skozi večplastne KS po Pravilniku o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, SIST EN ISO 6946, SIST EN ISO 10211-1 in SIST 1025:2002. Ljubljana, UL FGG, KSKE.
- [12] Krainer, A., Perdan, R. 2012. TOST – Program za izračun energetske bilance stavb po Pravilniku o učinkoviti rabi energije v stavbah upoštevajoč SIST EN ISO 13790 in TSG-1-004. Ljubljana, UL FGG, KSKE.
- [13] Krainer, A., Perdan, R. 2012. Računalniški program TOST- Uporabniški priročnik. Ljubljana, UL FGG, KSKE: 47 str.
- [14] Ekosklad. 2013. <http://www.ekosklad.si/index.html> (Pridobljeno 5. 10. 2013.)
- [15] Delovna verzija Tehnične smernice združenja GIZ PFSTI. 2014.
- [16] Smernica za izvedbo Baunit fasadnih sistemov. 2013. Načrtovanje-Požarna varnost. [http://www.baunit.si/upload/infomateriali/Smernica\\_3.pdf](http://www.baunit.si/upload/infomateriali/Smernica_3.pdf) (Pridobljeno 6. 11. 2013)
- [17] Fasada Demit in požarna varnost objektov. 2013  
[http://www.demit.si/jeziki/de/images/stories/Clanki/fasada\\_demit\\_pozarna\\_varnost.pdf](http://www.demit.si/jeziki/de/images/stories/Clanki/fasada_demit_pozarna_varnost.pdf) (Pridobljeno 6. 11. 2013)
- [18] Fasadni sistemi Demit. 2013. Demit d.o.o. <http://www.demit.si/index.php> (Pridobljeno 3. 12. 2013.)
- [19] Izolacija nebivalnega podstrešja. 2013. Knauf Insulation d.o.o.  
<http://www.knaufinsulation.si/sites/si.knaufinsulation.net/files/Loft-2012-clanek.pdf> (Pridobljeno 12. 11. 2013.)
- [20] Kamena volna. 2013. Fasadna izolacija. Topdom.  
<http://katalog.topdom.si/products/show/WZGEPBBV> (Pridobljeno 5. 1. 2014.)
- [21] Tehnična smernica TSG-1-004:2010. 2013. Učinkovita raba energije. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor.  
[http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004\\_2010.pdf](http://www.arhiv.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/zakonodaja/prostor/graditev/TSG-01-004_2010.pdf) (Pridobljeno 13. 9. 2013.)
- [22] Spletni kalkulator za izračun dvižnega kota in azimuta sonca. 2013. Casio Computer co.  
<http://keisan.casio.com/has10/SpecExec.cgi?id=system/2006/1224682277> (Pridobljeno 27. 9. 2013.)
- [23] Ostanek, S. 2013. Projektiranje in analiza porabe energije v vrstnih hišah na primorskem. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba S. Ostanek): 74 str.

[24] Stavbno pohištvo. 2013. Roletarstvo Bayer d.o.o.

<http://www.roletarstvo-bayer.si/okna/> (Pridobljeno 5. 9. 2013.)

[25] Kunič, R., Krainer, A. 2009. Ekonomična debelina slojev toplotnih izolacij v kontaktno-izolacijskih fasadah obodnih sten. Gradbeni vestnik. 58, 12: 306-311.

<http://www.zveza-dgits.si/ekonomicna-debelina-slojev-toplotnih-izolacij-v-kontaktno-izolacijskih-fasadh-obodnih-sten> (Pridobljeno 7. 1. 2014.)

[26] Demit cenik 2013.

[http://www.demit.si/index.php?option=com\\_content&view=article&id=75&Itemid=57](http://www.demit.si/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=57) (Pridobljeno 15. 12. 2013.)

[27] Pravilnik o standardih vzdrževanja stanovanjskih stavb in stanovanj. Uradni list RS št. 20/04.

[28] Struktura končne cene računa za električno energijo. 2014.

<http://www.eg-prodaja.si/content/struktura-kon%C4%8Dne-cene-ra%C4%8Duna-za-elektri%C4%8Dno-energijo> (Pridobljeno 9. 1. 2014.)

[29] Prodajne cene energentov končne in koristne energije. 2014.

<http://www.postojna.si/podrocje.aspx?id=3862> (Pridobljeno 10. 1. 2014.)

[30] Slavec, A. 2012. Vpliv izboljšanja energetske učinkovitosti na tržno vrednost dvostanovanjske hiše. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba A. Slavec): 57 str.

[31] Kako izdelati investicijski elaborat. 2014. Akc d.o.o.

<http://www.akc.si/finance-elaborat.htm> (Pridobljeno 12. 1. 2014)

[32] Matelic, G. 2006. Metoda analize življenjskega cikla (LCA) kot metoda za odločanje v gradbeni proizvodnji. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Matelic): 110 str.

[33] Arfvidsson, J., De Angelis, E., Dodoo, A., et al. 2013. Wood in carbon efficient construction-Tools, methods and applications.

[34] Kutnar, A., Krč, J., Krajnc, N. et al. 2013. Ogljični odtis žaganega lesa iglavcev iz slovenskih gozdov. UDK 502.131.1:630\*83 (Pridobljeno 4. 1. 2014.)

[35] Standardi za ogljični odtis organizacij, izdelkov in storitev ter ogljično nevtralnost. 2013. Umanotera. [http://www.umanotera.org/upload/files/Spela\\_Kern.pdf](http://www.umanotera.org/upload/files/Spela_Kern.pdf) (Pridobljeno 23. 12. 2013.)

[36] Climate change. 2014. What is PAS 2050.

<http://pprc.org/research/climatechange/rr-pas2050.pdf> (Pridobljeno 5. 1. 2014.)

---

[37] PAS 2050: 2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. <http://shop.bsigroup.com/en/forms/PASs/PAS-2050/> (Pridobljeno 20. 12. 2013.)

[38] Carbon Footprint Labels from the Carbon Trust. 2014. Carbon Trust.

<http://www.carbontrust.com/client-services/footprinting/footprint-certification/carbon-reduction-label>  
(Pridobljeno 5. 1. 2014.)

[39] Ecoinvent 2.0 (2010). 2014. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Švica.

## **Seznam prilog**

Priloga A.1: Tloris 1. nadstropja

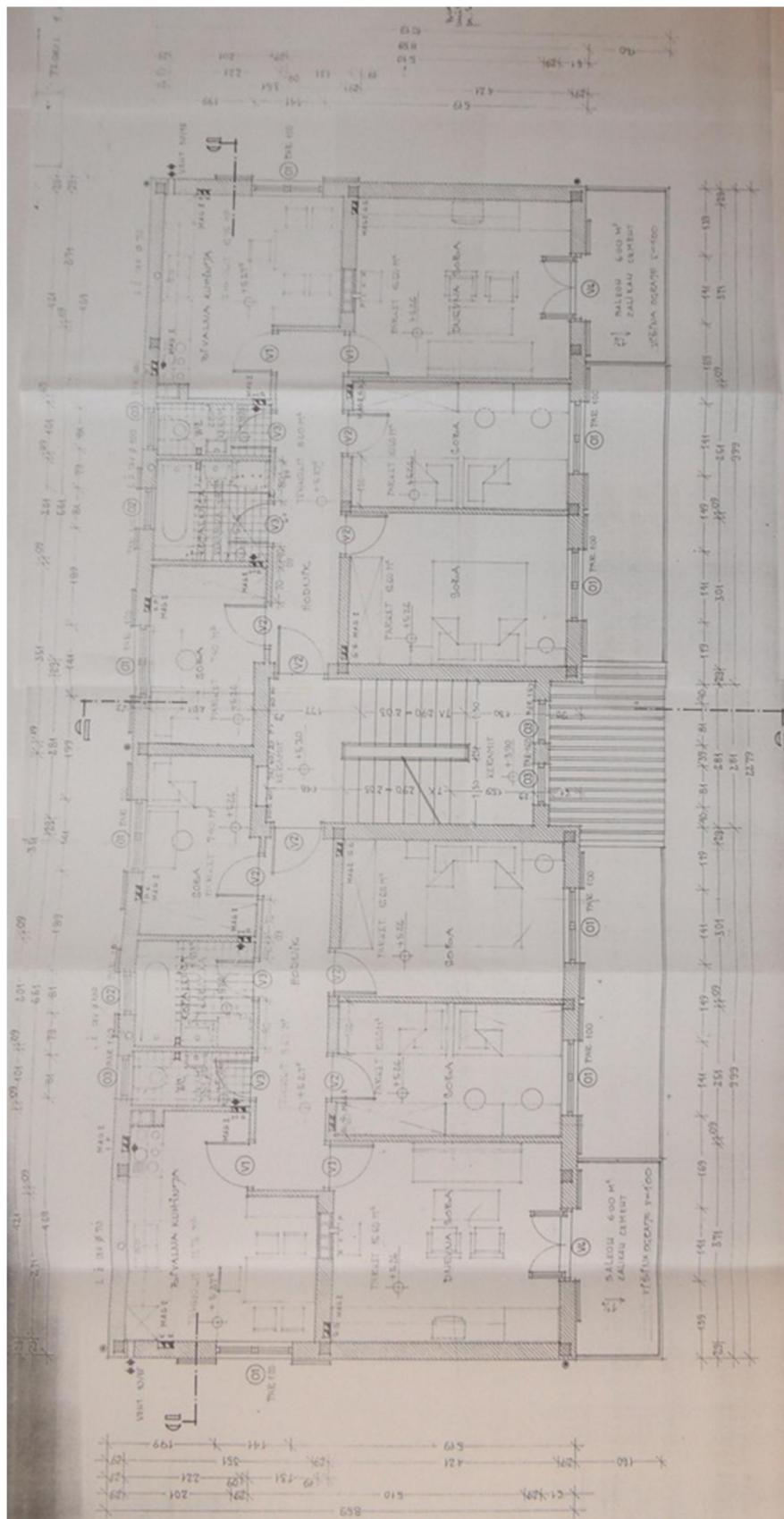
Priloga A.2: Prerez stavbe B-B

Priloga B: Predračun za stavbno pohištvo

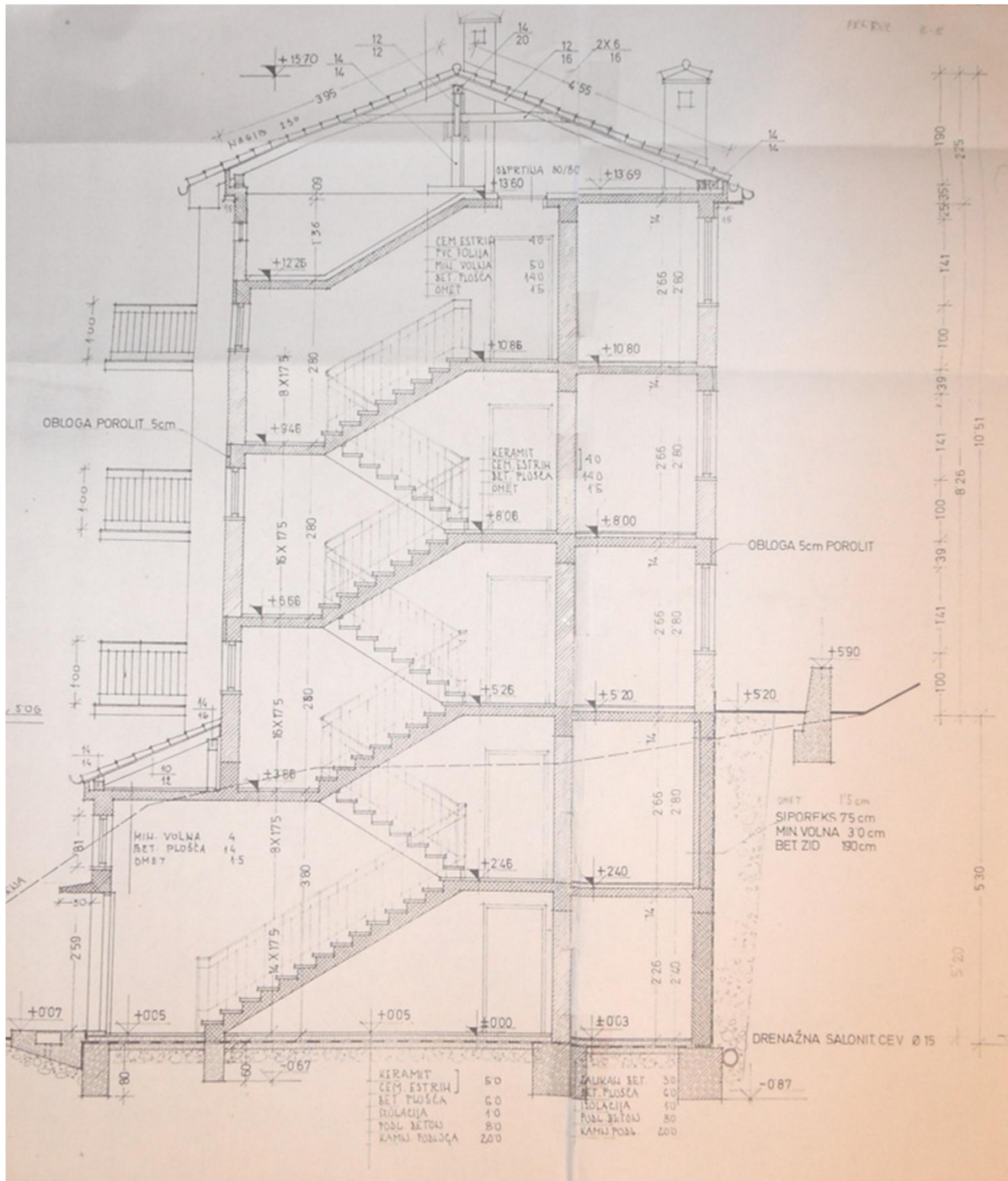




Priloga A.1: Tloris 1. Nadstropja



**Priloga A.2: Prerez stavbe B-B**



## Priloga B: Predračun za stavbno pohištvo



**MARUŠIČ IGOR**  
**XXXXX**  
**2000 MARIBOR**

Številka kupca: 226807



AJM okna - vrata - senčila d.o.o.  
Kozjak nad Pesnico 2A  
SI 2211 Pesnica pri Mariboru

i: [www.ajm.si](http://www.ajm.si)

Datum ponudbe: 20.01.2014  
Vrsta storitve: Dostava - Montaža

Komercialist:  
Novak  
Marko

### PONUDBA / PREDRAČUN: 14001918

Spoštovani!

Zahvaljujemo se Vam za Vaše povpraševanje in zanimanje za naše stavbno pohištvo.

Ponudba, ki sledi v nadaljevanju, zajema:

**AJM 5000:** PVC-okna in balkonska vrata so izdelana iz PVC-umetne mase sistema Aluplast, ki je neomejeno odporen proti vremenskim vplivom. Osnovni profili oken in balkonskih vrat so izdelani iz votlih 5-komornih profilov, ki so ojačani s pocinkanimi jeklenimi profili, debeline po izračunu. Tri tesnila v pripihi zagotavljajo odlično zvočno in toplotno izolacijo. Elementi so standardno opremljeni z izolacijskim steklom 4-16-4 (24mm) Ug = 1,1W/m<sup>2</sup>K, z zvočno izolacijo stekla Rw = 32dB (plinsko polnjeno steklo-argon, s kovinsko zaščitnim premazom). Opcija: izolacijsko steklo s povišano toplotno/zvočno izolacijo, kar je navedeno pri posamezni poziciji.

Ali ste vedeli:

- da imajo vsa okna in balkonska vrata standardno vgrajeno okovje za večstopenjsko regulacijo prezračevanja ter nivojno zapiralo, ki onemogoča previs krila v položaju odprtega krila
- da imajo vsa okna že standardno vgrajeno varnostno okovje (Basic)
- da je med vsakim spojenim profilom okna standardno vstavljen izolativni trak, ki preprečuje rosenje na stiku ter izboljša toplotno in zvočno izolacijo.

Za ostale informacije si preberite splošne pogoje poslovanja oziroma pokličite komercialista in z veseljem Vam bomo svetovali.

Veselimo se sodelovanja z Vami!

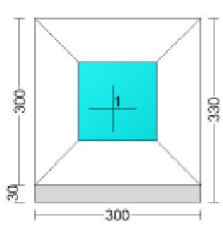
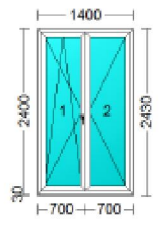
S spoštovanjem!

Julija Ajlec Težak  
Dir. prodaje AJM d.o.o.





Marušič, I. 2014. Celovita obnova toplotnega ovoja ... v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa.  
Dipl. naloga. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za gradbeništvo, Organizacijsko tehnološka smer.

Ponudba		14001918	Datum: 20.01.2014	Stranka: 226807	MARUŠIČ IGOR	Stran 3	
Poz	Element	Kos	Izvedba		Cena/kos	Skupaj	
4		3	<b>Enodelni element</b> <b>AJM 5000 MD</b> Zunanja mera: Š: 300 x V: 300 mm Izvedba: Standardna varnost Izo2 4/16/14 - Ug=1,1 Fiksna zasteklitev Opoje k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev 12x213, 30/28mm Skupna zunanja mera: Š: 300 x V: 330 mm	flx 20lzo2_0800 f FPBF FPBF 12x213	45,00 15,00 30,00	135,00	
5		8	<b>Dvodelna balkonska vrata s pripiro DK-D</b> <b>AJM 5000 MD</b> Zunanja mera: Š: 1400 x V: 2400 mm Izvedba: Standardna varnost Delitev Dimenzija Cena enote: Izo2 4/16/14 - Ug=1,1 Področ. 1: Vrtljivo-nagibno levo, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 2162mm, N  Pololiva AJM 5000 Barva: bela F12 Področ. 2: Vrtljivo desno, pripira - vrata, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 2162mm, J, N Opoje k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev 12x213, 30/28mm Skupna zunanja mera: Š: 1400 x V: 2430 mm	b2dkd 20lzo2_0800 dkl BFeldFL AJM dris BFeldFL FPBF FPBF 12x213	361,36 254,48 100,80 4,00 2,10	2.890,88	
6		1	<b>Dostava kupcu</b>	DOSTAVA	13,20	13,20	
8		1	<b>Popusti:</b> <b>Eko subvencija AJM: -930.02</b>	P_pak2	-930,02	-930,02	
9		1	<b>Montažne storitve</b> <b>Montaža:1947.00EUR</b> <b>Skupaj:1947.00EUR</b> <b>Popust 10.000% na vrednost montažnih storitev</b> <b>Vrednost popusta:194.70EUR</b>	MONTAZA	1.752,30	1.752,30	
10		1	<b>Set za vzdrževanje oken</b>	P_Grabs SetVZD			
<b>Izračun osnove za dodatne popuste</b>				<b>Vrednost</b>		<b>EUR 14.610,88</b>	
Vrednost				14.610,88	<b>Popust splošni- 8% od</b>	12.845,38	EUR -1.027,63
Skupine blaga brez dodatnih popustov					<b>Vrednost brez DDV</b>	EUR	13.583,25
Dostava - Odvoz				-13,20	<b>DDV 9,50%</b>	EUR	1.290,41
Montaža				-1.752,30	<b>Znesek za plačilo</b>	EUR	14.873,66
<b>Osnova za dodatne popuste</b>				12.845,38			

Pri plačilu 100% predplačila ob naročilu Vam priznamo dodatni 5% popust EUR 743,68  
Cena za plačilo s 5% popustom EUR 14.129,98  
Ponudba velja 14 dni od datuma izdaje.

Ponudba velja kot predračun. Po prejemu vašega predplačila vas bomo v 8. dneh obvestili o predvidenem roku montaže oz. prevzemu naših izdelkov.

**Osnovna oprema za vse elemente(v kolikor ni drugače navedeno):**

Odstopanja od osnovne opreme so pri pozicijah označene z \*

Barva: obojestransko bela (samo PVC)

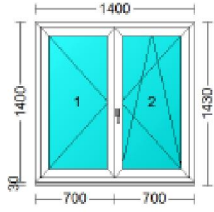
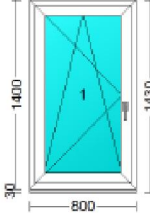
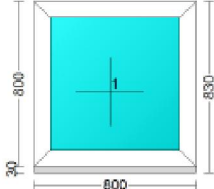
Barva zunaj: bela

Barva noter: bela

Polnilo: Izo3 I4/12/4/12/14 - Ug=0,7

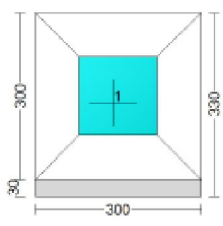
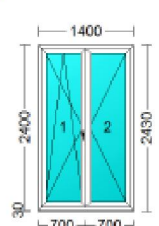
Sistem: IDEAL 8000 - Ekskluziv RL

Profil: Podboj 180x03, 80mm Round-line, Krilo 180x85, 77mm hfv. Round-line, Scheibenverklebung, Pripira 180x65, 64mm Round-line

Ponudba	14001923	Datum: 20.01.2014	Stranka: 226807	MARUŠIČ IGOR	Stran 2
Poz	Element	Kos	Izvedba	Cena/kos	Skupaj
1		32	<b>Dvodvelno okno s pripiro D-DK</b> <b>AJM 8000 MD - Ekskluziv</b> Zunanja mera: Š: 1400 x V: 1400 mm Izvedba: Standardna varnost Delitev Dimenzija Cena enote: Izo3 I4/12/4/12/14 - Ug=0,7 Področ. 1: Vrtljivo levo, pripira STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 1162mm, J, N Področ. 2: Vrtljivo-nagibno desno, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 1162mm, N  Pololiva AJM 8000 Barva: bela F12 Opoije k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev AJM 01, 30/56mm Skupna zunanja mera: Š: 1400 x V: 1430 mm	356,76	11.416,32
2		8	<b>Enodelno okno DK levo</b> <b>AJM 8000 MD - Ekskluziv</b> Zunanja mera: Š: 800 x V: 1400 mm Izvedba: Standardna varnost Cena enote: Izo3 I4/12/4/12/14 - Ug=0,7 Vrtljivo-nagibno levo, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 562mm x 1162mm, N  Pololiva AJM 8000 Barva: bela F12 Opoije k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev AJM 01, 30/56mm Skupna zunanja mera: Š: 800 x V: 1430 mm	213,09	1.704,72
3		16	<b>Enodelni element</b> <b>AJM 8000 MD - Ekskluziv</b> Zunanja mera: Š: 800 x V: 800 mm Izvedba: Standardna varnost Izo3 I4/12/4/12/14 - Ug=0,7 Fiksna zasteklitev Opoije k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev AJM 01, 30/56mm Skupna zunanja mera: Š: 800 x V: 830 mm	98,38	1.574,08



Marušič, I. 2014. Celovita obnova toplotnega ovoja ... v pogledu ekonomike in ogljičnega odtisa.  
Dipl. naloga. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za gradbeništvo, Organizacijsko tehnološka smer.

Ponudba		14001923	Datum: 20.01.2014	Stranka: 226807	MARUŠIČ IGOR	Stran 3	
Poz	Element	Kos	Izvedba		Cena/kos	Skupaj	
4		3	<b>Enodelni element</b> <b>AJM 8000 MD - Ekskluziv</b> Zunanja mera: Š: 300 x V: 300 mm Izvedba: Standardna varnost Izo3 14/12/4/12/14 - Ug=0,7 Fiksna zasteklitev Opcije k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev AJM 01, 30/56mm Skupna zunanja mera: Š: 300 x V: 330 mm	fix	61,32	183,96	
5		8	<b>Dvodelna balkonska vrata s pripiro DK-D</b> <b>AJM 8000 MD - Ekskluziv</b> Zunanja mera: Š: 1400 x V: 2400 mm Izvedba: Standardna varnost Delitev Dimenzija Cena enote: Izo3 14/12/4/12/14 - Ug=0,7 Področ. 1: Vrtljivo-nagibno levo, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 2162mm, N  Pololiva AJM 8000 Barva: bela F12 Področ. 2: Vrtljivo desno, pripira - vrata, STD  Lastnosti polja PVC okenskega krila Svetla mera polja: 510mm x 2162mm, J, N Opcije k oknu (senčila, police, montaža...) Alu distančnik N Dodatki pri oknu: ML:8mm-L, ML:8mm-D, bela Transportna letev AJM 01, 30/56mm Skupna zunanja mera: Š: 1400 x V: 2430 mm	b2dkd	499,00	3.992,00	
6		1	<b>Dostava kupcu</b>	DOSTAVA	13,20	13,20	
8		1	<b>Popusti:</b> <b>Eko subvencija AJM: -1203,99</b> <b>Odbitek troslojna zastekl. za ceno dvoslojne: -</b> <b>2051,58</b>	P_pak2	-3.255,57	-3.255,57	
9		1	<b>Montažne storitve</b> <b>Montaža:1947,00EUR</b> <b>Skupaj:1947,00EUR</b> <b>Popust 10.000% na vrednost montažnih storitev</b> <b>Vrednost popusta:194,70EUR</b>	MONTAŽA	1.752,30	1.752,30	
10		1	Set za vzdrževanje oken	P_Gratis SetVZD			
Izračun osnove za dodatne popuste					Vrednost	EUR	17.381,01
Vrednost					17.381,01		
Skupine blaga brez dodatnih popustov					Popust splošni- 8% od	15.615,51	EUR -1.249,24
Dostava - Odvoz					-13,20		
Montaža					-1.752,30		
Osnova za dodatne popuste					15.615,51		
					Vrednost brez DDV	EUR	16.131,77
					DDV 9,50%	EUR	1.532,52
					Znesek za plačilo	EUR	17.664,29

Pri plačilu 100% predplačila ob naročilu Vam priznamo dodatni 5% popust EUR 883,21  
Cena za plačilo s 5% popustom EUR 16.781,08  
Ponudba velja 14 dni od datuma izdaje.

Ponudba velja kot predračun. Po prejemu vašega predplačila vas bomo v 8. dneh obvestili o predvidenem roku montaže oz. prevzemu naših izdelkov.