

Energetska obnova stambenog objekta

Kurjak, Antonio

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:693669>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 493/GR/2024

Energetska obnova stambenog objekta

Antonio Kurjak, 0336053967

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 493/GR/2024

Energetska obnova stambenog objekta

Student

Antonio Kurjak, 0336053967

Mentor

Željko Kos, doc.dr.sc.

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	prediplomski stručni studij Graditeljstvo		
PREDSJEDNIK	Antonio Kurjak	MATIČNI BROJ	0336053967
DATA	01.10.2024.	ADLJUG	Zgradarstvo II
NASLOV RADA	Energetska obnova stambenog objekta		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Energy renovation of a residential building		
MENTOR	doc.dr.sc. Željko Kos	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. izv.prof.dr.sc. Bojan Đurin 2. doc.dr.sc. Željko Kos 3. doc.dr.sc. Anđelko Cmoja 4. Dalibor Kramarić, predavač 5.		

Zadatak završnog rada

BROJ: 493/GR/2024

U radu je potrebno obraditi: mjere energetske obnove stambenog objekta, prikazati uštedu godišnje potrebne energije za grijanje, smanjenje emisije CO₂ te financijsku uštedu uz osvrt na utjecaj toplinskih mostova.

U radu je potrebno obraditi sljedeće teme:

- Analiza postojećeg stanja
- Prijedlog mjera energetske učinkovitosti
- Izračun za novo stanje nakon primjena mjera
- Ušteda nakon provedenih mjera
- Smanjenje CO₂
- Utjecaj toplinskih mostova

ZADATAK PRUŽEN 15.05.2024.



[Handwritten signature]

Predgovor

Zahvaljujem mentoru doc.dr.sc. Željku Kosu na pruženim savjetima tijekom pisanja rada. Također zahvaljujem svojoj obitelji na podršci tijekom studiranja.

Sažetak

U ovom radu opisivana je važnost energetske efikasnosti i energetske obnove. Provedeni su izračuni za postojeći objekt koji se sastoji od 2 etaže (suteran i prizemlje). Napravljena je analiza postojećeg stanja i stanja nakon provedenih predloženih mjera poboljšanja energetske učinkovitosti. Mjere uključuju zamjenu vanjske stolarije te postavljanje toplinske izolacije. Izračuni su provedeni u programu KI Expert. Na temelju izračuna dokazano je da su mjere opravdane.

Uz to, spomenuta je i uloga toplinskih mostova, tj. njihov utjecaj na konačno stanje i potrošnju energije u objektu.

Ključne riječi: toplinska izolacija, energetska učinkovitost, toplinski mostovi

Abstract

This paper describes the importance of energy efficiency and energy renovation. Calculations were carried out for the existing building consisting of 2 floors (basement and ground floor). An analysis of the current state and the state after the implementation of the proposed energy efficiency improvement measures was made. The measures include the replacement of external joinery and the installation of thermal insulation. Calculations were performed in the KI Expert program. Based on the calculations, it has been proven that the measures are justified.

In addition, the role of thermal bridges was also mentioned, i.e. their influence on the final state and energy consumption in the building.

Keywords: thermal insulation, energy efficiency, thermal bridges

Popis korištenih kratica

Z1	Vanjski zid
Z2	Zid prema tlu
Z3	Vanjski zid
Z4	Zid prema garaži
Z5	Zid prema atriju
Z6	Zid prema atriju
P1	Pod na tlu
KK	Kosi krov
ST1	Strop iznad garaže
ST2	Strop prema atriju
M	Mjerilo
°C	Celzijev stupanj
A	Oplošje grijanog dijela zgrade
V_e	Obujam grijanog dijela zgrade
V	Obujam grijanog zraka
f_o	Faktor oblika zgrade
A_k	Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade
A_k'	Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela zgrade
A_{wuk}	Ukupna ploština prozora
XPS	Ekstrudirana polistirenska pjena
EPS	Ekspandirani polistiren
MW	Mineralna vuna
U	Koeficijent prolaska topline
R	Toplinski otpor
λ	Toplinska provodljivost
d	Debljina sloja
U_{max}	Maksimalni dozvoljeni koeficijent prolaska topline
Q''_{H,nd}	Specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje
E_{prim}	Specifična godišnja primarna energija
U_w	Koeficijent toplinske provodljivosti otvora
TPRUETZZ	Tehnički propis o racionalnoj upotrebi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Analiza energetske učinkovitosti.....	2
2.1.	Postojeće stanje	8
2.1.1.	Z1 – vanjski zid	8
2.1.2.	Z2 – zid prema tlu	8
2.1.3.	Z3 – vanjski zid	9
2.1.4.	Z4 – zid prema garaži.....	10
2.1.5.	P1 - Pod na tlu	10
2.1.6.	ST1 – Strop iznad garaže	11
2.1.7.	KK - Kosi krov	12
2.1.8.	Z5 – zid prema atriju	12
2.1.9.	Z6 – zid prema atriju	13
2.1.10.	ST2 – Strop prema atriju	14
2.1.11.	Stolarija	15
2.2.	Rezultati proračuna	15
2.3.	Mjera 1 - zamjena stolarije.....	17
2.4.	Mjera 2 - ugradnja toplinske izolacije.....	19
2.4.1.	Z1 – vanjski zid	19
2.4.2.	Z2 – zid prema tlu	20
2.4.3.	Z3 – vanjski zid	21
2.4.4.	Z4 – zid prema garaži.....	22
2.4.5.	P1 - Pod na tlu	23
2.4.6.	ST1 - Strop iznad garaže	24
2.4.7.	KK - Kosi krov	25
2.4.8.	Z5 i Z6 – zidovi prema atriju	26
2.4.9.	ST2 - Strop prema atriju.....	27
2.4.10.	Rezultati nakon postavljanja izolacije.....	28
2.5.	Mjera 3 - ugradnja toplinske izolacije uz zamjenu stolarije.....	30
2.6.	Smanjenje emisija CO ₂	32
3.	Rekapitulacija mjera energetske učinkovitosti.....	33
4.	Toplinski mostovi.....	34
4.1.	Način djelovanja toplinskih mostova	34
4.2.	Posljedice toplinskih mostova.....	35
4.3.	Primjer utjecaja toplinskih mostova na potrošnju energije	36
4.4.	Rješavanje toplinskih mostova.....	38
5.	Zaključak.....	39
6.	Literatura.....	40

1. Uvod

Energetska efikasnost i energetska obnova ključne su teme u današnjem kontekstu održivog razvoja.

Energetska efikasnost odnosi se na korištenje manje energije za obavljanje istih funkcija, što ne samo da smanjuje troškove, već i doprinosi zaštiti okoliša smanjenjem emisija štetnih plinova. Uvođenjem pametnih tehnologija, bolje izolacije prostora i korištenjem energetski efikasnih uređaja, možemo značajno poboljšati potrošnju energije u našim domaćinstvima.

S druge strane, energetska obnova je proces modernizacije postojećih objekata kako bi se povećala njihova efikasnost i smanjila energetska potrošnja. Ovo može uključivati obnovu sustava grijanja, instalaciju solarnih panela, poboljšanje izolacije i druge mjere koje omogućuju korištenje obnovljivih izvora energije.

Kombinacija ovih dviju strategija može značajno poboljšati energetske održivosti, smanjiti troškove i doprinijeti globalnim ciljevima zaštite okoliša.

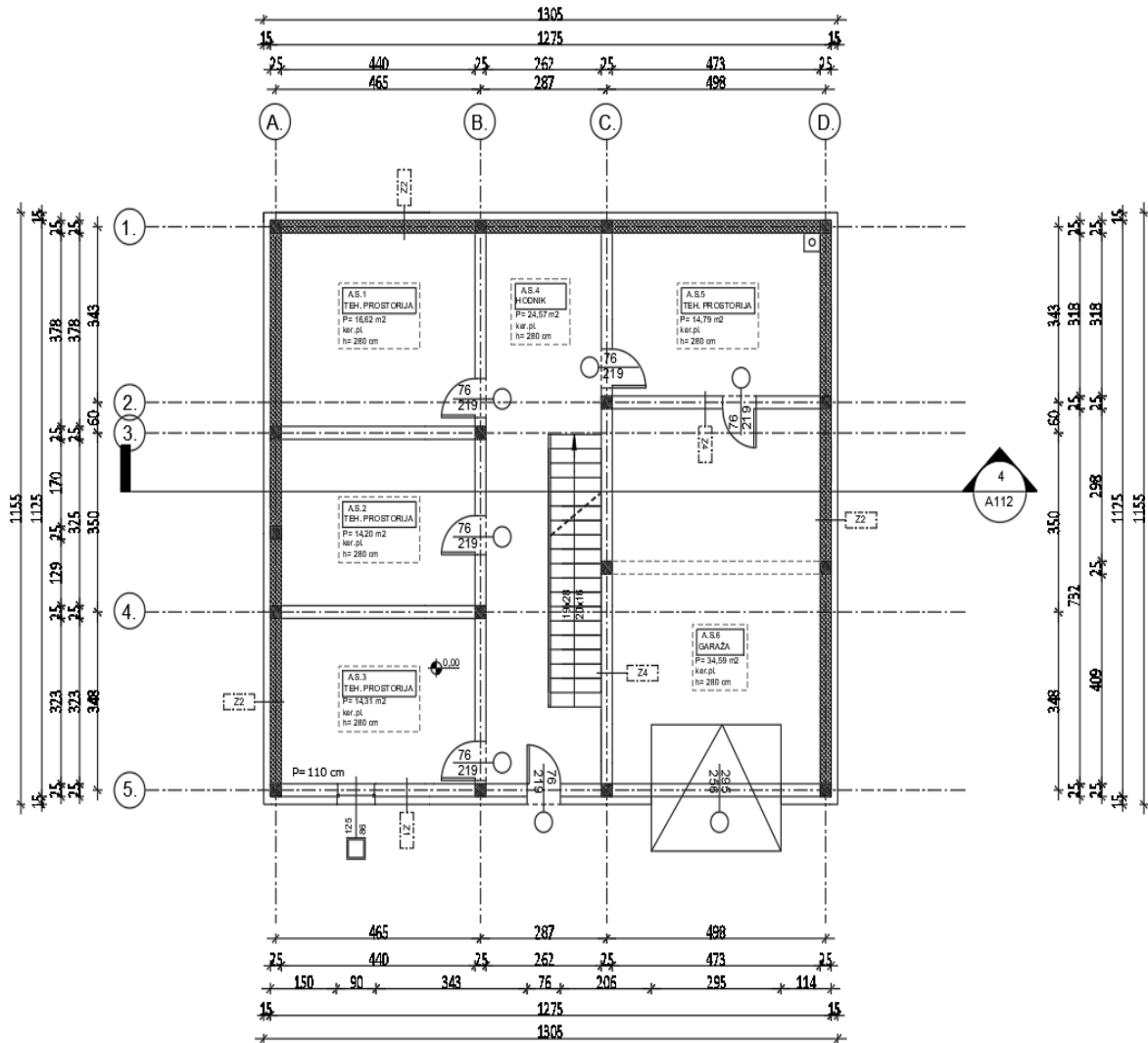
Također, toplinski mostovi predstavljaju jedan od važnih faktora u analizi energetske efikasnosti zgrada. U građevinarstvu ovi mostovi su mjesta u konstrukciji gdje se odvija pojačano prenošenje topline, što može značajno utjecati na unutrašnju klimu, energetske potrošnje i dugovječnost građevinskih objekata. Razumijevanje toplinskih mostova ključno je za postizanje optimalne energetske efikasnosti i udobnosti unutar zgrada.

U nastavku rada prikazana je važnost energetske obnove pomoću 3 mjere kojima se nastoji povećati energetska efikasnost objekta. Cilj je dokazati važnost energetske učinkovitosti tako što će se pomoću programa KI Expert provesti proračun za svaku od 3 mjere. Provedene mjere su u skladu s Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama.

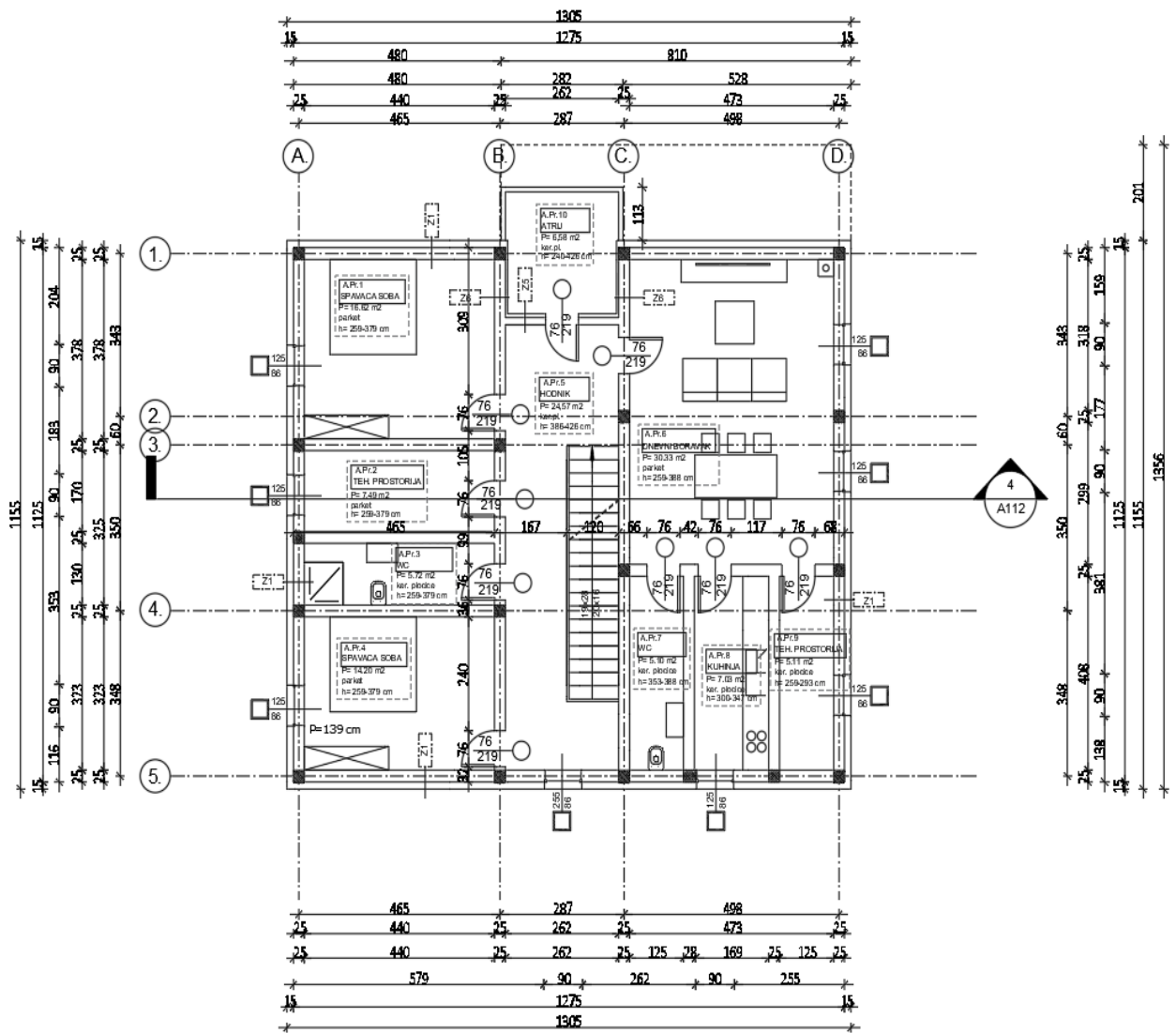
Uz to napomenuta je i važnost izolacije toplinskih mostova koji su također važan aspekt energetske efikasnosti.

2. Analiza energetske učinkovitosti

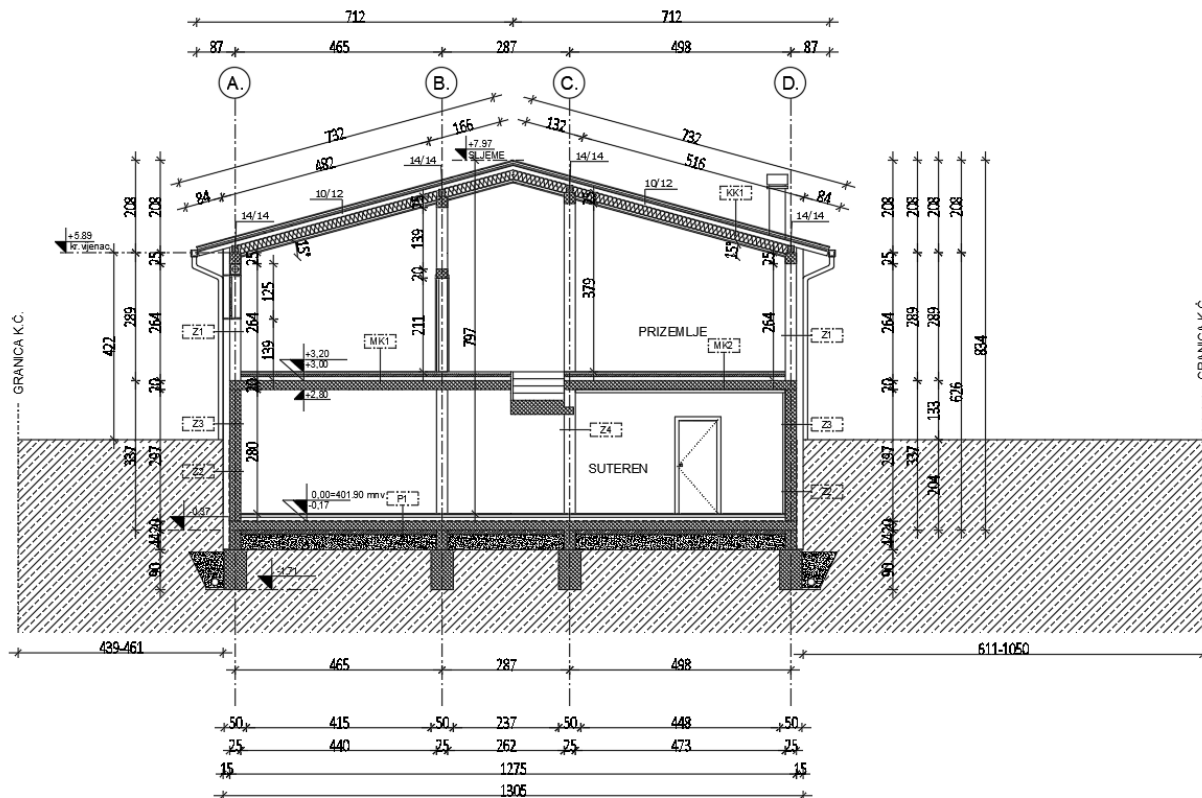
Analiza energetske učinkovitosti provodi se za objekt koji se sastoji od suterena i prizemlja (Slika 2.1,2.2,2.3).



Slika 2.1 Tlocrt suterena – M 1:100



Slika 2.2 Tlocrt prizemlja – M 1:100



Slika 2.3 Presjek - M 1:100

Objekt se sastoji od jedne zone te slijedećih geometrijskih karakteristika (Tablica 2-1):

Tablica 2-1 Geometrijske karakteristike zgrade

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m ²]	535,96
Obujam grijanog dijela zgrade – V _e [m ³]	877,31
Obujam grijanog zraka – V [m ³]	666,76
Faktor oblika zgrade - f _o [m ⁻¹]	0,61
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A _κ [m ²]	200,66
Proračunska korisna površina grijanog dijela zgrade – A _κ	201,21
Ukupna ploština pročelja – A _{uk} [m ²]	393,62
Ukupna ploština prozora – A _{wuk} [m ²]	15,81

Površine građevnih dijelova iznose:

- Z1 – vanjski zid = 182,68 m²
- Z2 – zid prema tlu = 46,29 m²
- Z3 – vanjski zid = 38,81 m²
- Z4 – zid prema garaži = 33,73 m²
- P1 – pod na tlu – 105,78 m²
- ST1 – strop iznad garaže – 37,66 m²
- KK – kosi krov – 156,38 m²
- Z5 – zid prema atriju = 9,03 m²
- Z6 – zid prema atriju = 10,37 m²
- ST2 – strop prema atriju – 4,26 m²

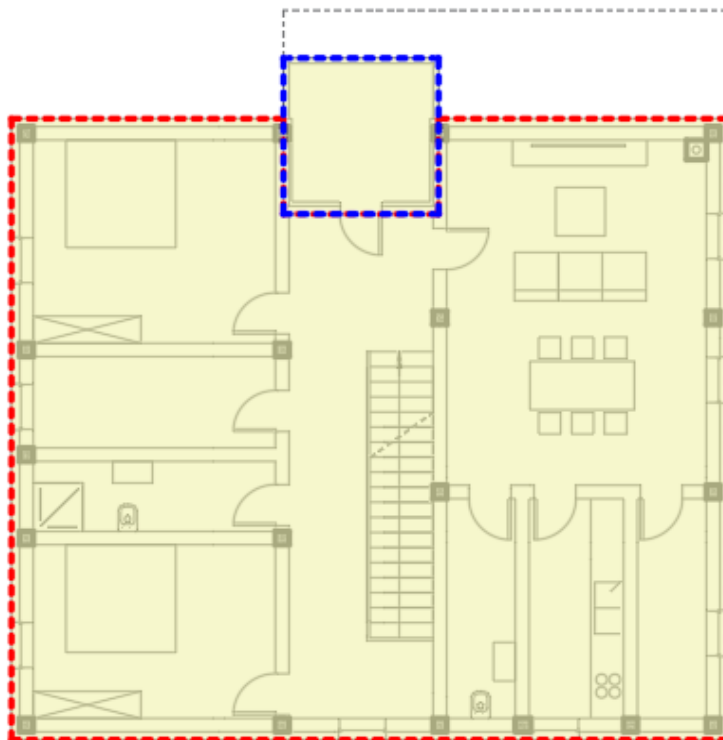
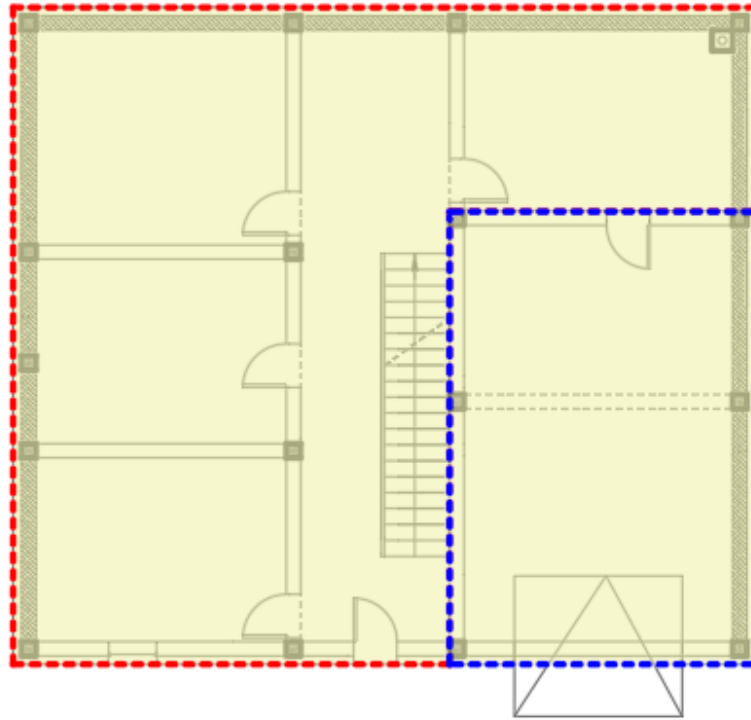
Za potrebe proračuna korišteni su klimatski podaci za mjernu postaju Zagreb Maksimir (Tablica 2-2).

Tablica 2-2 Klimatski podaci za mjernu postaju Zagreb Maksimir

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.	
Temperature zraka (° C)														
m	-	2,3	7,4	12,	16,	20,	22,	23,	18,	12,	8,9	2	12,2	
mi	-	-	-8	0,6	6,5	10,	13,	10,	7,3	0,2	-	-	-12,8	
ma	13,	14,	17,	21,	26,	29,	29,	29,	25	21	19,	14,	29,6	
Tlak vodene pare (Pa)														
m	52	58	69	88	12	15	16	16	14	10	78	58	1050	
Relativna vlažnost zraka (%)														
m	81	74	68	67	66	67	67	69	76	80	83	85	74	
Brzina vjetra (m/s)														
m	1,3	1,7	2	2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	
Broj dana grijanja														
Temperatura vanjskog zraka											≤ 10 ° C	165,		
											≤ 12 ° C	184,		
											≤ 15 ° C	204,		
Orij	[I	II	III	IV	V	VI	VI	VI	IX	X	XI	XI	God.
Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m²)														
S	0	1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	449
	1	1	2	3	4	6	6	6	5	4	3	1	1	478
	3	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	487
	4	1	2	4	4	5	5	5	5	4	3	1	1	475

	6	1	2	3	4	4	4	5	5	4	3	2	1	442	
	7	1	2	3	3	4	3	4	4	4	3	1	1	391	
	9	1	2	3	3	3	2	3	3	3	3	1	1	325	
SE, SW	0	1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	449	
	1	1	2	3	4	6	6	6	5	4	3	1	1	470	
	3	1	2	3	4	5	6	6	5	4	3	1	1	475	
	4	1	2	3	4	5	5	6	5	4	3	1	1	464	
	6	1	2	3	4	5	5	5	5	4	3	1	1	435	
	7	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	3	1	1	390
	9	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	2	1	9	334
	E, W	0	1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	449
1		1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	445	
3		1	1	3	4	5	6	6	5	4	2	1	8	435	
4		1	1	3	4	5	5	6	5	3	2	1	8	415	
6		1	1	2	4	5	5	5	4	3	2	1	7	387	
7		9	1	2	3	4	4	5	4	3	2	1	7	350	
9		8	1	2	3	3	4	4	3	2	2	9	6	306	
NE, NW	0	1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	449	
	1	9	1	2	4	5	6	6	5	3	2	1	7	416	
	3	8	1	2	3	5	5	6	4	3	1	9	6	375	
	4	7	1	2	3	4	5	5	4	2	1	7	5	333	
	6	6	9	2	3	4	4	4	3	2	1	7	5	292	
	7	5	8	1	2	3	4	4	3	1	1	6	4	249	
	9	5	7	1	1	2	3	3	2	1	9	5	4	194	
E, N	0	1	1	3	4	6	6	6	5	4	2	1	8	449	
	1	8	1	2	4	5	6	6	5	3	2	9	6	398	
	3	7	1	2	3	5	5	5	4	2	1	8	6	335	
	4	7	9	1	2	4	4	4	3	1	1	1	5	273	
	6	6	9	1	2	3	3	3	2	1	1	7	5	215	
	7	5	8	1	1	2	2	2	2	1	1	6	4	173	
	9	5	7	1	1	2	2	2	1	1	9	5	4	156	

Objekt je podijeljen na grijani i negrijani prostor, tj. sastoji se od dvije prostorije koje se ne griju (Slika 2.4). Unutarnja projektna temperatura grijanja iznosi 20°C, a hlađenja 22°C.



Slika 2.4 Podjela na grijani i negrijani prostor

2.1. Postojeće stanje

U ovom poglavlju analizira se postojeće stanje objekta, tj. stanje bez fasade i s lošom stolarijom.

2.1.1. Z1 – vanjski zid

Vanjski zid sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.5):

- Vapneno – cementna žbuka (d=2 cm)
- Šuplja fasadna opeka od gline (d=25 cm)
- Vapneno – cementna žbuka (d=2 cm)



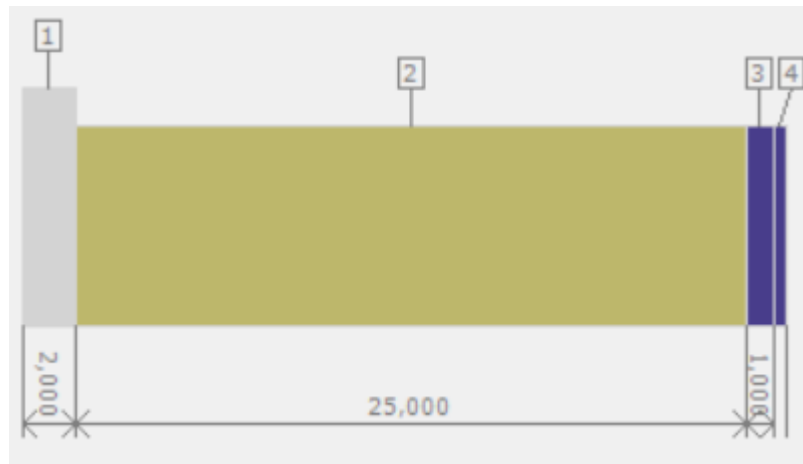
Slika 2.5 Grafički prikaz presjeka zida Z1

Koeficijent prolaska topline U iznosi $1,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\max} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z1 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.2. Z2 – zid prema tlu

Zid Z2 sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.6):

- Vapneno – cementna žbuka (d=2 cm)
- Armirani beton (d=25 cm)
- Bitum. traka s uloškom stakl. voala (d=1 cm)
- Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije) (d=0.5 cm)



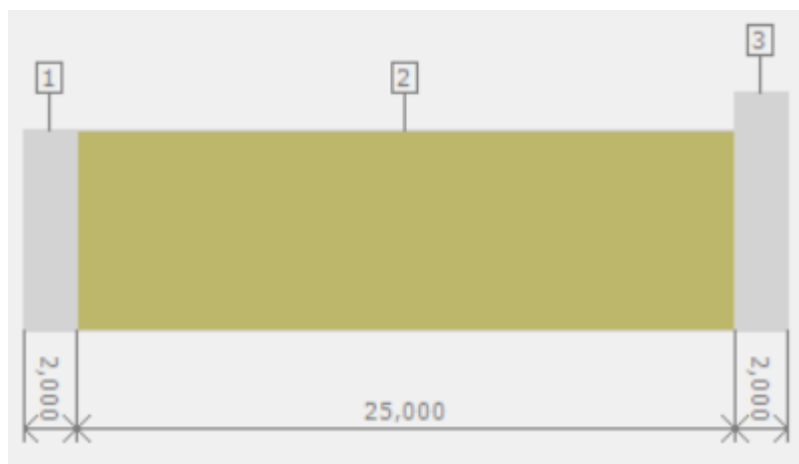
Slika 2.6 Grafički prikaz presjeka zida Z2

Koeficijent prolaska topline U iznosi $3,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z2 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.3. Z3 – vanjski zid

Zid Z3 sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.7):

- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)
- Armirani beton ($d=25 \text{ cm}$)
- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)



Slika 2.7 Grafički prikaz presjeka zida Z3

Koeficijent prolaska topline U iznosi $3,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\max} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z3 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.4. Z4 – zid prema garaži

Zid Z4 sastoji se od slijedećih slojeva (Slika 2.8):

- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)
- Šuplji blokovi od gline ($d=25 \text{ cm}$)
- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)



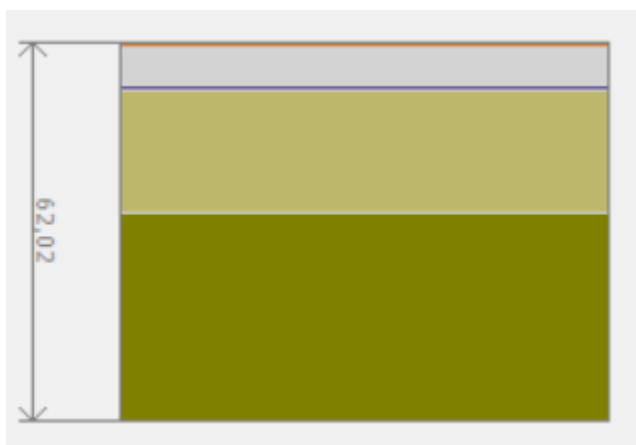
Slika 2.8 Grafički prikaz zida Z3

Koeficijent prolaska topline U iznosi $1,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\max} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z4 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.5. P1 - Pod na tlu

Pod na tlu sastoji se od slijedećih slojeva (Slika 2.9):

- Keramičke pločice ($d=1 \text{ cm}$)
- Cementni estrih ($d=6 \text{ cm}$)
- Polietilenska folija, preklopljena ($d=0,02 \text{ cm}$)
- Bitum. traka s uloškom stakl. voala ($d=1 \text{ cm}$)
- Armirani beton ($d=20 \text{ cm}$)
- Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac) ($d=34 \text{ cm}$)



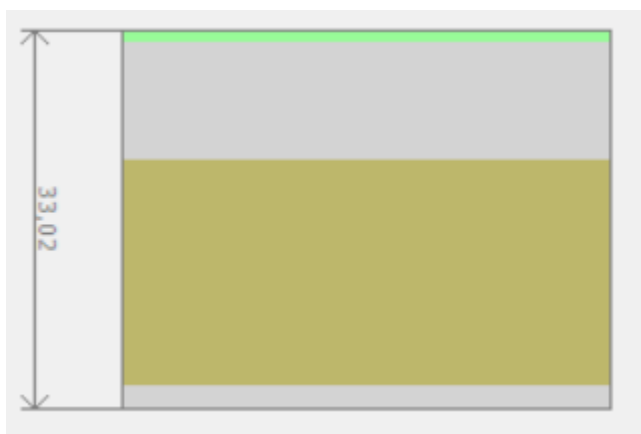
Slika 2.9 Grafički prikaz presjeka poda na tlu

Koeficijent prolaska topline U iznosi $1,32 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome pod na tlu ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.6. ST1 – Strop iznad garaže

Strop iznad garaže sastoji se od slijedećih slojeva (Slika 2.10):

- Drvo – tvrdo – bjelogorica ($d=1 \text{ cm}$)
- Cementni estrih ($d=10 \text{ cm}$)
- Polietilenska folija, preklopljena ($d=0,02 \text{ cm}$)
- Armirani beton ($d=20 \text{ cm}$)
- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)



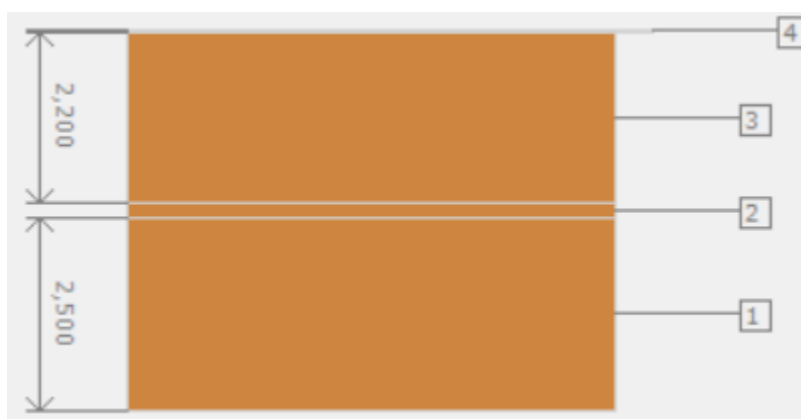
Slika 2.10 Presjek stropa iznad garaže

Koeficijent prolaska topline U iznosi $2,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome strop iznad garaže ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.7. KK - Kosi krov

Strop iznad garaže sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.11):

- Gipskartonske ploče ($d=2,5 \text{ cm}$)
- HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana ($d=0,2 \text{ cm}$)
- Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB) ($d=2,2 \text{ cm}$)
- HOMESEAL LDS 35 parna brana ($d=0,02 \text{ cm}$)



Slika 2.11 Presjek kosog krova

Koeficijent prolaska topline U iznosi $2,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome kosi krov ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.8. Z5 – zid prema atriju

Zid Z5 sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.12):

- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)
- Šuplja fasadna opeka od gline ($d=15 \text{ cm}$)
- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)



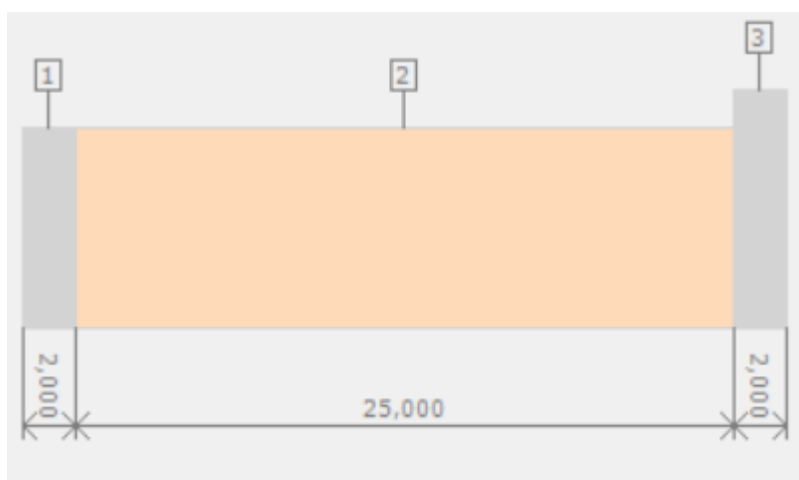
Slika 2.12 Presjek zida Z5

Koeficijent prolaska topline U iznosi $1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\max} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z5 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.9. Z6 – zid prema atriju

Zid Z6 sastoji se od sljedećih slojeva (Slika 2.13):

- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)
- Šuplja fasadna opeka od gline ($d=25 \text{ cm}$)
- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)



Slika 2.13 Presjek zida Z6

Koeficijent prolaska topline U iznosi $1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome zid Z6 ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.10. ST2 – Strop prema aatriju

Strop prema aatriju sastoji se od slijedećih slojeva (Slika 2.14):

- Vapneno – cementna žbuka ($d=2 \text{ cm}$)
- Armirani beton ($d=20 \text{ cm}$)
- Polietilenska folija, preklopljena ($d=0,02 \text{ cm}$)
- Cementni estrih ($d=10 \text{ cm}$)
- Keramičke pločice ($d=1 \text{ cm}$)



Slika 2.14 Presjek stropa prema aatriju

Koeficijent prolaska topline U iznosi $2,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je veće od maksimalne dopuštene vrijednosti ($U_{\text{max}} = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$). Prema tome strop prema aatriju ne zadovoljava tehničke propise.

2.1.11. Stolarija

Na objektu nalazi se drvena stolarija (Tablica 2-3) s jednostrukim ostakljenjem što ju čini izrazito nepovoljnom glede prolaska topline. Uz to, prozori nemaju napravu za zaštitu od sunčeva zračenja (rolete) što dodatno pogoršava kvalitetu same stolarije.

Tablica 2-3 Otvori

Otvor	U_w (W/m ² K)	Orijentacija	A_w (m ²)	n
Prozor 125x86	5,20	Sjever	1,08	2
Prozor 125x86	5,20	Istok	1,08	3
Prozor 125x86	5,20	Zapad	1,08	3
Prozor 255x86	5,20	Sjever	2,19	1
Vrata 219x76	3,50	Sjever	1,66	2
Vrata 219x76	3,50	Jug	1,66	1

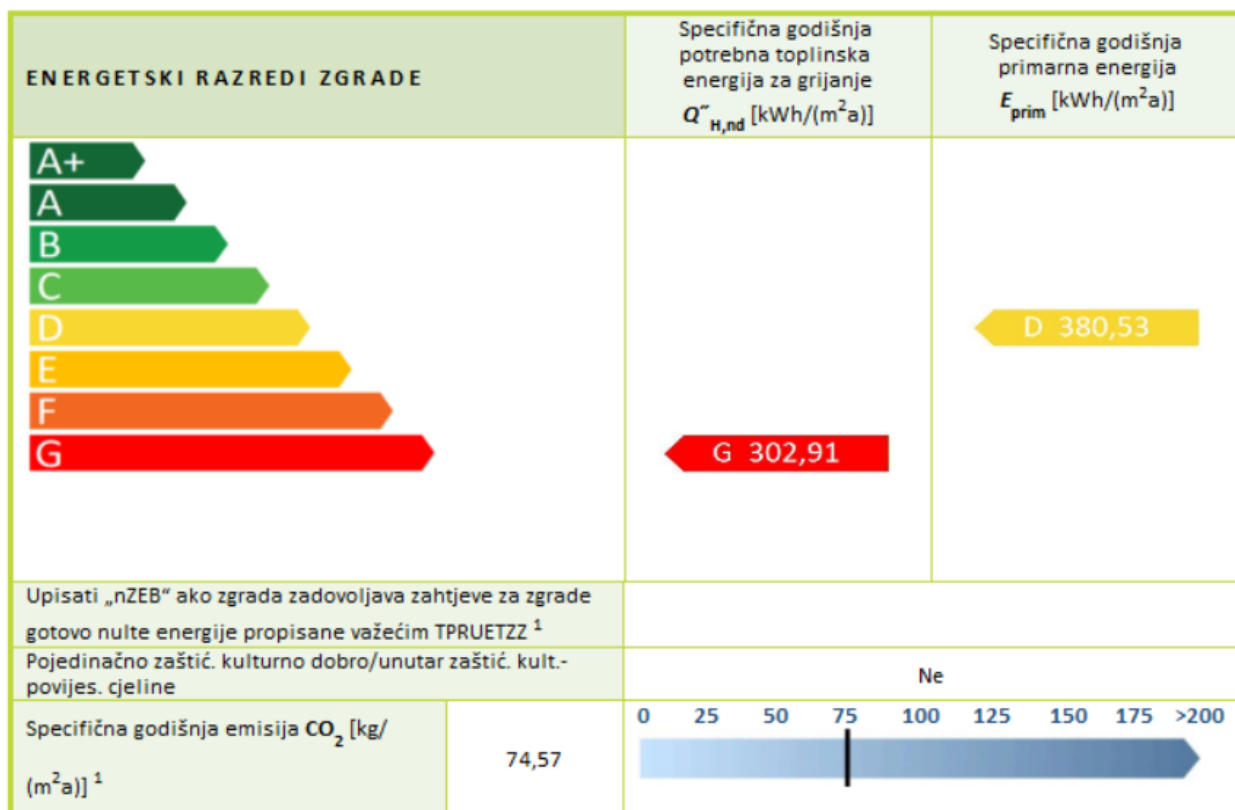
2.2. Rezultati proračuna

U tablici 2-4 prikazani su rezultati proračuna potrebne energije za postojeće stanje.

Tablica 2-4 Rezultati proračuna postojećeg stanja

Rezultati proračuna potrebne toplinske energije za grijanje i toplinske energije za hlađenje prema poglavlju VII. Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, za zgradu grijanu na temperaturu 18°C ili više	
Oplošje grijanog dijela zgrade	$A = 535,96$ [m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 877,31$ [m ³]
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,61$ [m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 200,66$ [m ²]
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 201,21$ [m ²]
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 60950,08$ [kWh/a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 302,91$ (max = 57,18) [kWh/m ² a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine etaže veće od 4.2m)	$Q'_{H,nd} = -$ (max = -) [kWh/m ³ a]
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 4387,71$ [kWh/a]
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 67846,03$ [kWh/a]
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 337,18$ [kWh/m ² a]
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 76568,63$ [kWh/a]
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne	$E''_{prim} = 380,53$ (max = 45,00)
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 1,82$ (max = 0,55) [W/m ² K]

Prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje, objekt se nalazi u energetske razredu G dok je prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji u razredu D. (Slika 2.15)



Slika 2.15 Energetski certifikat za postojeće stanje

Gledajući ukupnu korisnu površinu objekta, godišnja toplinska energija potrebna za grijanje iznosi 60950,07 kWh/a.

Za grijanje se koristi plin (potrebno 6614,56 m³/a), dok se za hlađenje koristi struja (potrebno 4387,71 kWh/a).

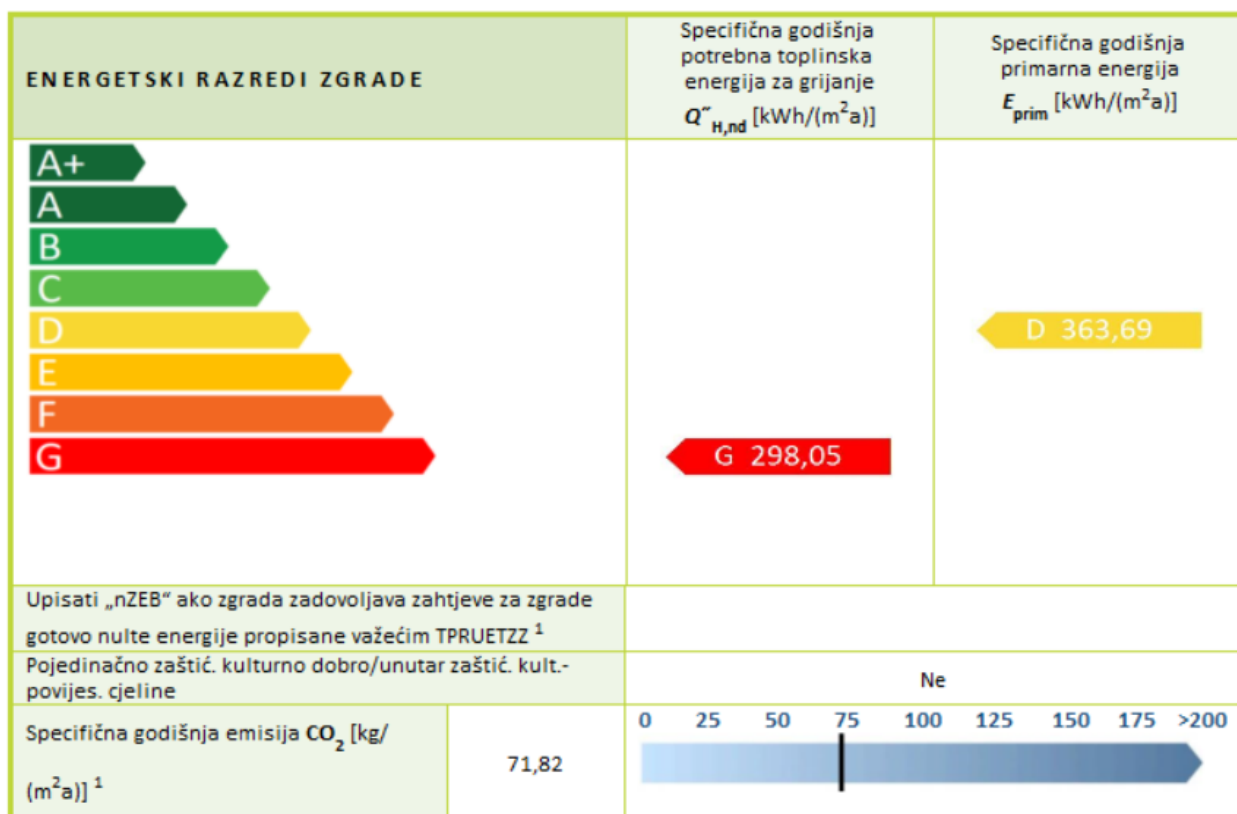
Ukupni troškovi na godišnjoj razini iznose 2467,02 eura.

2.3. Mjera 1 - zamjena stolarije

Postojeću stolariju potrebno je zamijeniti novom PVC stolarijom, tj. prozori će biti zamijenjeni s PVC prozorima s trostruko izolirajućim staklom s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge), a vrata s PVC vratima. Koeficijent toplinske provodljivosti kod starih drvenih prozora iznosio je $U_w=5,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ dok će ovom mjerom biti smanjen na $1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Koeficijent toplinske provodljivosti vrata će ovime također biti smanjen s $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$.

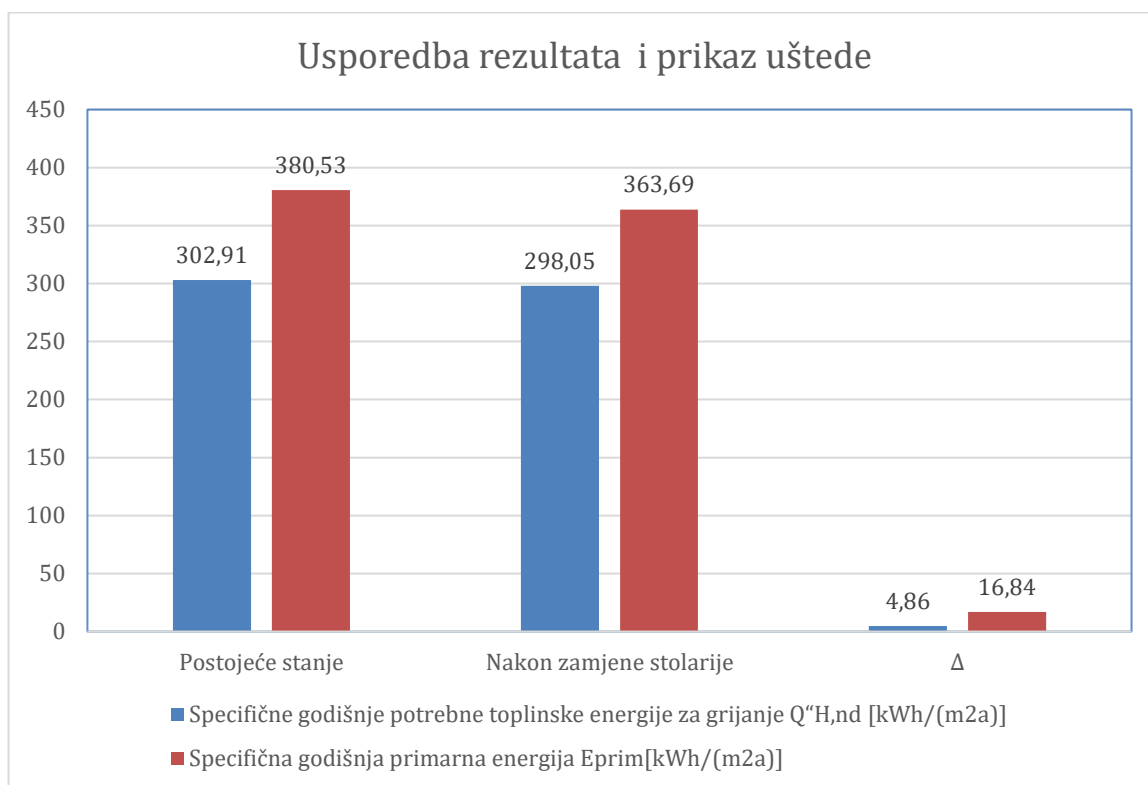
Na ovaj način specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje ($Q''_{H,nd}$) smanjena je s $302,91 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ na $298,05 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ što predstavlja smanjenje za $4,86 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Specifična godišnja primarna energija smanjena je s $380,53 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ na $363,69 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ što je smanjenje od $16,84 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (Tablica 2-5).

I nakon provedbe ove mjere, objekt je i dalje ostao u energetske razredu G, odnosno D (Slika 2.16).



Slika 2.16 Energetski certifikat nakon zamjene stolarije

Tablica 2-5 Prikaz usporedbe rezultata i uštede energije



Gledajući ukupnu korisnu površinu objekta, godišnja toplinska energija potrebna za grijanje smanjena je s 60950,07 kWh/a na 59971,48 kWh/a što je smanjenje od 978,59 kWh/a.

To znači da će se i potrošnja plina potrebnog za grijanje smanjiti s 6614,56 m³/a na 6512,55 m³/a. Uz jediničnu cijenu plina od 0,3 EUR/m³ to predstavlja uštedu od 30,60 eura.

Potrošnja struje potrebne za hlađenje past će s 4387,71 kWh/a na 2952,38 kWh/a što uz jediničnu cijenu od 0,11 EUR/kWh znači uštedu od 157,89 eura.

Sveukupna ušteda iznosi 188,49 eura na godišnjoj razini.

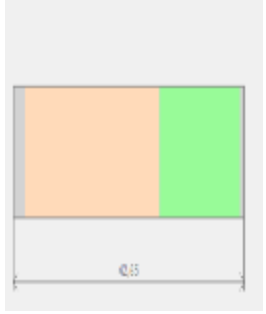
2.4. Mjera 2 - ugradnja toplinske izolacije

Postojeći zidovi nisu adekvatno izolirani te je stoga potrebno postaviti odgovarajuću toplinsku izolaciju.

2.4.1. Z1 – vanjski zid

Na zid će s vanjske strane biti stavljen ekspanzirani polistiren (EPS) u debljini od 15 cm na koji dolazi sloj polimerno-cementnog ljepila i silikatna žbuka. Time bi se koeficijent prolaska topline trebao smanjiti na $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava propise (Tablica 2-6).


Tablica 2-6 Presjek zida Z1 nakon postavljanja izolacije

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_l	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{jl}	A_{jz}	
	182,62	31,43	31,43	76,40	43,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,24 \leq 0,30$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,75 \leq 0,94$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:			$351,45 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,24 \leq 0,30$				ZADOVOLJAVA			
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka				$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$			
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka			2,000	1800,00	1,000	0,020			
2	1.07 Šuplja fasadna opeka od gline			25,000	1200,00	0,550	0,455			
3	7.02 Ekspanzirani polistiren (EPS)			15,000	30,00	0,042	3,571			
4	Polimerno-cementno ljepilo			0,500	1650,00	0,900	0,006			
5	3.16 Silikatna žbuka			0,150	1800,00	0,900	0,002			
								$R_{si} = 0,130$		
								$R_{se} = 0,040$		
								$R_T = 4,223$		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,24$				$U = 0,24 \leq U_{max} = 0,30$			ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela 351,45 [kg/m²]				$351,45 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,24 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA			

2.4.2. Z2 – zid prema tlu

Na zid Z2 potrebno je staviti ekstrudirani polistiren (XPS) budući da se radi o zidu prema tlu. Izolacija se postavlja u debljini od 10 cm što je dovoljno da se koeficijent prolaska topline smanji na $U=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ što je manje od $U=0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ koliko je maksimalno dopušteno (Tablica 2-7).

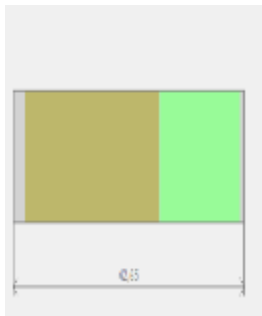
Tablica 2-7 Presjek zida Z2 nakon postavljanja izolacije

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	46,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,30 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,88 \leq 0,93$				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$			
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka			2,000	1800,00	1,000	0,020			
2	2.01 Armirani beton			25,000	2500,00	2,600	0,096			
3	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala			1,000	1100,00	0,230	0,043			
4	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)			10,000	28,00	0,033	3,030			
5	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)			0,500	1200,00	0,200	0,025			
							$R_{si} = 0,130$			
							$R_{se} = 0,000$			
							$R_T = 3,345$			
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,30$				$U = 0,30 \leq U_{max} = 0,40$			ZADOVOLJAVA			

2.4.3. Z3 – vanjski zid

Na zid će s vanjske strane biti stavljen ekspandirani polistiren (EPS) u debljini od 15 cm na koji dolazi sloj polimerno-cementnog ljepila i silikatna žbuka. Time bi se koeficijent prolaska topline trebao smanjiti na $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava propise (Tablica 2-8). Zid se izvodi od armiranog betona jer se radi o nastavku zida prema tlu (zid Z2).


Tablica 2-8 Presjek zida Z3 nakon postavljanja izolacije

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A_{gd} [m²]	A_i	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}	
	38,81	16,55	4,89	0,00	17,37	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA			
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,75 \leq 0,94$			ZADOVOLJAVA			
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$			ZADOVOLJAVA			
Dinamičke karakteristike:			$675,10 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA				
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	R[m² K/W]			
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka			2,000	1800,00	1,000	0,020			
2	2.01 Armirani beton			25,000	2500,00	2,600	0,096			
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)			15,000	21,00	0,037	4,054			
4	Polimerno-cementno ljepilo			0,500	1650,00	0,900	0,006			
5	3.16 Silikatna žbuka			0,150	1800,00	0,900	0,002			
							R _{si} = 0,130			
							R _{se} = 0,040			
							R _τ = 4,347			
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U \text{ [W/m}^2 \text{ K]} = 0,23$				$U = 0,23 \leq U_{\text{max}} = 0,30$			ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela 675,10 [kg/m²]				$675,10 \geq 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,23 \leq 0,30$			ZADOVOLJAVA			

2.4.4. Z4 – zid prema garaži

Pošto se radi o zidu prema negrijanoj prostoriji, tj. unutarnjem zidu na koji se obično ne postavlja fasada potrebno je zid izvesti od opeke punjene kamenom vunom (IZO Profi). Uz to da bi se spriječila pojava plijesni i probijanje vlage, pogotovo zato što se s druge strane zida nalazi AB stubište, potrebno je na zid postaviti heraklit ploče (kombi ploče) u debljini od 5 cm. Na ovaj način koeficijent prolaska topline smanjit će se na $U=0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava tehničke propise (Tablica 2-9).

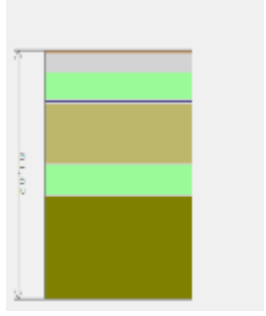
Tablica 2-9 Presjek zida Z4 nakon postavljanja izolacije

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_l	A_z	A_s	A_j	A_{si}	A_{sz}	A_{ji}	A_{jz}	
	33,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,20 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,72 \leq 0,95$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, \text{god}} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	R[m² K/W]				
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka		2,000	1800,00	1,000	0,020				
2	IZO Profi 25		25,000	755,00	0,074	3,378				
3	Knauf Insulation Heratekta C3		5,000	60,00	0,040	1,250				
4	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka		2,000	400,00	0,110	0,182				
						$R_{si} = 0,130$				
						$R_{se} = 0,130$				
						$R_T = 5,090$				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,20$			$U = 0,20 \leq U_{\text{max}} = 0,40$				ZADOVOLJAVA			

2.4.5. P1 - Pod na tlu

Da bi se izolirao pod na tlu potrebno je postaviti EPS debljine 9 cm te XPS debljine 10 cm. Time će koeficijent U biti smanjen s prvotnih 1,32 W/m²K na U=0,16 W/m²K što zadovoljava tehničke propise (Tablica 2-10).

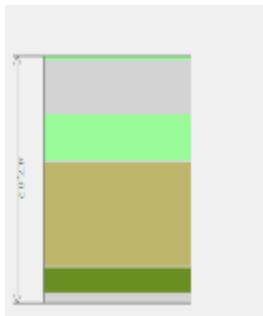
Tablica 2-10 Presjek poda na tlu sa izolacijom

Opći podaci o građevnom dijelu										
	A _{gd} [m ²]	A _l	A _z	A _s	A _j	A _{si}	A _{sz}	A _{ji}	A _{jz}	
	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			U [W/m ² K] = 0,16 ≤ 0,40				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni φ _{si} ≤ 0,8)			fR _{si} = 0,88 ≤ 0,96				ZADOVOLJAVA		
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka				d[cm]	ρ[kg/m ³]	λ[W/mK]	R[m ² K/W]			
1	4.03 Keramičke pločice			1,000	2300,00	1,300	0,008			
2	3.19 Cementni estrih			6,000	2000,00	1,600	0,038			
3	5.12 Polietilenska folija, preklopljena			0,020	1000,00	0,190	0,001			
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)			9,000	21,00	0,037	2,432			
5	5.01 Bitum. traka s uloškom stakl. voala			1,000	1100,00	0,230	0,043			
6	2.01 Armirani beton			20,000	2500,00	2,600	0,077			
7	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)			10,000	28,00	0,033	3,030			
8	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)			34,000	1700,00	0,810	0,420			
								R _{si} = 0,170		
								R _{se} = 0,000		
								R _T = 6,219		
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s U [W/m ² K] = 0,16				U = 0,16 ≤ U _{max} = 0,40			ZADOVOLJAVA			

2.4.6. ST1 - Strop iznad garaže

Strop će se izolirati tako što će se postaviti EPS u debljini 9 cm. Na strani stropa koja graniči s negrijanim prostorom (garažom) potrebno je postaviti heraklit ploče te ih obložiti toplinsko-izolacijskom žbukom. Koeficijent U bit će smanjen na $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava tehničke propise (Tablica 2-11).

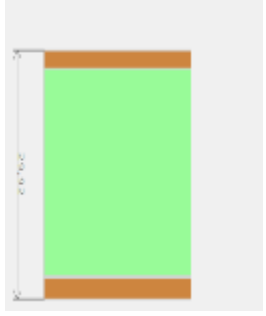
Tablica 2-11 Presjek stropa iznad garaže s izolacijom

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	37,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,23 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$f_{Rsi} = 0,75 \leq 0,94$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$				
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica		1,000	700,00	0,180	0,056				
2	3.19 Cementni estrih		10,000	2000,00	1,600	0,063				
3	5.12 Polietilenska folija, preklopljena		0,020	1000,00	0,190	0,001				
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)		9,000	21,00	0,037	2,432				
5	2.01 Armirani beton		20,000	2500,00	2,600	0,077				
6	Knauf Insulation Heratekta C3		5,000	60,00	0,040	1,250				
7	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka		2,000	400,00	0,110	0,182				
						$R_{si} = 0,170$				
						$R_{se} = 0,100$				
						$R_T = 4,330$				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,23$			$U = 0,23 \leq U_{max} = 0,40$				ZADOVOLJAVA			

2.4.7. KK - Kosi krov

Da bi zadovoljio propise o prolasku topline, krov je potrebno izolirati pomoću sloja mineralne vune u debljini od 25 cm. Na taj način koeficijent prolaska topline bit će smanjen s početnih $U=2,42 \text{ W/m}^2\text{K}$ na $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava tehničke propise (Tablica 2-12).

Tablica 2-12 Presjek kosog krova s izolacijom

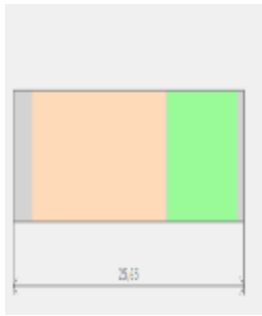
Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	156,38	78,19	78,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,13 \leq 0,25$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,62 \leq 0,97$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Dinamičke karakteristike:			$44,05 < 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,13 \leq 0,25$				ZADOVOLJAVA			
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			$d[\text{cm}]$	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$				
1	4.01 Gipskartonske ploče		2,500	900,00	0,250	0,100				
2	HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana		0,200	450,00	0,500	0,004				
3	7.01 Mineralna vuna (MW)		25,000	25,00	0,034	7,353				
4	4.09 Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB)		2,200	650,00	0,130	0,169				
5	HOMESEAL LDS 35 parna brana		0,020	520,00	0,500	0,000				
						$R_{si} = 0,100$				
						$R_{se} = 0,040$				
						$R_T = 7,767$				
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,13$			$U = 0,13 \leq U_{max} = 0,25$				ZADOVOLJAVA			
Plošna masa građevnog dijela 44,05 [kg/m²]			$44,05 < 100 \text{ kg/m}^2$ $U = 0,13 \leq 0,25$				ZADOVOLJAVA			

2.4.8. Z5 i Z6 – zidovi prema aatriju

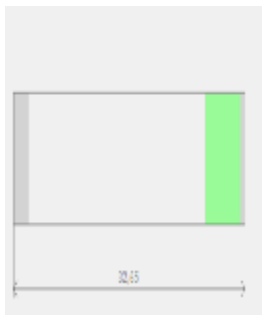
Za izolaciju zida Z5 koristit će se EPS debljine 15 cm. Time će se koeficijent U smanjiti na $U=0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ što zadovoljava tehničke propise. Na EPS će biti stavljen sloj polimerno-cementnog lijepila te silikatna žbuka (Tablica 2-13).

Zid Z6 izolirat će se na isti način, samo što je njega potrebno izvesti od opeke punjene kamenom vunom kako bi se postigli željeni rezultati, tj. kako bi prolazak topline bio smanjen na prihvatljivu mjeru (Tablica 2-14).

Tablica 2-13 Presjek zida Z5 s izolacijom

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	9,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,35 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,75 \leq 0,91$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$			
1	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka			2,000	400,00	0,110	0,182			
2	1.07 Šuplja fasadna opeka od gline			15,000	1200,00	0,550	0,273			
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)			8,000	21,00	0,037	2,162			
4	Polimerno-cementno ljepilo			0,500	1650,00	0,900	0,006			
5	3.16 Silikatna žbuka			0,150	1800,00	0,900	0,002			
							$R_{si} = 0,130$			
							$R_{se} = 0,130$			
							$R_T = 2,884$			
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,35$				$U = 0,35 \leq U_{max} = 0,40$			ZADOVOLJAVA			

Tablica 2-14 Presjek zida Z6 s izolacijom

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [\text{m}^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	10,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Toplinska zaštita:			$U [\text{W/m}^2 \text{K}] = 0,19 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,75 \leq 0,95$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a,god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
	Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			d[cm]	$\rho[\text{kg/m}^3]$	$\lambda[\text{W/mK}]$	$R[\text{m}^2 \text{K/W}]$			

1	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka	2,000	400,00	0,110	0,182
2	IZO Profi 25	25,000	755,00	0,074	3,378
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5,000	21,00	0,037	1,351
4	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	1650,00	0,900	0,006
5	3.16 Silikatna žbuka	0,150	1800,00	0,900	0,002
					$R_{si} = 0,130$
					$R_{se} = 0,130$
					$R_T = 5,179$
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,19$		$U = 0,19 \leq U_{max} = 0,40$		ZADOVOLJAVA	

2.4.9. ST2 - Strop prema atriju

Strop prema atriju izolirat će se tako da se postavi EPS izolacija u debljini od 9 cm. Time će se koeficijent prolaska topline smanjiti na $U=0,33 W/m^2K$ što je manje od $U=0,40 W/m^2K$ kolika je granična vrijednost (Tablica 2-15).

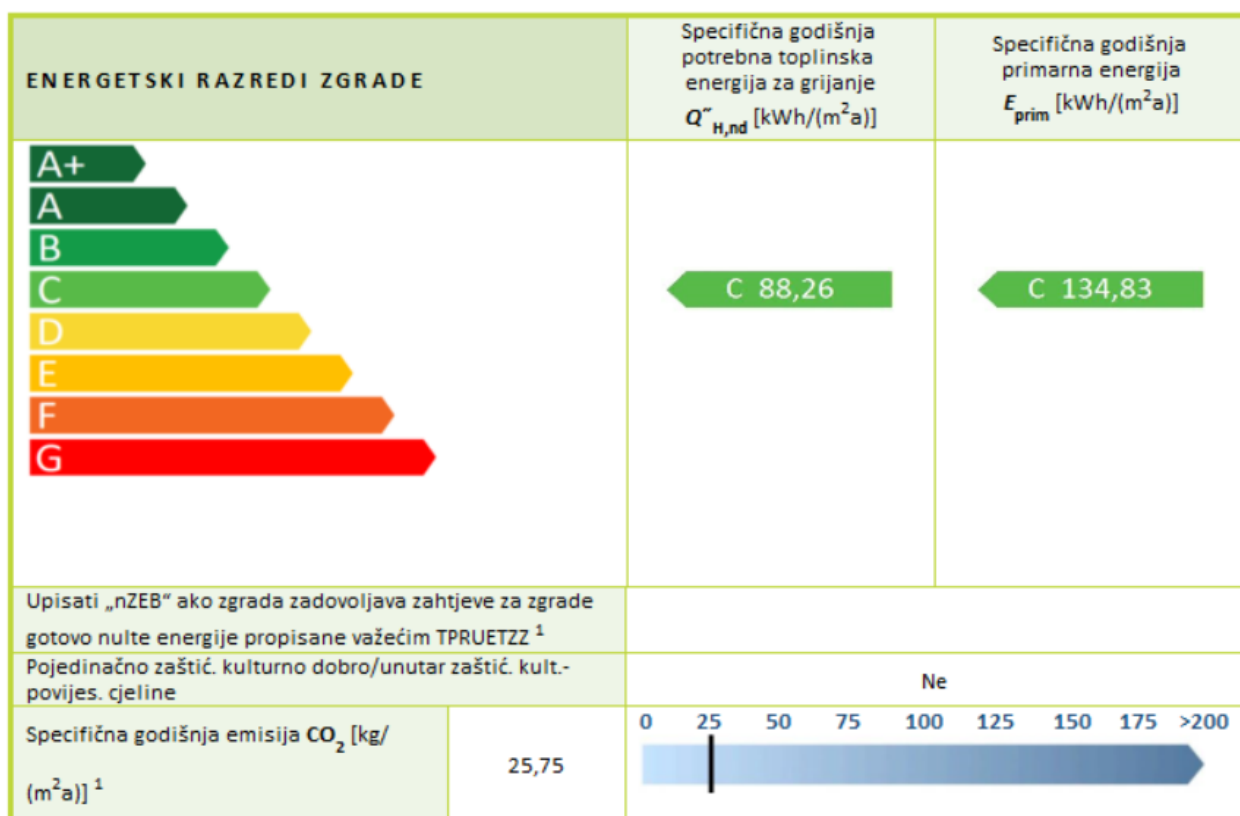
Tablica 2-15 Presjek stropa prema atriju s izolacijom

Opći podaci o građevnom dijelu										
	$A_{gd} [m^2]$	A_I	A_Z	A_S	A_J	A_{SI}	A_{SZ}	A_{JI}	A_{JZ}	
	4,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Toplinska zaštita:			$U [W/m^2 K] = 0,33 \leq 0,40$				ZADOVOLJAVA		
	Površinska vlažnost: (Rizik okruženja s plijesni $\phi_{si} \leq 0,8$)			$fR_{si} = 0,75 \leq 0,92$				ZADOVOLJAVA		
	Unutarnja kondenzacija:			$\Sigma M_{a, god} = 0,00$				ZADOVOLJAVA		
Slojevi građevnog dijela u smjeru toplinskog toka			$d[cm]$	$\rho[kg/m^3]$	$\lambda[W/mK]$	$R[m^2 K/W]$				
1	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka		2,000	400,00	0,110	0,182				
2	2.01 Armirani beton		20,000	2500,00	2,600	0,077				
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)		9,000	21,00	0,037	2,432				
4	5.12 Polietilenska folija, preklopljena		0,020	1000,00	0,190	0,001				
5	3.19 Cementni estrih		10,000	2000,00	1,600	0,063				
6	4.03 Keramičke pločice		1,000	2300,00	1,300	0,008				
									$R_{si} = 0,170$	
									$R_{se} = 0,100$	
									$R_T = 3,032$	
U pogledu toplinske zaštite, građevni dio s $U [W/m^2 K] = 0,33$			$U = 0,33 \leq U_{max} = 0,40$			ZADOVOLJAVA				

2.4.10. Rezultati nakon postavljanja izolacije

Pomoću ove mjere specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje (Q''_{nd}) smanjena je s 302,91 kWh/m²a na 88,26 kWh/m²a što predstavlja smanjenje za 214,65 kWh/m²a. Specifična godišnja primarna energija (E_{prim}) smanjena je s 380,53 kWh/m²a na 134,83 kWh/m²a što je smanjenje od 245,7 kWh/m²a (Tablica 2-16).

Nakon provedbe ove mjere, objekt se nalazi u energetskom razredu C gledajući i energiju potrebnu za grijanje kao i primarnu energiju (Slika 2.17).



Slika 2.17 Energetski certifikat nakon postavljanja izolacije

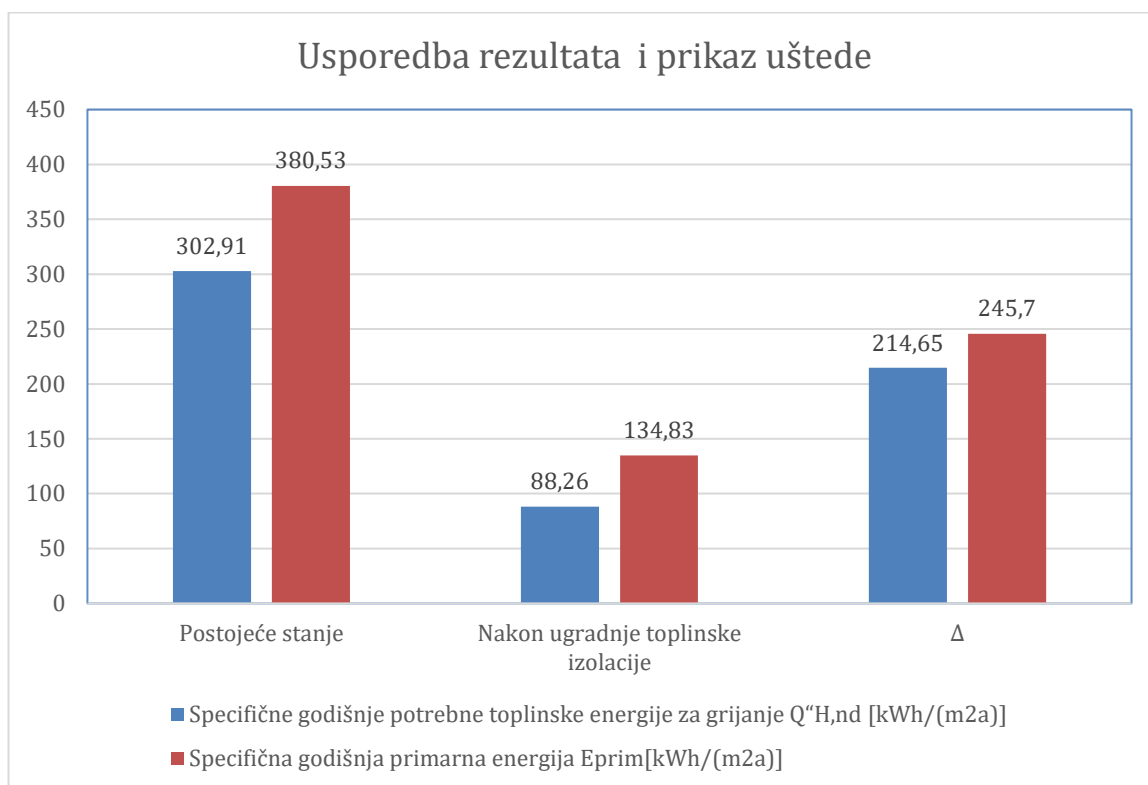
S obzirom na ukupnu korisnu površinu objekta, godišnja toplinska energija potrebna za grijanje smanjena je s 60950,07 kWh/a na 17759,90 kWh/a što je smanjenje od 43190,17 kWh/a.

To znači da će se i potrošnja plina potrebnog za grijanje smanjiti s 6614,56 m³/a na 2112,64 m³/a. Uz jediničnu cijenu plina od 0,3 EUR/m³ to predstavlja uštedu od 1350,58 eura na godišnjoj razini.

Potrošnja struje potrebne za hlađenje past će s 4387,71 kWh/a na 3058,90 kWh/a što uz jediničnu cijenu od 0,11 EUR/kWh znači uštedu od 146,17 eura godišnje.

Sveukupna ušteda iznosi 1496,75 eura na godišnjoj razini.

Tablica 2-16 Usporedba rezultata i prikaz uštede nakon ugradnje toplinske izolacije



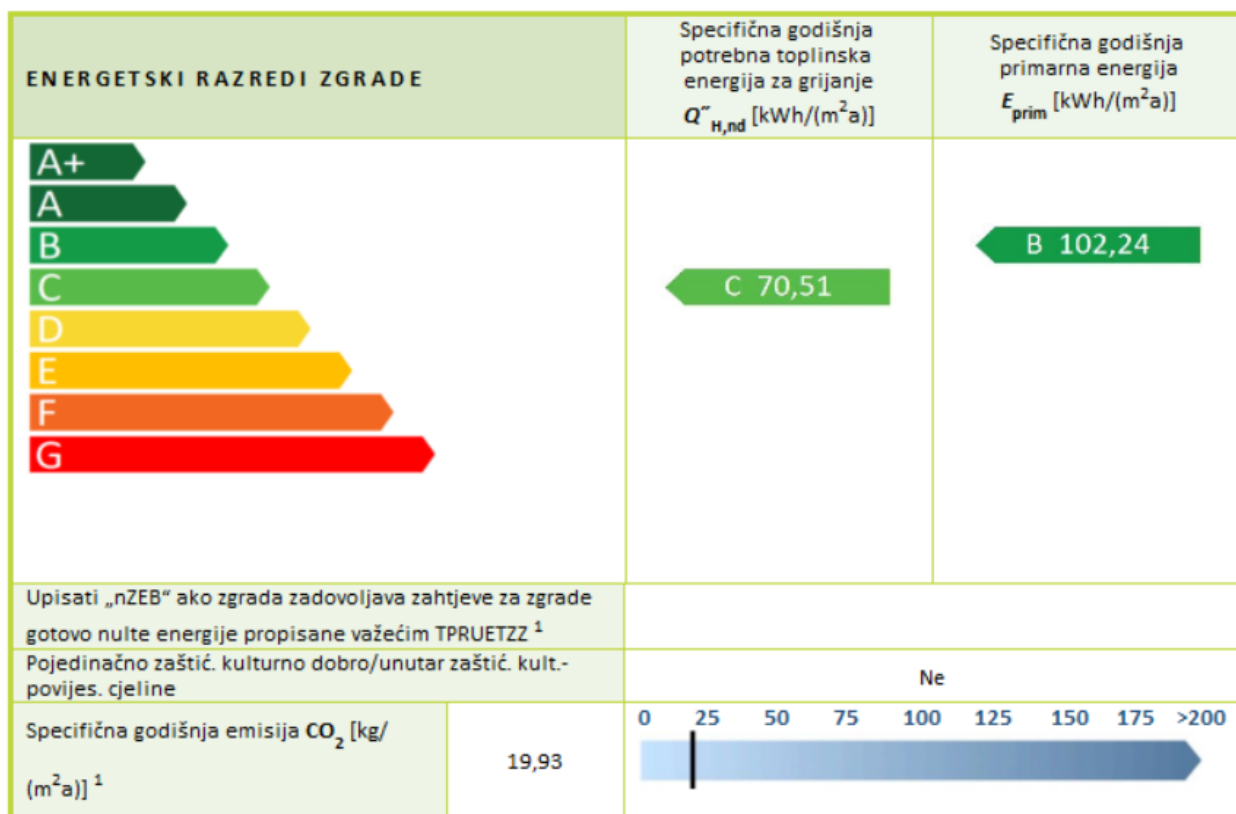
2.5. Mjera 3 - ugradnja toplinske izolacije uz zamjenu stolarije

Istovremena primjena obje prethodne mjere omogućila bi najveće uštede i znatno smanjila potrošnju energije.

Na ovaj način specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje (Q''_{nd}) smanjila bi se s 302,91 kWh/m²a na 70,51 kWh/m²a što predstavlja smanjenje za 232,4 kWh/m²a. Specifična godišnja primarna energija (E_{prim}) smanjila bi se s 380,53 kWh/m²a na 102,24 kWh/m²a što je smanjenje od 278,29 kWh/m²a (Tablica 2.17).

Nakon provedbe ove mjere, objekt se nalazi u energetske razredu C gledajući i energiju potrebnu za grijanje, dok se, gledajući primarnu energiju, nalazi u razredu B (Slika 2.18).

Svi toplinski mostovi su iz norme.



Slika 2.18 Energetski certifikat nakon provedbe 3. mjere

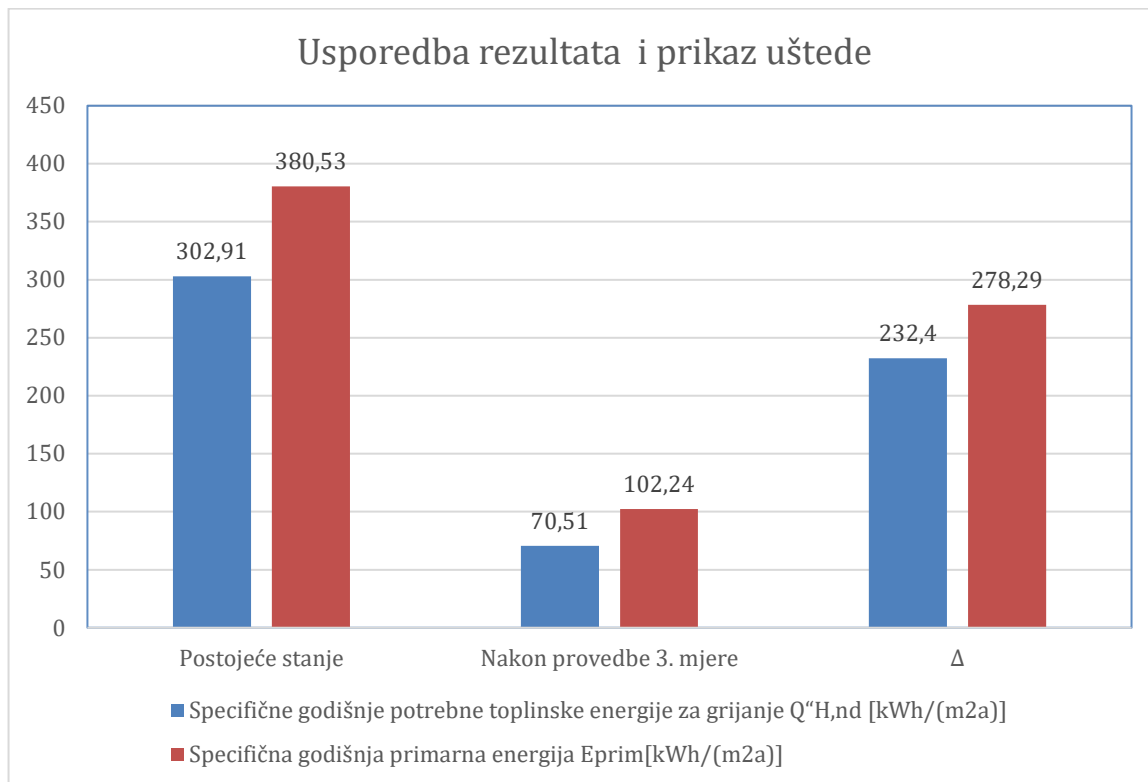
Time bi se postiglo smanjenje godišnje toplinske energije potrebne za grijanje sa 60950,07 kWh/a na 14186,76 kWh/a što je smanjenje od 43763,31 kWh/a.

Automatski bi se smanjila i potrošnja plina potrebnog za grijanje s 6614,56 m³/a na 1740,20 m³/a. Uz jediničnu cijenu plina od 0,3 EUR/m³ to predstavlja uštedu od 1462,31 eura na godišnjoj razini.

Potrošnja struje potrebne za hlađenje past će s 4387,71 kWh/a na 1419,29 kWh/a što uz jediničnu cijenu od 0,11 EUR/kWh znači uštedu od 326,53 eura godišnje.

Sveukupna ušteda iznosi 1788,84 eura na godišnjoj razini.

Tablica 2-17 Usporedba rezultata i prikaz uštede nakon provedene 3. mjere



2.6. Smanjenje emisija CO₂

Poboljšanjem energetske učinkovitosti objekta dolazi do smanjenja u potrošnji energije koja se troši za grijanje i hlađenje. Posljedično dolazi i do smanjenja emisija CO₂. U konkretnom objektu za grijanje se koristi prirodni plin, a za hlađenje električna energija.

Tablica 2-18 *Prikaz smanjenja emisija CO₂*

	Postojeće stanje	Mjera 1	Mjera 2	Mjera 3
Specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m ² a)]	302,91	298,05	88,26	70,51
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]	74,57	71,82	25,75	19,93

Primjenom mjera energetske učinkovitosti koje su opisane u prethodnom poglavlju došlo je do vidljivog poboljšanja (Tablica 2-18).

3. Rekapitulacija mjera energetske učinkovitosti

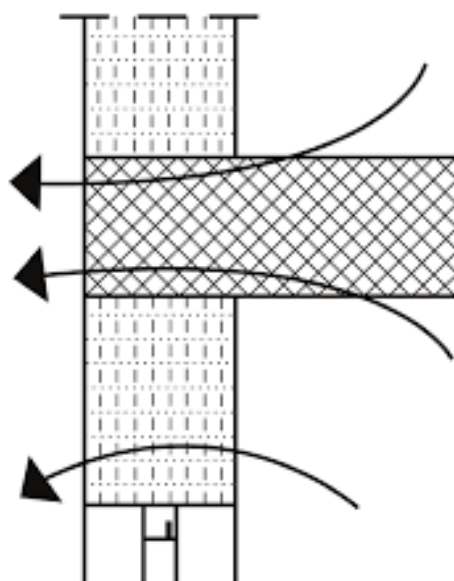
Tablica 3-1 Rekapitulacija rezultata mjera energetske učinkovitosti

	Q [“] _{H,nd} [kWh/(m ² a)]	CO ₂ [kg/(m ² a)]	Plin [m ³ /a]	Struja [kWh/a]
Postojeće stanje	302,91	74,57	6614,56	4387,71
Mjera 1	298,05	71,82	6512,55	2952,38
Ušteda u odnosu na postojeće	4,86	2,75	102,01	1435,33
Mjera 2	88,26	25,75	2112,64	3058,90
Ušteda u odnosu na postojeće	214,65	48,82	4501,92	1328,81
Mjera 3	70,51	19,93	1740,20	1419,29
Ušteda u odnosu na postojeće	232,4	54,64	4874,36	2968,42

Vidljivo je da provedene mjere mogu značajno doprinijeti uštedi energije, ali i smanjenju emisija CO₂.

4. Toplinski mostovi

Toplinski most je manje područje u omotaču grijanog dijela građevine kroz koje je toplinski tok povećan radi promjene materijala, debljine ili geometrije građevnog dijela zgrade (Slika 4.1). Toplinski mostovi i s energetskog i s higijenskog gledišta predstavljaju slabe točke u konstrukciji zgrade. Udio toplinskih mostova u gubicima prijenosa energije može, ovisno o rubnim zahtjevima, iznositi do 20%, čak i više. [1] Toplinske mostove važno je izolirati kako bi se izbjegla kondenzacija, tj. prodor vlage u konstrukciju i pojava plijesni.



Slika 4.1 Primjer toplinskog mosta

4.1. Način djelovanja toplinskih mostova

Toplinski su mostovi ograničena područja s gustoćom toplinskog protoka koja je veća u odnosu na druga područja građevinskih elemenata. Uslijed lokalno povećanog odvođenja topline, pada temperatura površine na unutrašnjoj strani građevinskog elementa. Time raste rizik povećanja vlažnosti. Do toga dolazi kada temperatura površine unutrašnje strane građevinskog elementa u području toplinskog mosta padne ispod temperature rošenja zraka površine. Posljedica je nastajanje kondenzata na površini građevinskog elementa. Pod određenim rubnim uvjetima (vlažnost, temperatura, dostava hranjivih tvari, trajanje izloženosti) može doći do stvaranja plijesni. To ne predstavlja samo optički nedostatak, već može izazvati i zdravstvene poteškoće, npr. alergijske reakcije. Učinak toplinskih mostova još se pojačava pogrešnim zagrijavanjem i prozračivanjem. [1]

4.2. Posljedice toplinskih mostova

Toplinski mostovi negativno utječu na energetska efikasnost objekta, tj. izazivaju velike gubitke topline. Prema nekim istraživanjima toplinski mostovi mogu izazvati čak 30-40% ukupnih gubitaka topline. Ovo može rezultirati velikim povećanjem troškova grijanja i hlađenja.

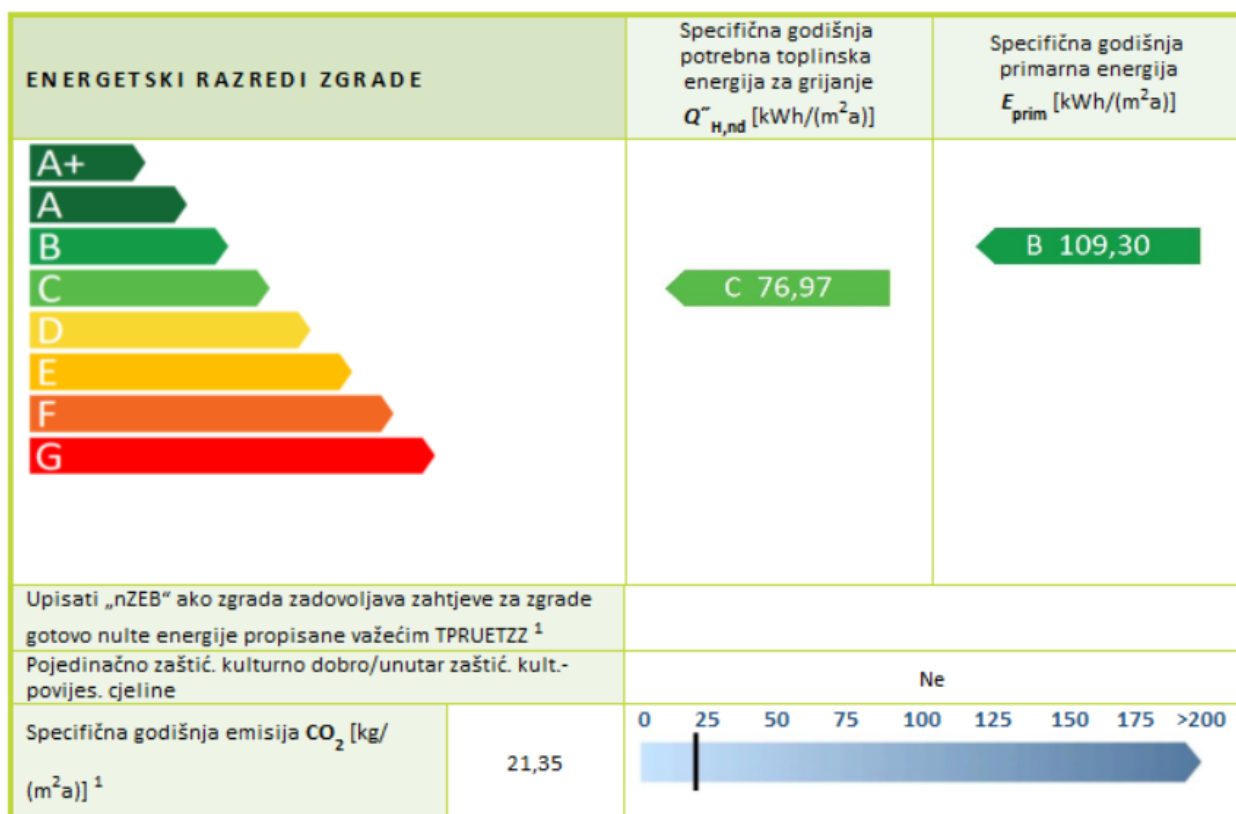
Također dolazi do pojave kondenzacije vodene pare kada topao i vlažan zrak iz unutrašnjosti dođe u kontakt s hladnim površinama stvorenim toplinskim mostovima. Ova kondenzacija stvara idealne uvjete za razvoj plijesni i gljivica što može negativno utjecati na zdravlje stanara uzrokovati oštećenje građevinskog materijala. Oštećenja izazvana vlagom i kondenzacijom mogu zahtijevati skupe popravke što povećava troškove održavanja i smanjuje dugovječnost zgrade.

Toplinske mostove je teško otkriti prije pojave vidljivih znakova. Trebamo koristiti termografsku analizu (uz pomoć termografskog snimka), koji može vrlo točno uputiti na nepravilnosti u primjeni toplinske izolacije. Obično se pregled provodi u sezoni grijanja, kada je razlika između vanjske i unutarnje temperature najviše uočljiva, a toplinski se mostovi na kameri najbolje vide. [2]

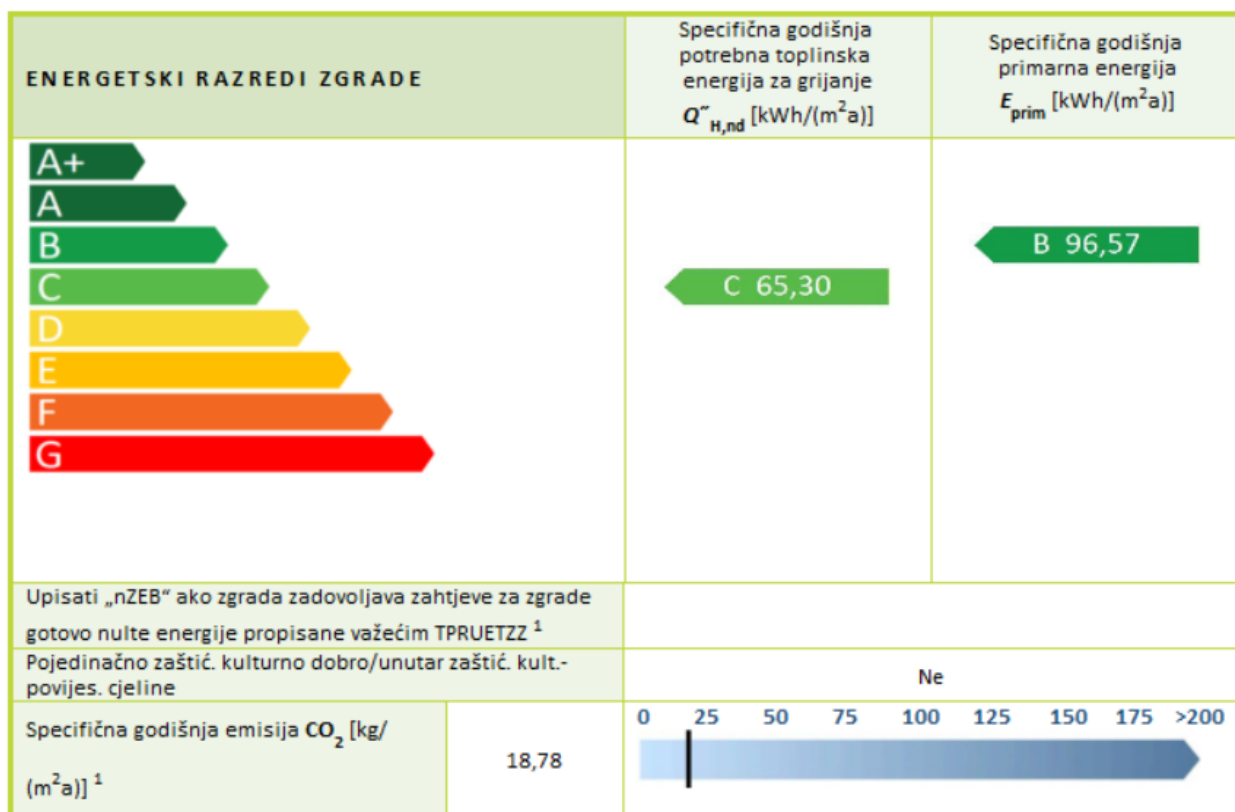
4.3. Primjer utjecaja toplinskih mostova na potrošnju energije

Za primjer uzet je energetska certifikat za mjeru 3 za slučaj kada toplinski mostovi ne bi bili iz norme (Slika 4.2) što je najgora situacija te kada bi se radilo o pasivnoj zgradi (Slika 4.3) što je najbolja situacija.

Toplinski su mostovi često nedovoljno dobro izolirani što negativno utječe na toplinske karakteristike objekta. Posebno se to odnosi na područje oko otvora, tj. na neadekvatnu izolaciju doprozornika i kutija za rolete što se često zanemaruje.



Slika 4.2 Prikaz rezultata za mjeru 3 gdje toplinski mostovi nisu iz norme



Slika 4.3 Prikaz rezultata za mjeru 3 za pasivnu zgradu

Tablica 4-1 Usporedba rezultata ovisno o načinu rješavanja toplinskih mostova

	Mjera 3 – toplinski mostovi za pasivnu zgradu	Mjera 3 – toplinski mostovi nisu iz norme
Specifična godišnja toplinska energija potrebna za grijanje $Q_{H,nd}^-$ [kWh/(m ² a)]	65,30	76,97
Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]	96,57	109,30
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]	18,78	21,35

Iz primjera (Tablica 4-1) vidljivo je da potrošnja energije raste kada toplinski mostovi nisu adekvatno riješeni. Također automatski raste i emisija CO₂.

Troškovi plina i struje za pasivnu zgradu iznose 627,74 eura godišnje, dok se za zgradu čiji mostovi nisu iz norme isti penju na 698,60 eura na godišnjoj razini.

4.4. Rješavanje toplinskih mostova

Toplinski most rezultat je pogreške u projektiranju i/ili izvedbi, a može se ukloniti kvalitetnom ugradnjom termoizolacije i rješavanjem svih konstrukcijskih detalja. [3]

Metode rješavanja toplinskih mostova su:

- razrada projekta s obuhvatom detaljnog rješavanja svih toplinskih mostova
- postizanje kontinuiranosti ugradbe toplinske izolacije (bez prekida) gdje god je to tehnički moguće
- ako postoji dodatna toplinska izolacija, postaviti je s vanjske strane
- dobro brtvljenje svih spojeva
- ugradnja prozora u ravnini s vanjskom toplinskom izolacijom, ako ista postoji
- toplinska izolacija kutije za rolete [1]

5. Zaključak

Energetska efikasnost i energetska obnova igraju vitalnu ulogu u smanjenju negativnih utjecaja na okoliš te poticanju ekonomske održivosti. Kroz implementaciju mjera energetske efikasnosti možemo značajno smanjiti potrošnju energije i emisije CO₂, čime doprinosimo globalnim naporima u borbi protiv klimatskih promjena. Uz to energetska obnova postojećih objekata omogućava nam da iskoristimo postojeće resurse na učinkovitiji način, stvarajući ugodnije i zdravije životne prostore.

Važno je naglasiti i ulogu toplinskih mostova koji značajno utječu na energetske efikasnost zgrade te uzrokuju veću potrošnju energije, a samim time i veće troškove.

U radu je prikazano da provedene mjere značajno utječu na energetske učinkovitost objekta.

Provedbom mjere 1 postiglo se da je ukupna godišnja potreba toplinske energije za grijanje smanjena na 298,05 kWh/m²a, a emisija CO₂ smanjena je na 71,82 kg/m²a.

Provedbom mjere 2 postiglo se da je ukupna godišnja potreba toplinske energije za grijanje smanjena na 88,26 kWh/m²a, a emisija CO₂ smanjena je na 25,75 kg/m²a.

Provedbom obje mjere istovremeno postignuti su najbolji rezultati te je time godišnja toplinska energija za grijanje smanjena na 70,51 kWh/m²a, a emisija CO₂ smanjena je na 19,93 kg/m²a. Ovo predstavlja pad od preko 70% u pogledu potrebnu energije i količine emisija CO₂ u odnosu na početne vrijednosti.

Ovime je dokazano da su mjere energetske obnove dugoročno ekonomski isplative ali i učinkovite u ekološkom smislu što je u današnje vrijeme od izuzetne važnosti.

6. Literatura

- [1] Hrvatska komora arhitekata, Toplinski mostovi
https://www.arhitekti-hka.hr/files/file/pdf/baza-proizvoda/ytong/Toplinski_mostovi.pdf,
dostupno 19.8.2024.
- [2] Toplinski most – što je i kako nastaje?
<https://energysield.hr/rekonstrukcija/toplinski-most-sto-je-i-kako-nastaje/>,
dostupno: 25.8.2024.
- [3] <https://www.potkrovlje.hr/kako-rijesiti-problem-toplinskog-mosta/> ,
dostupno: 25.8.2024.
- [4] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama -
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2020_09_102_1922.html,dostupno:
24.9.2024.
- [5] Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2017_09_88_2093.html ,
dostupno: 27.9.2024.

Popis slika

Slika 2.1 Tlocrt suterena – M 1:100.....	2
Slika 2.2 Tlocrt prizemlja – M 1:100.....	3
Slika 2.3 Presjek - M 1:100.....	4
Slika 2.4 Podjela na grijani i negrijani prostor.....	7
Slika 2.5 Grafički prikaz presjeka zida Z1.....	8
Slika 2.6 Grafički prikaz presjeka zida Z2.....	9
Slika 2.7 Grafički prikaz presjeka zida Z3.....	9
Slika 2.8 Grafički prikaz zida Z3.....	10
Slika 2.9 Grafički prikaz presjeka poda na tlu.....	11
Slika 2.10 Presjek stropa iznad garaže.....	11
Slika 2.11 Presjek kosog krova.....	12
Slika 2.12 Presjek zida Z5.....	13
Slika 2.13 Presjek zida Z6.....	13
Slika 2.14 Presjek stropa prema atriju.....	14
Slika 2.15 Energetski certifikat za postojeće stanje.....	16
Slika 2.16 Energetski certifikat nakon zamjene stolarije.....	17
Slika 2.17 Energetski certifikat nakon postavljanja izolacije.....	28
Slika 2.18 Energetski certifikat nakon provedbe 3. mjere.....	30
Slika 4.1 Primjer toplinskog mosta, izvor: https://www.arhitekti-hka.hr/files/file/pdf/baza-proizvoda/ytong/Toplinski_mostovi.pdf	34
Slika 4.2 Prikaz rezultata za mjeru 3 gdje toplinski mostovi nisu iz norme.....	36
Slika 4.3 Prikaz rezultata za mjeru 3 za pasivnu zgradu.....	37

Popis tablica

Tablica 2-1 Geometrijske karakteristike zgrade	4
Tablica 2-2 Klimatski podaci za mjernu postaju Zagreb Maksimir	5
Tablica 2-3 Otvori.....	15
Tablica 2-4 Rezultati proračuna postojećeg stanja	15
Tablica 2-5 Prikaz usporedbe rezultata i uštede energije	18
Tablica 2-6 Presjek zida Z1 nakon postavljanja izolacije	19
Tablica 2-7 Presjek zida Z2 nakon postavljanja izolacije	20
Tablica 2-8 Presjek zida Z3 nakon postavljanja izolacije	21
Tablica 2-9 Presjek zida Z4 nakon postavljanja izolacije	22
Tablica 2-10 Presjek poda na tlu sa izolacijom	23
Tablica 2-11 Presjek stropa iznad garaže s izolacijom	24
Tablica 2-12 Presjek kosog krova s izolacijom	25
Tablica 2-13 Presjek zida Z5 s izolacijom.....	26
Tablica 2-14 Presjek zida Z6 s izolacijom.....	26
Tablica 2-15 Presjek stropa prema atriju s izolacijom.....	27
Tablica 2-16 Usporedba rezultata i prikaz uštede nakon ugradnje toplinske izolacije.....	29
Tablica 2-17 Usporedba rezultata i prikaz uštede nakon provedene 3. mjere	31
Tablica 2-18 Prikaz smanjenja emisija CO ₂	32
Tablica 3-1 Rekapitulacija rezultata mjera energetske učinkovitosti	33
Tablica 4-1 Usporedba rezultata ovisno o načinu rješavanja toplinskih mostova.....	37

IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Antonio Kurjak (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Energetska obnova stambenog objekta (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

(upisati ime i prezime)

Antonio Kurjak

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.