

Energetska obnova višestambene zgrade

Hirjanić, Tomislav

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:884751>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 441/GR/2022

Energetska obnova višestambene zgrade

Tomislav Hirjanić, 1582/336

Varaždin, rujan 2022. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 441/GR/2022

Energetska obnova višestambene zgrade

Student

Tomislav Hirjanić, 1582/336

Mentor

doc.dr.sc. Željko Kos

Varaždin, rujan 2022. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Tomislav Hirjanić

MATIČNI BROJ 1582/336

DATUM 15.09.2022.

KOLEGIJ Zgradarstvo II

NASLOV RADA Energetska obnova višestambene zgrade

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Energy renovation in apartment 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. Aleksej Aniskin

4. dr.sc. Anđelko Crnoja

5.

V I S T

V I S T

Zadatak završnog rada

BROJ 441/GR/2022

OPIS

Pristupnik u radu treba opisati ulogu, važnost i postupak energetske obnove višestambene zgrade.

U radu je potrebno obraditi dvije mjere energetske obnove višestambene zgrade te period povrata investicije.

U radu je potrebno obraditi sljedeće teme:

- objasniti važnost energetske učinkovitosti u području toplinske zaštite i uštede energije u zgradama
- mjere energetske učinkovitosti i obnove višestambene zgrade
- realiziranje ideje energetske obnove
- energetski pregled i analiza višestambene zgrade
- ušteda nakon implementacija mjera energetske obnove višestambene zgrade

ZADATAK URUČEN 18.04.2022.

POTPIS MENTORA



Predgovor

Zahvaljujem se mentoru doc.dr.sc. Željku Kosu koji je pratio cijeli proces izrade završnog rada te svojim znanjem i iskustvom usmjeravao me kako da savladam probleme koji su se pojavili prilikom izrade završnog rada. Ovim putem htio bih se zahvaliti svim profesorima i asistentima Odjela za Graditeljstvo Sveučilišta Sjever na utrošenom trudu, vremenu, prenesenom znanju te vještinama tijekom studiranja. Zahvalio bih se i svojoj obitelji na pruženoj podršci i strpljenju tijekom mog studiranja. Hvala!

Sažetak

U završnom radu obrađena je tema „Energetska obnova višestambene zgrade“. Višestambene zgrade odgovorne su za 40% ukupne potrošnje energije u Europi. Veliki su potencijal energetske ušteda zbog visokog postotka zgrada s nezadovoljavajućom toplinskom zaštitom. Kako u Europskoj Uniji tako i u Republici Hrvatskoj energetska učinkovitost zgrada postaje prioritet kojim bi se smanjila potrošnja energije i smanjilo zagađenje okoliša.

Glavni cilj završnog rada je prikazati važnost energetske obnove višestambene zgrade, prikazati postupak energetske obnove višestambenih zgrada, energetski pregled i analizu prije implementiranja dviju mjera te nakon implementacija istih te prikaz ušteda nakon implementacije dviju mjera.

Zaključak rada je na temelju dviju mjera zaključiti isplativost mjera nakon njihove implementacije te povrat investicija.

Ključne riječi: energetska obnova, energetska učinkovitost, toplinska zaštita, ušteda energije

Abstract

The graduate thesis describes topic „Energy renovation in apartment building“. Apartment buildings are responsible for 40% of total energy consumption in Europe. They have great potential for energy savings due to the high percentage of buildings with unsatisfactory thermal protection. Both in European Union and Republic of Croatia, energy efficiency of buildings becoming a priority that would reduce energy consumption and reduce environmental pollution.

The main goal of graduate thesis is to show the importance of energy renovation of apartment buildings, to show the process of energy renovation of apartment buildings, energy audit and analysis before and after the implementation of two measures and presentation of savings after the implementation of two measures.

The conclusion of graduate thesis is based on two measures to conclude the profitability of the measures after their implementation and return on investment.

Keywords: energy renovation, energy efficiency, thermal protection, energy saving

Popis korištenih kratica

EU	Europska unija
NN	Narodne novine
IZO staklo	izolacijsko staklo
Low E staklo	low emissivity staklo niske emisije
HRN	Hrvatske norme
RH	Republika Hrvatska
EN	oznaka Europske norme
MJ	mjerilo
VZ1	vanjski zidovi
ZN1	zidovi prema negrijanim prostorijama
ZG2	zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika
ZT	zidovi podruma prema tlu
SG	stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika
PT	podovi na tlu
PN1	stropovi prema negrijanim prostorijama
SV	ravni krovovi iznad grijanog prostora
EPS	ekspandirani polistiren
PVC	polivinil-klorid

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Opis i definicija problema	2
1.2. Cilj i svrha rada	2
1.3. Hipoteza rada.....	2
1.4. Struktura rada	3
2. Energetska učinkovitost u području toplinske zaštite i uštede energije u zgradama ..	4
2.1. Energetski potencijal sektora zgradarstva Republike Hrvatske	5
2.2. Zakoni i propisi vezani uz energetske certifikacije	7
2.3. Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certifikiranju NN 88/17. .8	
3. Mjere energetske učinkovitosti u zgradama.....	11
4. Mjere energetske obnove višestambene zgrade	13
4.1. Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade.....	13
4.1.1. Podjela materijala za toplinsku izolaciju zgrade.....	15
4.2. Zamjena vanjske stolarije	16
5. Realiziranje ideje energetske obnove.....	20
5.1. Informiranje i edukacija građana.....	20
5.2. Projektna dokumentacija	20
5.3. Energetski pregled zgrade	20
5.4. Energetski certifikat zgrade.....	23
5.5. Projekt energetske obnove zgrade.....	26
6. Energetska obnova višestambene zgrade – energetski pregled i analiza.....	27
6.1. Energetski pregled prije energetske obnove.....	30
6.1.1. Proračun građevnih dijelova zgrade.....	30
6.1.2. Rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove.....	33
6.1.3. Energetski certifikat prije provedenih mjera energetske obnove.....	34
6.2. Mjere poboljšanja energetske obnove	35
6.2.1. Mjera 1 - zamjena postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom	35
6.2.2. Mjera 2 – Ugradnja toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN 1	39
7. Zaključak.....	45
8. Literatura (stil – Naslov 1).....	46
9. Popis slika.....	48
10. Popis tablica.....	50

1. Uvod

Energetska učinkovitost u zgradama danas postaje prioritet svih aktivnosti u području energetike i gradnje u Europskoj uniji pa tako i u Republici Hrvatskoj. Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987.godine te kao takve nemaju odgovarajuću toplinsku zaštitu. Oko 83% zgrada ne zadovoljava Tehničke propise iz 1987.godine i imaju velike gubitke topline uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 200-250 kWh/m² te ih time svrstavamo u energetske razred E. Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO₂ u atmosferu te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata. „Pojam energetska učinkovitost povezujemo s korištenjem manje količine energije za ostvarenje određenog učinka.“ [1]

Pod pojmom „energetska obnova“ podrazumijevamo povećanje toplinske zaštite vanjske ovojnice zgrade, zamjena vanjske stolarije te zamjena ili unaprjeđenje sustava grijanja. Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti u zgradi se smanjuje potrošnja energije, ali i povećava se ugodnost boravka u prostoru te trajnost zgrade. Idealno je primijeniti više mjera kako bi se osigurao njihov sinergijski učinak i kako bi uštede u potrošnji energije bile što značajnije. [1]

„Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastala kondenzacijom (vlagom), te pregrijavanje prostora ljeti. Posljedice su oštećenja konstrukcije, te neudobno i nezdravo stanovanje i rad. Zagrijavanje takvih prostora zahtijeva veću količinu energije što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanja prostora, ali i do većeg zagađenja okoliša. Zagađenje okoliša opet ima utjecaj na oštećenje građevina i na život i zdravlje ljudi.“ [17]

U energetske učinkovitim kućama mogu se ostvariti uštede na režijama od 30-60%. [1]

1.1. Opis i definicija problema

Procjenjuje se kako u Hrvatskoj ima oko 50 milijuna m² korisne površine višestambenih zgrada. 65% zgrada se nalazi u kontinentalnom dijelu, dok ih je oko 35% u obalnom dijelu Hrvatske. Zgrade su većinom građene prije 1987. godine, što znači da otprilike troše 200-250 kWh/m² toplinske energije za grijanje. Primjenom mjera povećanja energetske učinkovitosti, potrošnju tih zgrada je moguće smanjiti na 50 kWh/m², odnosno čak peterostruko. Velikom potrošnjom energije u zgradama, a istovremeno i najvećeg potencijala energetske i ekološke ušteda, energetska efikasnost prioritet je suvremene arhitekture i energetike. [1]

1.2. Cilj i svrha rada

Cilj rada je prikazati važnost energetske obnove višestambenih zgrada.

Svrha rada je na primjeru prikazati postupak energetske obnove višestambenih zgrada, prikaz ušteda nakon dvije provedene mjere te plan povrata investicija.

1.3. Hipoteza rada

Energetskom obnovom zgrada ostvarujemo manje troškove stanovanja, veći standard i ugodnije stanovanje uz porast vrijednosti nekretnine te istim mjerama obnove smanjuje se emisija ugljičnog dioksida i manje zagađenje okoliša.

1.4. Struktura rada

Rad je strukturiran u sedam poglavlja.

Prvo poglavlje je uvod, u kojem se prikazuje opis i definicija problema, cilj i svrha rada, hipoteza rada, te struktura rada.

U drugom poglavlju upoznajemo se sa pojmom energetska učinkovitost u zgradarstvu, zakonima i propisima za energetske certificiranje.

U trećem poglavlju bavimo se mjerama za energetske učinkovitost u zgradama te mjerama za povećanje energetske učinkovitosti bez dodatnih troškova uz trenutne uštede i mjere uz male troškove uz brzi povrat investicije.

Četvrto poglavlje obrađuje mjere energetske obnove višestambene zgrade te vrste materijala potrebne za navedene mjere.

U petom poglavlju susrećemo se s realizacijom ideje energetske obnove te potrebnom dokumentacijom za istu i ciljem energetske pregleda.

U šestom poglavlju obrađujemo primjer energetske obnove višestambene zgrade, energetske pregled i analizu prije implementiranja dviju mjera te poslije implementacije istih. Uspoređujući rezultate i uštede pomoću dviju mjera dolazimo do rezultata ušteda i isplativosti navedenih mjera.

Sedmo poglavlje sadrži zaključak rada, a na kraju rada priloženi su prilozi, te popis literature, grafikona, slika i tablica.

2. Energetska učinkovitost u području toplinske zaštite i uštede energije u zgradama

„Republika Hrvatska je Zakonom o energiji uredila područje energetske učinkovitosti kao područje od posebnog interesa kojim je obuhvaćena energetska učinkovitost.“ [2]

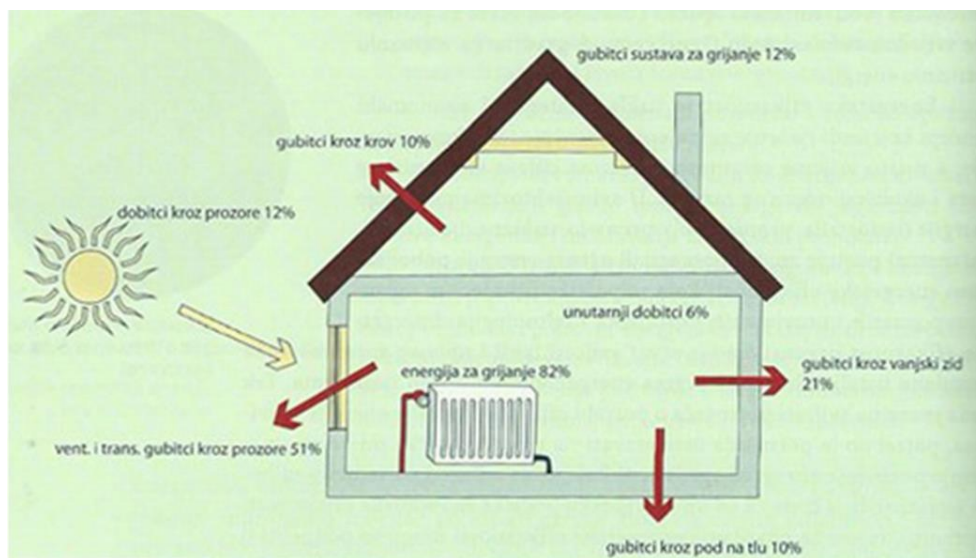
„Višestambena zgrada je svaka ona zgrada koja je u cijelosti ili u kojoj je više od 50% bruto podne površine namijenjeno za stanovanje, ima tri ili više stambenih jedinica kojom upravlja upravitelj zgrade, koji je pravna ili fizička osoba, u skladu sa Zakonom o vlasništvu i drugim stvarnim pravima (Narodne novine, br. 91/96, 68/98, 137/99, 22/2000, 73/2000, 129/2000, 114/2001, 79/2006, 141/2006, 146/2008, 38/2009, 153/2009 i 143/2012).“ [3]

Svakim je danom potrošnja energije veća radi stalnog povećanja broja ljudi i njihovih aktivnosti. Gradnjom stambenih i nestambenih zgrada opremljenih sve novijim i brojnijim uređajima koji sve više troše energiju.

„Zgrade su odgovorne za 40 % ukupne potrošnje energije u Europi. Sektor se širi, što će povećati potrošnju energije. Stoga su smanjenje potrošnje energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora u zgradarstvu važne mjere koje su potrebne da bi se smanjila energetska ovisnost Europske Unije i emisije stakleničkih plinova. Mjere za smanjenje potrošnje energije u kombinaciji s povećanim korištenjem energije iz obnovljivih izvora, omogućile bi Uniji da ispoštuje Kyotski protokol.“ [4]

Mnoge postojeće stambene zgrade ne zadovoljavaju u pogledu prolaza topline i toplinskih gubitaka.

„Poskupljenjem energenata, usklađivanjem zakonske regulative s europskim te uvođenjem propisa sa strožim kriterijima iz područja toplinske zaštite i uštede energije u zgradama te razvojem svijesti stanovništva o uštedi energije i zaštiti okoliša, povećanje energetske učinkovitosti u zgradarstvu postaje praksa kod održavanja i obnove postojećih zgrada.“ [5]



Slika 1 – Bilanca energije zgrade [24]

2.1. Energetski potencijal sektora zgradarstva Republike Hrvatske

„Prema analiziranim i obrađivanim podacima iz godišnjih statističkih ljetopisa Državnog statističkog zavoda u razdoblju od 1952. do 2011. godine stambeni nacionalni fond zgrada Republike Hrvatske čini 762 397 zgrada, ukupne površine 142.176,678 m², od čega je 290 689 višestambenih zgrada ukupne površine 55.438,063 m², a 471 708 obiteljskih kuća ukupne površine 86.738,615 m².“ [6]

Osnovne karakteristike stambenog fonda Republike Hrvatske su sljedeće: [7]

- korisna površina stambenog fonda procjenjuje se na oko 150 milijuna m²,
- obiteljske i dvojne kuće predstavljaju oko 65%, a višestambene zgrade oko 35% ukupnog stambenog fonda,
- u kontinentalnom dijelu nalazi se oko 65%, a u obalnom dijelu Republike Hrvatske nalazi se oko 35% ukupnog stambenog fonda,
- kućanstva u neposrednoj potrošnji energije sudjeluju s 31%, prema podacima iz 2011. godine, što ovaj sektor čini iznimno bitnim za postizanje ciljeva poboljšanja energetske učinkovitosti,
- specifična potrošnja energije (potrošnja energije po jedinici korisne stambene površine izražena u kWh/m²) ovisi o klimatskim uvjetima, godini izgradnje i faktoru oblika,
- specifična potrošnja energije dvostruko je manja u primorskom dijelu zemlje, negou kontinentalnom dijelu te je u obje klimatske zone u pravilu manja za višestambene zgrade nego za obiteljske kuće,
- zgrade izgrađene do 1980. godine imaju najveći udio u ukupnom stambenom fondu te gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju, što znači i najveću specifičnu potrošnju energije,
- za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode u prosječnom kućanstvu se koristi 70% energije,
- toplinska energija za zagrijavanje prostora najvećim se dijelom osigurava iz ogrjevnog drva (45%), a potom iz prirodnog plina (25%), loživog ulja (9%) te električnom energijom (13%).

2.2. Zakoni i propisi vezani uz energetska certificiranje

„Od donošenja Nacionalnog programa energetske učinkovitosti RH i donošenja zakona kojima se provela implementacija Europskih Direktiva u pravni i institucionalni okvir RH do danas, promijenili su se i zakoni i propisi te su dodatno prošireni u cilju boljeg uređenja pravne regulative RH sukladno tehničkim standardima koji se danas koriste.“ [15] „Trenutno važeći zakoni su Zakon o energetske učinkovitosti i Zakon o gradnji. Pored zakona imamo dvije uredbе, Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru i Uredba o ugovaranju i provedbi energetske usluge u javnom sektoru. Navedeno slijede 12 pravilnika od kojih je najpoznatiji Pravilnik o energetske pregledima građevina i energetske certificiranju zgrada. U Republici Hrvatskoj koriste se Hrvatske norme (Europske Norme sa statusom Hrvatske norme u Republici Hrvatskoj), iako nisu u nekom zakonskom okviru obvezne često se koriste kao uputa pri izradi energetske certifikata, izvješća o energetske pregledu, izračunu.“ [15]

Tablica (1) u nastavku navodi Hrvatske norme koje se koriste u Republici Hrvatskoj a vezane su uz energetska certificiranje.

Tablica 1-Norme iz područja energetske učinkovitosti. [16]

Oznaka Europske norme	Oznaka Hrvatske norme	Naslov/naziv norme
EN 16247-1:2012	HRN EN 16247-1	Energijski audit – 1. dio: Opći zahtjevi
EN 16247-2:2014	HRN EN 16247-2	Energijski audit – 2. dio: Zgrade
EN 16247-3:2014	HRN EN 16247-3	Energijski audit – 3. dio: Procesi
EN 16247-4:2014	HRN EN 16247-4	Energijski audit – 4. dio: Prijevoz
EN 16247-5:2015	HRN EN 16247-5	Energijski audit – 5. dio: Kompetencije energijske auditora

2.3. Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju NN 88/17.

„Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN broj 88/17.) je uz Zakon o gradnji (NN 153/13., 20/17), Zakon o energetske učinkovitosti (NN 127/14) i Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 128/15, 70/18., 73/18.) jedan od najbitnijih propisa vezanih uz temu ovoga rada odnosno uz „energetsko certificiranje“ te je u nastavku ukratko opisana njegova svrha i sadržaj. Pravilnik se sastoji od 10 poglavlja, 30 članaka i 4 priloga.“ [15]

1. „Poglavlje pravilnika opisuje predmet i svrhu pravilnika, a to je uspostaviti sustav provedbe energetskeg pregleda zgrada.“ [16]
2. „Poglavlje pravilnika definira pojam „zgrada javne namjene“, navodi koje javne zgrade imaju obvezu provođenja energetskeg pregleda i energetskeg certificiranja te javnog izlaganja energetskeg certifikata.“ [16]
3. „Poglavljem pravilnika propisane su obveze investitora, vlasnika i korisnika zgrade kod provođenja energetskeg pregleda zgrade i energetskeg certificiranja.“ [16]
4. „Poglavljem pravilnika se propisuje način provođenja energetskeg pregleda i izrade i radnji koje je potrebno napraviti prije i tijekom samog energetskeg pregleda te sadržaj izvješća o provedenom energetsom pregledu zgrade.“ [16]
5. „Poglavljem pravilnika se propisuje sadržaj i izgled energetskeg certifikata te navodi za koje zgrade se izdaje energetski certifikat.“ [16]
6. „Poglavlje pravilnika propisuje način provođenja redovitog pregleda te sadržaj izvješća.“ [16]
7. „Poglavlje pravilnika propisuje sve vezano uz registar izvješća o provedenim energetskeg pregledima zgrade i energetskeg certifikata.“ [16]
8. „Poglavlje pravilnika navodi da je način provođenja neovisne kontrole energetskeg certifikata i izvješća.“ [16]
9. „Poglavlje pravilnika navodi koja tijela su nadležna za nadzor provedbe pravilnika.“ [16]
10. „Poglavlje pravilnika se odnosi na prijelazne i završne odredbe ovoga pravilnika.“ [16]

Pravilnik o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju sadržava i sljedeće priloge:

- Prilog 1 - energetske razredi zgrada i način označavanja energetskog razreda na energetsom certifikatu [15]

Energetski razred	$Q''_{H,nd,ref}$ specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m ² a)
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Slika 2 - Granice energetskih razreda od A+ do G prema $Q''_{H,nd,ref}$. [16]

„Početkom primjene Pravilnika o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju (NN broj 88/17.) energetski certifikat uz prikaz energetskog razreda definiranog specifičnom godišnjom potrebnom toplinskom energijom za grijanje za referentne klimatske podatke $Q''_{H,nd,ref}$ izraženoj u kWh/(m²a) mora sadržavati i prikaz energetskog razreda definiranog specifičnom godišnjom primarnom energijom, E_{prim} izraženoj u kWh/m²a.“ [15]

„Faktor primarne energije prema kojem se izračunava energetska razred definiranog specifičnom godišnjom primarnom energijom, E_{prim} izraženoj u kWh/m²a za Republiku Hrvatsku može varirati od 0,000 do 2,419 a ovisi o energentu koji se koristi za grijanje / hlađenje odnosno o sustavu grijanja / hlađenja.“ [15]

E_{prim} (kWh/m ² a)	STAMBENA		OBITELJSKA		UREDSKA		OBRAZOVNA		BOLNICA		HOTEL I RESTORAN		SPORTSKA DVORANA		TRGOVINA		OSTALE NESTAMBENE	
	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P
A+	≤ 80	≤ 50	≤ 45	≤ 35	≤ 35	≤ 25	≤ 55	≤ 55	≤ 250	≤ 250	≤ 90	≤ 70	≤ 210	≤ 150	≤ 170	≤ 150	≤ 80	≤ 50
A	> 80	> 50	> 45	> 35	> 35	> 25	> 55	> 55	> 250	> 250	> 90	> 70	> 210	> 150	> 170	> 150	> 80	> 50
	≤ 100	≤ 75	≤ 80	≤ 55	≤ 55	≤ 50	≤ 60	≤ 58	≤ 275	≤ 275	≤ 110	≤ 75	≤ 305	≤ 160	≤ 310	≤ 210	≤ 115	≤ 75
B	> 100	> 75	> 80	> 55	> 55	> 50	> 60	> 58	> 275	> 275	> 110	> 75	> 305	> 160	> 310	> 210	> 115	> 75
	≤ 120	≤ 90	≤ 115	≤ 70	≤ 70	≤ 70	≤ 65	≤ 60	≤ 300	≤ 300	≤ 130	≤ 80	≤ 400	≤ 170	≤ 450	≤ 280	≤ 150	≤ 100
C	> 120	> 90	> 115	> 70	> 70	> 70	> 65	> 60	> 300	> 300	> 130	> 80	> 400	> 170	> 450	> 280	> 150	> 100
	≤ 265	≤ 220	≤ 280	≤ 230	≤ 100	≤ 90	≤ 125	≤ 120	≤ 345	≤ 325	≤ 160	≤ 95	≤ 465	≤ 225	≤ 475	≤ 290	≤ 280	≤ 225
D	> 265	> 220	> 280	> 230	> 100	> 90	> 125	> 120	> 345	> 325	> 160	> 95	> 465	> 225	> 475	> 290	> 280	> 225
	≤ 410	≤ 350	≤ 445	≤ 385	≤ 125	≤ 110	≤ 175	≤ 175	≤ 395	≤ 350	≤ 190	≤ 110	≤ 530	≤ 280	≤ 495	≤ 340	≤ 410	≤ 350
E	> 410	> 350	> 445	> 385	> 125	> 110	> 175	> 175	> 395	> 350	> 190	> 110	> 530	> 280	> 495	> 340	> 410	> 350
	≤ 515	≤ 435	≤ 560	≤ 485	≤ 155	≤ 140	≤ 220	≤ 220	≤ 495	≤ 440	≤ 240	≤ 140	≤ 665	≤ 350	≤ 620	≤ 425	≤ 515	≤ 435
F	> 515	> 435	> 560	> 485	> 155	> 140	> 220	> 220	> 495	> 440	> 240	> 140	> 665	> 350	> 620	> 425	> 515	> 435
	≤ 615	≤ 520	≤ 670	≤ 580	≤ 190	≤ 165	≤ 265	≤ 265	≤ 590	≤ 525	≤ 290	≤ 165	≤ 795	≤ 415	≤ 745	≤ 510	≤ 615	≤ 520
G	> 615	> 520	> 670	> 580	> 190	> 165	> 265	> 265	> 590	> 525	> 290	> 165	> 795	> 415	> 745	> 510	> 615	> 520

Slika 3 - Granice energetskih razreda od A+ do G prema E_{prim} za zgrade različite namjene. [16]

- Prilog 2 - izgled i sadržaj energetskog certifikata [15]
- Prilog 3 – se odnosi na prikaz registra izvješća i izdanih energetskih certifikata zgrada. [15]
- Prilog 4 – se odnosi prikaz registra izvješća o redovitim pregledima sustava grijanja, sustava hlađenja i sustava prisilne ventilacije i klimatizacije. [15]

3. Mjere energetske učinkovitosti u zgradama

„Mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti su svi postupci koji rezultiraju poboljšanju energetske učinkovitosti, odnosno smanjenju potrošnje energije i vode. Poboljšanjem toplinsko izolacijskih karakteristika zgrade moguće je postići smanjenje ukupnih gubitaka topline građevine za 30-80%.“

Najveći gubici topline su kroz prozore i vanjske zidove te njihovom sanacijom postižu se velike uštede, kao i kod sanacije krova iznad grijanog prostora odnosno stropa zadnje etaže prema negrijanom tavanu.

Jednostavne mjere povećanja energetske učinkovitosti bez dodatnih troškova uz trenutne uštede: [18]

- ugasiti grijanje ili hlađenje noću
- noću spustiti rolete
- u sezoni grijanja smanjiti sobnu temperaturu za 1 °C
- u sezoni hlađenja podesiti hlađenje na minimalno 26 °C
- koristiti prirodno osvjetljenje
- isključiti rasvjetu u prostoriji kada nije potrebna

Mjere uz male troškove i brzi povrat investicije: [18]

- brtvljenje prozora i vanjskih vrata te postavljanje dvostrukog IZO ostakljenja
- reduciranje gubitaka topline kroz prozore ugradnjom roleta
- ugradnja termostatskih ventila na radijatore
- redovito servisiranje i podešavanje sustava grijanja i hlađenja
- ugradnja štednih žarulja u rasvjetna tijela
- zamjena trošila energetske efikasnijima-energetskog razreda A

Mjere uz veće troškove i duži period povrata investicije: [18]

- zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim prozorima
- toplinsko izoliranje neizolirane zgrade
- povećanje toplinske izolacije izolirane zgrade
- centraliziranje sustava grijanja i pripreme potrošnje tople vode
- analiziranje sustava grijanja i hlađenja
- ugradnja sunčevog sustava za zagrijavanje vode
- ugradnja fotonaponskog sustava za dobivanje električne energije

4. Mjere energetske obnove višestambene zgrade

4.1. Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade

Povećanjem toplinske izolacije zgrade smanjujemo toplinske gubitke zimi, zagrijavanje prostora ljeti, te štitimo nosivu konstrukciju od vanjskih uvjeta i jakih temperaturnih naprezanja. Toplinski izolirana zgrada ima dulji životni vijek, ugodnija je za život te doprinosi zaštiti okoliša. Toplinski gubici kroz građevni element ovise o sastavu elementa, orijentaciji i koeficijentu toplinske vodljivosti λ . Što je koeficijent prolaska topline U manji, to je toplinska zaštita zgrade bolja. [17]

Na toplinsku zaštitu utječu debljina sloja toplinske izolacije i koeficijent toplinske vodljivosti materijala λ (W/mK). Vrijednost toplinske provodljivosti λ vrlo je promjenjiva, čak i kod istih materijala. Ona ovisi o gustoći tj. poroznosti, kemijskom sastavu materijala, količini vlage u materijalu te njegovoj temperaturi. [17]

„Toplinska provodljivost (1) je svojstvo građevnih materijala da provode toplinu. Toplinska provodljivost nekog materijala λ , definira se kao količina topline koja u jedinici vremena prođe kroz sloj materijala površine presjeka 1 m^2 i debljine 1 m okomito na njegovu površinu pri razlici temperature 1 K .“ [17]

$$\lambda = \frac{Q}{A \cdot \Delta T} \cdot \frac{d}{t} \quad [\text{W/m} \cdot \text{K}] \quad (1)$$

Gdje je: Q [J] – količina topline

A [m^2] -površina

ΔT [K] – razlika temperature

d [m] – debljina materijala

t [s] – vrijeme prolaza topline

Drugo svojstvo materijala koje je bitno kao mjerilo za toplinske gubitke kroz element zgrade je koeficijent prolaska topline U (2). „ Koeficijent prolaska topline U mora biti što manji da bi bio dobar pokazatelj toplinski izolirane zgrade.“

„Koeficijent prolaska topline U (2) (slika 4) je količina topline koju građevni element gubi u 1 sekundi po m² površine kod razlike temperature od 1 K, izraženo u W/m²K.“ [17]

$$\phi = A \cdot U \cdot (T_1 - T_2) \quad [\text{W/m}^2 \text{ K}] \quad (2)$$

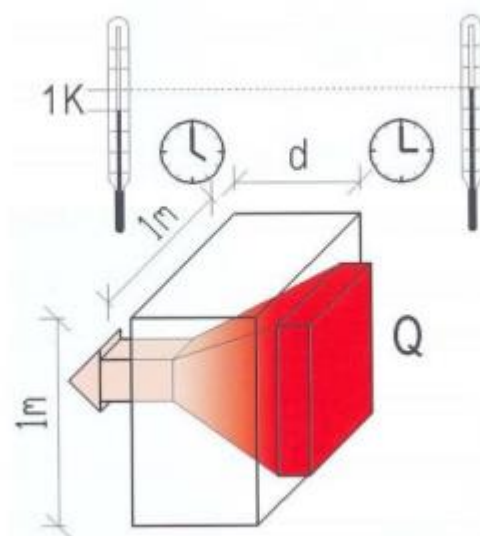
Gdje je: ϕ – količina prenesene topline u 1 sekundi (W),

U – koeficijent prolaska topline (W/m² K)

T₁ – viša temperatura s jedne strane strukture (K)

T₂ – niža temperatura s druge strane strukture (K)

A – površina kroz koju toplina protječe (m²)



Slika 4 - Koeficijent prolaska topline U [26]

Toplinski otpor R je još jedno važno svojstvo materijala, a prikazuje otpor materijala prolasku topline. To je suprotna vrijednost koeficijentu prolaska topline, a mjerna jedinica je [m²K/W].

Veći koeficijent prolaska topline rezultira lošijom toplinskom izolacijom materijala, te veći toplinski otpor rezultira boljom toplinskom izolacijom.

Pri odabiru toplinsko izolacijskih materijala, osim navedenih svojstava, važno je obratiti pozornost i na druga svojstva kao što su protupožarna otpornost, difuzija vodene pare, gustoća materijala, stišljivost, trajnost, osjetljivost na vodu i vlagu.

4.1.1. Podjela materijala za toplinsku izolaciju zgrade

Toplinsko izolacijski materijali mogu se podijeliti s obzirom na podrijetlo, fizikalno-kemijske karakteristike, prema nastajanju te prema uporabnom obliku.

S obzirom na podrijetlo materijali mogu biti organski ili anorganski.

„Materijali organskog podrijetla mogu potjecati od živih organizama, biljka i životinja ili od neživih organizama poput nafte i zemnog plina.

Materijali anorganskog podrijetla su pretežno niskomolekularne tvari, ali u toj grupi ima i anorganskih polimera poput gline.

Od anorganskih materijale na prvome mjestu po opsegu uporabe za toplinsku izolacija od mineralnih vlakana su staklena i kamena vuna, a od organskih materijala najvažniji su pjenasti materijali poput ekspaniranog i ekstrudiranog polisterena te pjenasti poliuretan.“[21]

„S obzirom na fizikalno-kemijske karakteristike toplinsko izolacijski materijali mogu se podijeliti na vlaknaste i porozne materijale. To je podjela prema kriteriju mehanizma ostvarivanja toplinskog otpora. Toplinsko-izolacijsko svojstvo poroznih materijala ostvaruje zatvoreni zrak(eventualno neki drugi plin) unutar manje ili više zatvorenih pora(ćelija) njihove strukture.“ [21]

„Porozni materijali, ovisno o udjelu zatvorenih ćelija u strukturi, manje skloni kapilarnom upijanju vode, hidrofobni su, a ujedno su mehanički čvršći.

Vlaknasti materijali ostvaruju toplinsko izolacijsku sposobnost zrakom vezanim unutar vlaknaste strukture. Lako upijaju vodu u otvorenu strukturu između vlakana, pri čemu gube toplinsko izolacijska i zvučna svojstva, te ne pružaju otpor prolasku vodene pare.

Prema nastajanju toplinsko izolacijski materijali dijele se na prirodne i sintetske. Polimeri su skupno ime za prirodne i sintetske stvari i materijale te predstavljaju velike molekule od dijelova koji se ponavljaju povezanih u dugačke lance.“ [21]

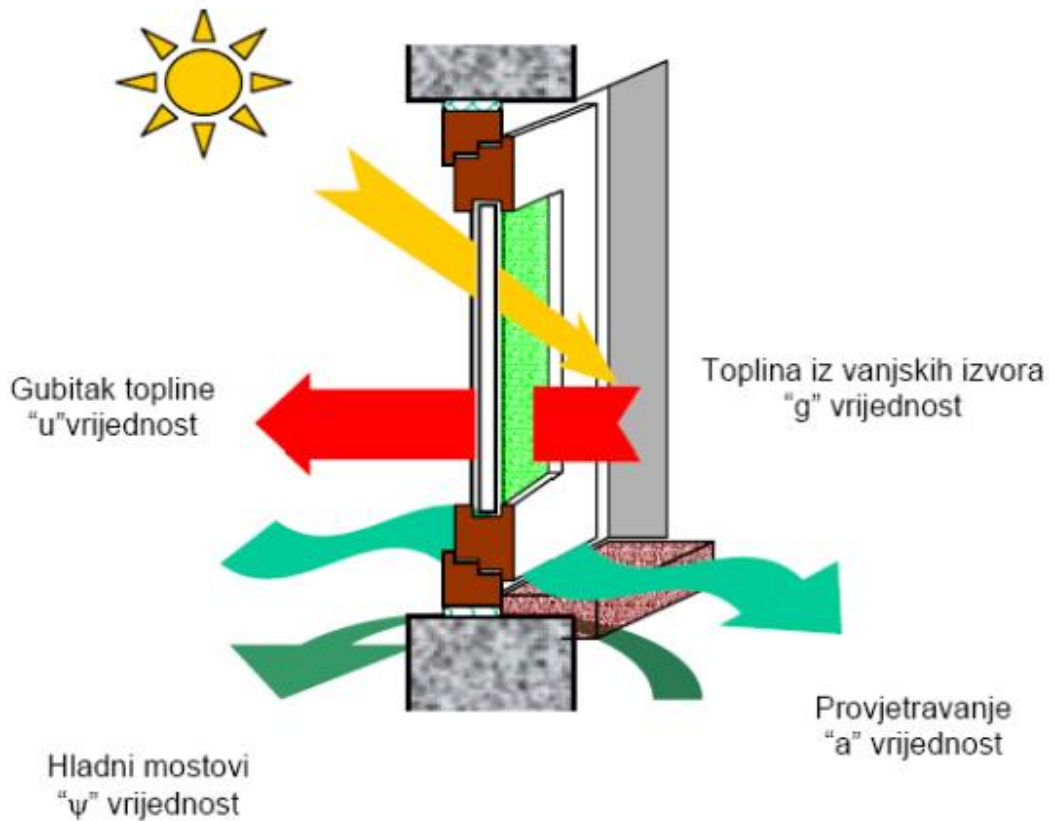
„Prirodni materijali predstavljaju materijale koji su dobiveni iz prirode. Primjer je čitav niz organskih materijala biljnog i životinjskog podrijetla(slama, trstika, ovčja vuna itd.), ali i anorganskih materijala, minerala koji su se stotinama godina praktično u nepromijenjenoj

formi primjenjivali u graditeljstvu kao izolacijski materijali. Danas ovi materijali sudjeluju s manje od 1% u ukupnoj potrošnji izolacija u građevinarstvu i to u formi prirodno modificiranih tvorevina, jer su podložni raznim impregnacijama i doradama, dodacima protiv truljenja, gorenja itd.“ [21]

„Prema uporabnom obliku toplinsko izolacijski materijali dijele se na vezane i nevezane rasute materijale. Uporabni oblik toplinsko izolacijskih materijala potrebno je poznavati zbog projektiranja načina i mjesta ugradnje na zgradama. Pritom vezani materijali će se u obliku ploča predviđati za ugradnju mehanički opterećenih konstrukcija poput krovova, a nevezani materijali ili su rasuti materijali samo u primjenama koja dopuštaju njihova fizikalna svojstva. Nasuti materijali zahtijevaju formiranje dodatne oplata koja će odrediti formu izolacijskog materijala.“ [21]

4.2. Zamjena vanjske stolarije

„Prozori i vanjski zidovi igraju važnu ulogu u toplinskim gubicima zgrade jer zajedno čine i preko 70% ukupnih toplinskih gubitaka kroz ovojnici zgrade. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke te gubitke ventilacijom, tj. provjetravanjem. Zbrajanjem transmisijskih gubitaka kroz prozore i gubitke ventilacijom, ukupni toplinski gubici predstavljaju više od 50% toplinskih gubitaka zgrade. Tehničkim propisom koeficijent prolaska topline (U -koeficijent) kroz prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Europska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti, a one se danas kreću oko $1,40\text{-}1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok se koeficijent U prozora na starim zgradama kreće od $3,00\text{-}3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$.“ [18]



Slika 5 – toplinski gubici [25]

„Gubici kroz prozore obično su deset i više puta veći od onih kroz zidove, pa je jasno koliku važnost igra energetska učinkovitost prozora u ukupnim energetske potrebama zgrada.“ [18]

„U ukupnim toplinskim gubicima prozora sudjeluju staklo i prozorski profil. Prozorski profil, neovisno o vrsti materijala od kojeg se izrađuje mora osigurati dobro brtvljenje, prekinuti toplinski most u profilu, jednostavno otvaranje i nizak koeficijent prolaska topline. Stakla se izrađuju kao izolacijska stakla, dvoslojna i troslojna s različitim plinovitim punjenjem (argon, kripton, xenon) ili premazima koji poboljšavaju toplinske karakteristike.“ [18]

„Koriste se različiti materijali okvira za prozore: drvo, čelik, aluminij, pvc i kombinacija materijala: drvo i aluminij, a šupljine okvira mogu se ispuniti toplinskom izolacijom. O vrsti materijala okvira ovisi debljina okvira i mogućnost ugradnje toplinski i zvučno kvalitetnog stakla. Debljine kvalitetnog stakla su od 68 mm do 93 mm za pvc i drvo, dok su kod aluminija moguće i veće debljine.“ [18]

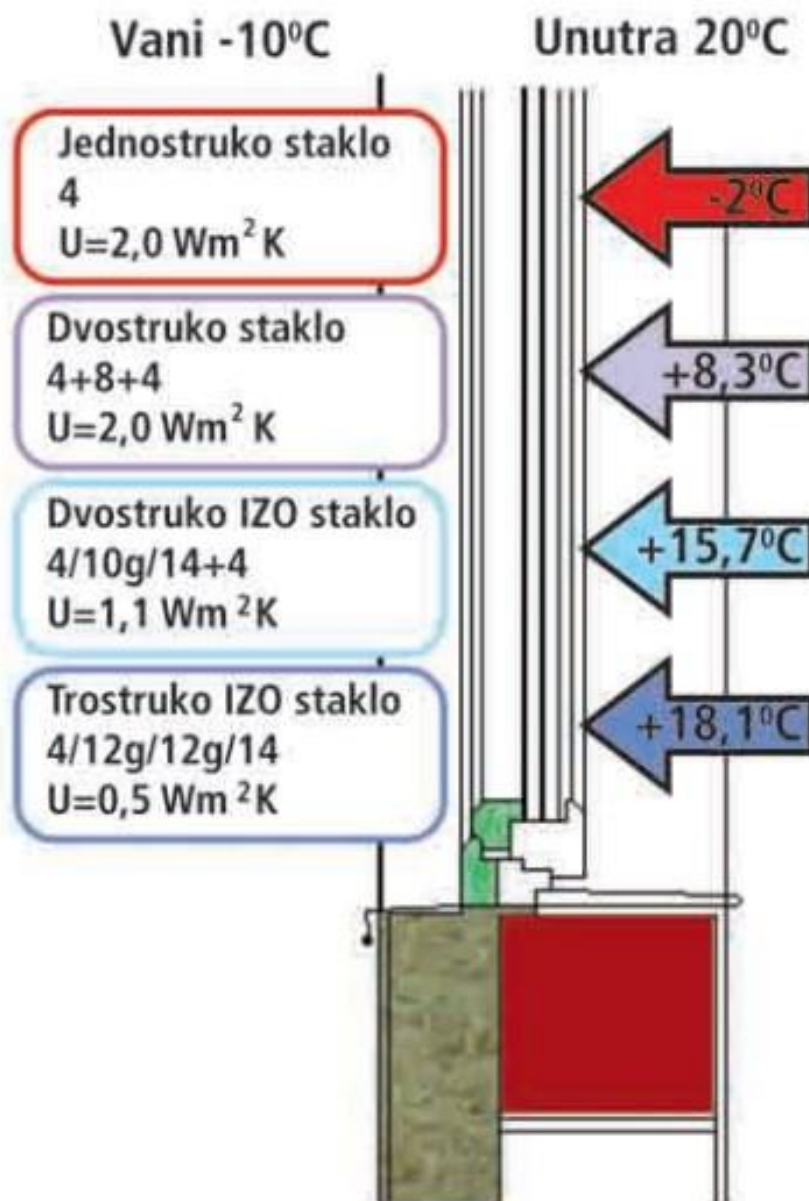
„U-koeficijent može se smanjiti većim brojem međuprostora i što većom širinom tih međuprostora. Dakle, U-koeficijent može se smanjiti upotrebom dvoslojnih i troslojnih izo stakala, npr. 4+12+4+12+4 što znači 3 stakla od 4 mm debljine na razmacima od 12 mm (slika 6).“ [18]



Slika 6 – troslojno izo staklo[25]

Na sljedećoj slici (slika 7) je prikazan značaj u izboru kvalitetnijeg stakla na području toplinske ugodnosti i uštede energije. Pri vanjskim uvjetima -10°C i unutarnjim uvjetima od $+20^{\circ}\text{C}$, iza stakla pokazuju daleko bolja svojstva od običnih jednostrukih stakala.

„Debljina stakla vrlo malo utječe na U-faktor, ali ga zato upotreba stakla niske emisije (Low-e staklo) značajno smanjuje. Low-e stakla premazana su sa strane koja dolazi u međuprostor iza stakla posebnim metalnim filmom koji propušta zračenja kratke valne duljine (sunčeva svjetlost), a reflektira zračenja dugih valnih duljina (IC zračenja).“ [18]



Slika 7 – usporedba kvalitete stakla na području toplinske ugodnosti i uštede energije [18]

5. Realiziranje ideje energetske obnove

U ovom poglavlju ću objasniti postupak kako doći od početne ideje za energetska obnovu zgrade pa sve do realizacije iste.

5.1. Informiranje i edukacija građana

Vrlo važno je informirati i educirati građane odnosno stanare višestambene zgrade o energetska obnovi. Prikazati im podatke ušteda te podatke o dobivenoj kvaliteti stanovanja nakon energetska obnove.

5.2. Projektna dokumentacija

Prvi korak u energetska obnovi zgrade je izrada projektne dokumentacije.

„Zgrada je zatvorena i/ili natkrivena građevina namijenjena boravku ljudi, odnosno smještaju životinja, biljaka i stvari.“ [8] „Zgrada je građevina s krovom i zidovima, u kojoj se koristi energija radi ostvarivanja zadane toplinske ugodnosti i određenih unutarnjih klimatskih uvjeta, namijenjena boravku ljudi, odnosno smještaju životinja, biljaka i stvari, a sastoji se od tijela zgrade, instalacija, ugrađene opreme i prostora zgrade.“ [9]

„Novi integralni pristup projektiranju i gradnji te obnovi zgrada zahtijeva jako inženjersko multidisciplinarno znanje i razmatranje zgrade kao složenog sustava. Potrebna je uska suradnja svih struka koje sudjeluju u procesu od projektiranja i gradnje. Održive metode projektiranja i gradnje imaju mogućnost odgovoriti na nove ekonomske, energetske i ekološke izazove s kojima se susrećemo. Takav pristup otvara nova radna mjesta i doprinosi gospodarskom razvoju i napretku, te nam pomaže ostvariti zacrtane ciljeve energetska učinkovitosti i zaštite okoliša.“ [9]

5.3. Energetski pregled zgrade

„Energetski pregled zgrade podrazumijeva analizu toplinskih karakteristika i energetska sustava zgrade s ciljem utvrđivanja učinkovitosti potrošnje energije te donošenje zaključaka i preporuka za povećanje energetska učinkovitosti.“

[18] Energetskim pregledom utvrđujemo način korištenja energije, područja rasipanja energije i identificiranja mjere za povećanje energetske učinkovitosti.

Cilj energetskog pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametra dobiti što točniji uvid u zatečeno energetsko stanje zgrade s obzirom na: [18]

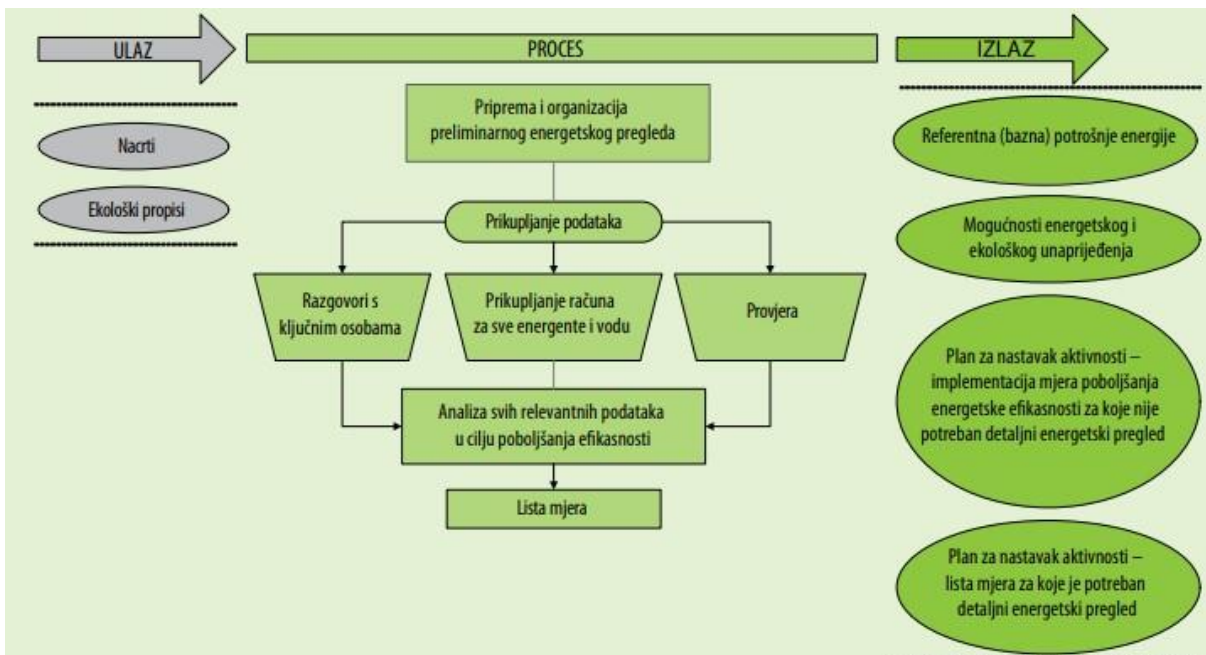
- kvalitetu sustava za grijanje
- hlađenje
- prozračivanje
- rasvjetu
- zastupljenost i kvaliteta energetskih uređaja
- građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite
- strukturu upravljanja zgradom
- pristup stanara ili zaposlenika energetskoj problematici

Nakon ustanovljenja postojećeg energetskog stanja odabiru se varijante povećanja energetske učinkovitosti objekta: [18]

- poboljšanje toplinskih karakteristika vanjske ovojnice primjenom toplinske izolacije
- zamjenu ili poboljšanje sustava grijanja i povećanja učinkovitosti
- zamjenu ili poboljšanje sustava klimatizacije i povećanje učinkovitosti
- zamjenu ili poboljšanje sustava pripreme tople vode
- promjenu energenata gdje je to ekonomski i ekološki isplativo
- uvođenje obnovljivih izvora energije
- poboljšanje učinkovitosti sustava električne rasvjete i električnih kućanskih aparata
- racionalno korištenje vode
- zamjena vanjske stolarije

U struci razlikujemo opći energetska pregled i detaljni energetska pregled.

„Opći energetska pregled predstavlja prikupljanje i obradu podataka kako bi razumjeli načine korištenja energije i vode u zgradi, identificirali potencijalne mjere poboljšanja energetska efikasnosti te stvorili podloge za eventualne promjene jednostavnih mjera ili pripremu i provedbu detaljnog energetska pregleda.“ [23]

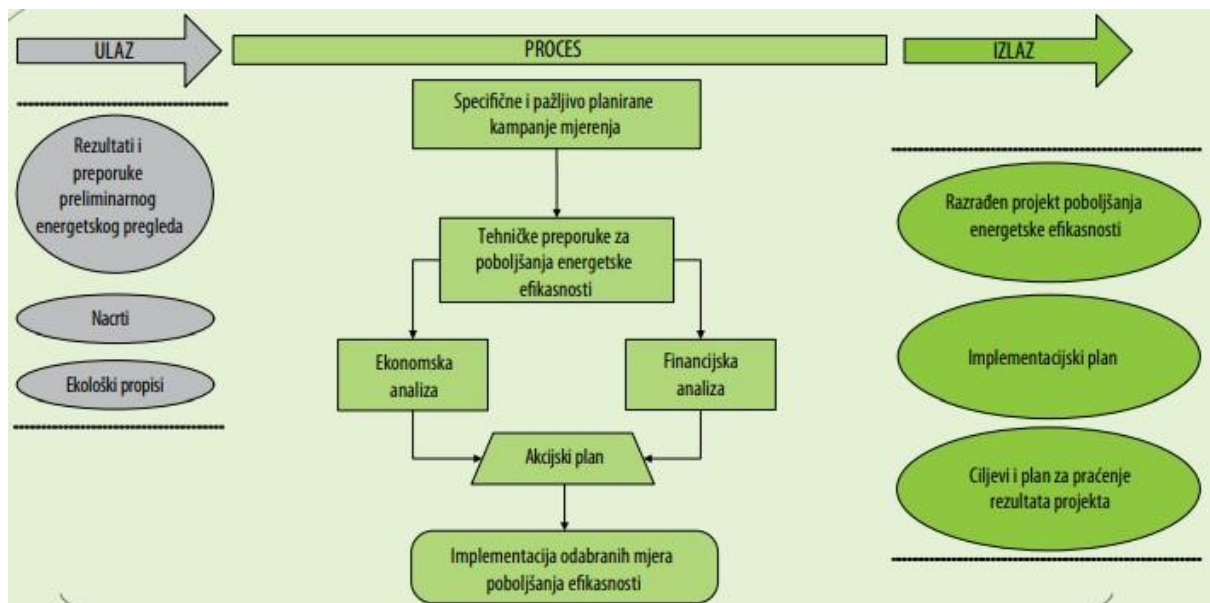


Slika 8- Shema općeg energetska pregleda [23]

„**Detaljni energetski pregled** potrebno je provesti ukoliko rezultati općeg pregleda ukazuju na postojanje značajnog prostora za poboljšanje energetske efikasnosti, kako bi se mjerenjem na lokaciji potvrdili uočeni potencijalni nedostaci.

U sezoni grijanja ili hlađenja vrši se mjerenje u trajanju od jednog do dva tjedna kako bi se što je više moguće točnije odredila potrošnja energije i potvrdili potencijali za uštede, te se time ulazi u tzv. dubinsku energetsku analizu zgrade.“

[23]



Slika 9 – Shema detaljnog energetskog pregleda [23]

5.4. Energetski certifikat zgrade

Nakon izvršenog energetskog pregleda zgrade izdaje se energetski certifikat zgrade koji vrijedi za svaki stan u zgradi. Energetski certifikat ima rok važenja 10 godina. [1]

„Svrha energetskog certifikata je pružanje informacija vlasnicima i korisnicima zgrada o energetskom svojstvu zgrade ili njezine samostalne uporabne cjeline

i usporedba zgrada u odnosu na njihova energetska svojstva, učinkovitost njihovih energetske sustava, te kvalitetu i svojstva ovojnice zgrade.“ [10]



„Vlasnik zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela dužan je imati energetski certifikat prije promjene vlasništva, iznajmljivanja, leasinga, odnosno davanja u zakup zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela. Kupac, najmoprimac, odnosno zakupac zgrade, odnosno njezinog posebnog dijela prije sklapanja ugovora o kupoprodaji, iznajmljivanju, odnosno zakupu ima pravo uvida u energetski certifikat.“ [11]

„Energetski pregled građevine, energetsko certificiranje zgrada i kontrolu izvješća o energetskim pregledima i izdanih certifikata može obavljati samo fizička ili pravna osoba koja je ishodila ovlaštenje ministarstva nadležnog za poslove graditeljstva. Ministarstvo nadležno za poslove graditeljstva vodi javni Registar ovlaštenih osoba u obliku elektroničke baze podataka u kome su upisane ovlaštene fizičke i pravne osobe.“ [11]

„Energetski certifikat je dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade, ali i jaki marketinški instrument s ciljem promocije energetske učinkovitosti i nisko energetske gradnje i postizanja višeg komfora života i boravka u zgradama. Energetskim certificiranjem zgrada dobivaju se transparentni podaci o potrošnji energije u zgradama na tržištu, energetska učinkovitost prepoznaje se kao znak kvalitete, potiču se ulaganja u nove inovativne koncepte i tehnologije, potiče se korištenje alternativnih sustava za opskrbu energijom u zgradama, razvija se tržište novih nisko energetske zgrada i modernizira sektor postojećih zgrada, te se doprinosi ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša.“ [12]

„Energetska certifikacija zgrada, kvalitetno provedena i implementirana, može odigrati ključnu ulogu u povećanju standarda gradnje i kvalitetnom osmišljavanju energetske koncepta novih zgrada te pokretanju sustavne energetske obnove i moderniziranja postojećih zgrada. Time se značajno doprinosi integralnom projektiranju, uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade, kao i ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša.

Integralni pristup razmatranju energetskeg koncepta zgrada za struku je danas najveći izazov, koji treba znanje i multidisciplinarnu suradnju svih sudionika u projektiranju i gradnji.“ [12]

Energetski certifikat za stambene zgrade			
	Zgrada <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća		
	Vrsta zgrade K.č. k.o. Adresa Mjesto Vlasnik / investitor Izvođač Godina izgradnje		
	Q["]_{H,nd,ref} kWh/(m ² a) Izračun		
	A+	≤ 15	 C
	A	≤ 25	
	B	≤ 50	
	C	≤ 100	
	D	≤ 150	
	E	≤ 200	
F	≤ 250		
G	> 250		
Podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat			
Ovlaštena fizička osoba Ovlaštena pravna osoba Imenovana osoba RegistarSKI broj ovlaštene osobe Broj energetskeg certifikata Datum izdavanja/rok važenja Potpis			
Podaci o zgradi			
A _K [m ²] V _e [m ³] f ₀ [m ⁻¹] H ² _{z,adj} [W/(m ² K)]			

Slika 10 – Izgled prve stranice energetskeg certifikata [16]

Na slici 10 prikazan je izgled prve stranice energetskeg certifikata koji se nalazi u energetskeg razredu C.

5.5. Projekt energetske obnove zgrade

„Projektna dokumentacija detaljno prikazuje planirane mjere povećanja energetske učinkovitosti na temelju kojih se izračunava planirana ušteda energije.“ [1]

„Glavni uvjeti koje građevinski objekt mora zadovoljiti prilikom energetske obnove su dobro projektirana i izvedena termoizolacija ovojnice.“ [13]

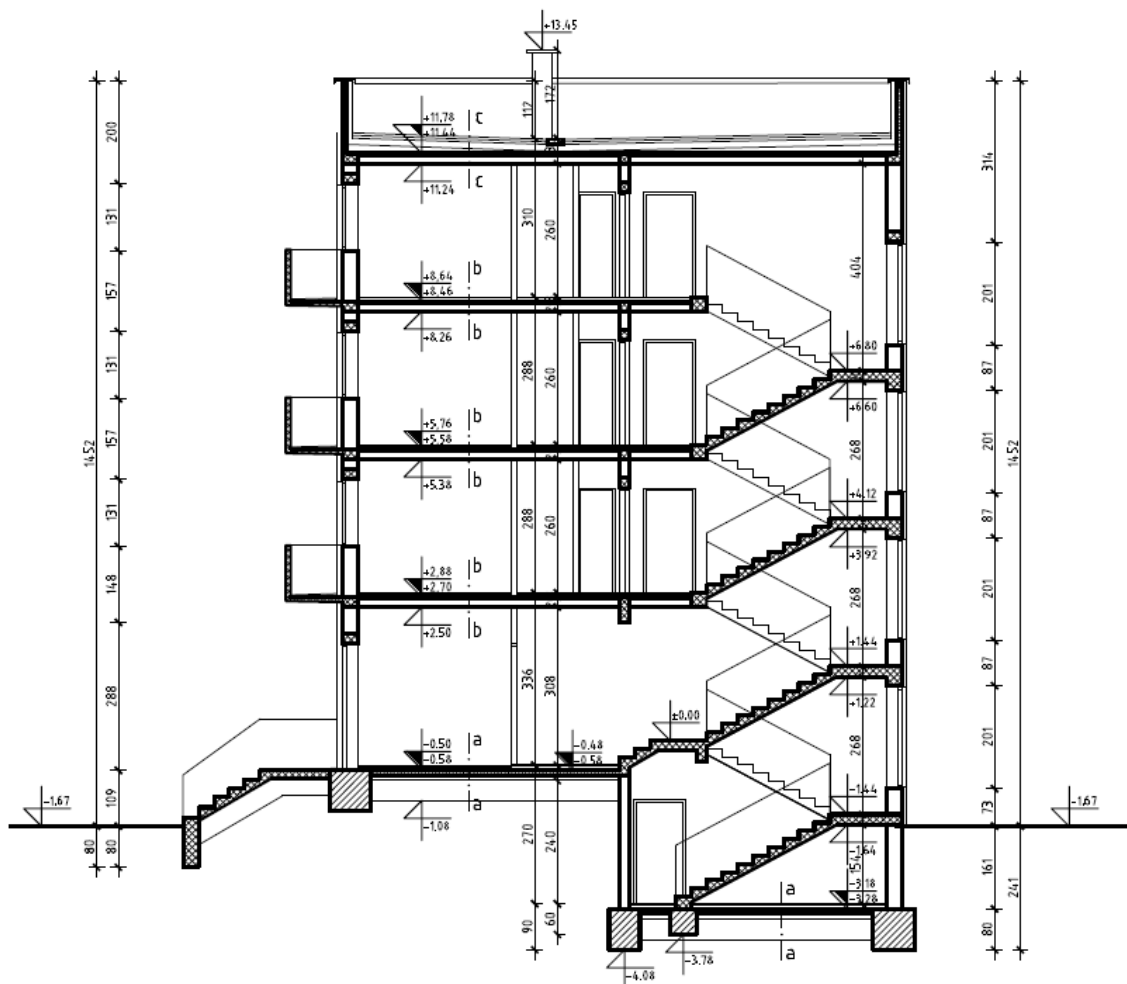
Ovlašteni projektant izrađuje glavni projekt i podrazumijeva postavljanje adekvatne toplinske zaštite, a može uključivati i zamjenu stolarije, sustava grijanja i hlađenja te postavljanja sustava za korištenje obnovljivih izvora energije. [1]

„Poboljšana toplinska izolacija ne znači samo smanjenje toplinskih gubitaka već i zimi više, a ljeti niže površinske temperature vanjskih zidova na unutarnjoj strani.“ [14]

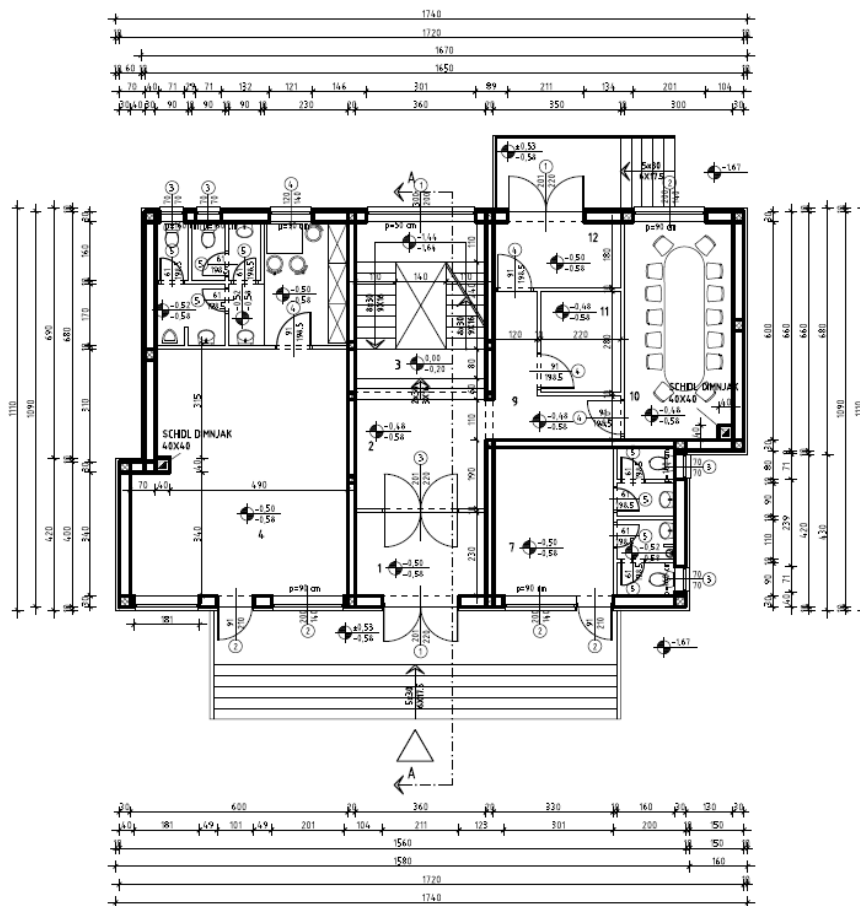
6. Energetska obnova višestambene zgrade – energetska pregled i analiza

Energetskim pregledom zgrade za potrebe izračuna energetske svojstava zgrade odnosno energetskog razreda i potrebne energije za grijanje kako za cijelu zgradu tako i za pojedine stambene prostore izvršeno je mjerenje dimenzija zgrade, prostora i pojedinih elemenata zgrade. [15]

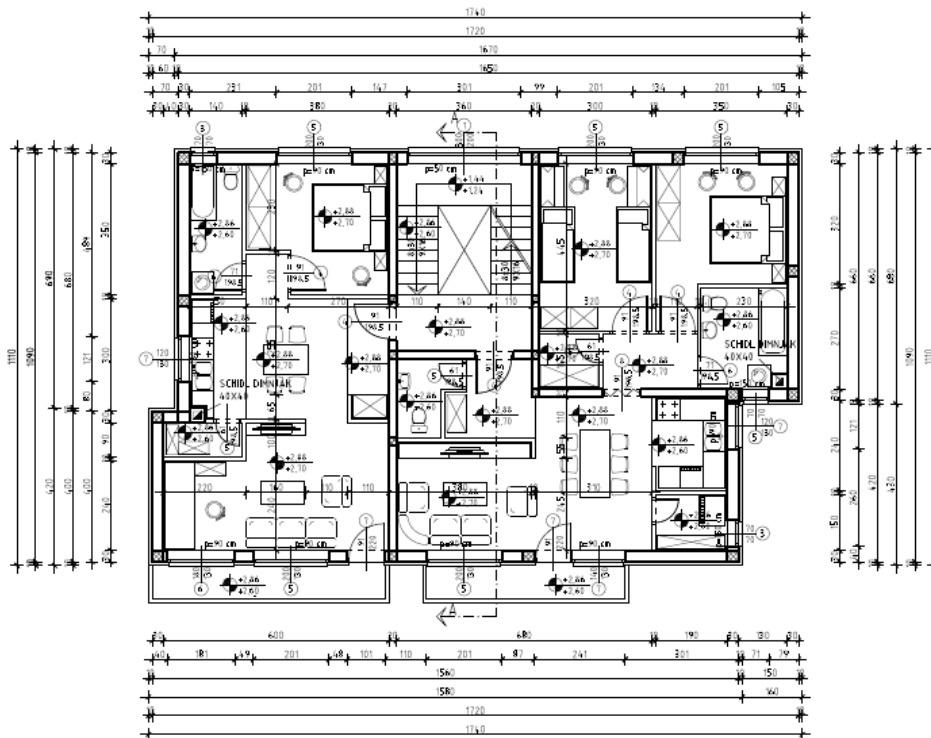
Na primjeru zgrade ucrtane u računalnom programu AutoCAD izvršeno je mjerenje geometrijskih karakteristika predmetne zgrade.



Slika 11 – Presjek MJ 1:100



Slika 12 - Tlocrt prizemlja MJ 1:100



slika 13 - Tlocrt karakterističnog kata MJ 1:100

Tablica 2 - Geometrijske karakteristike predmetne zgrade.

Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m ²]	1096,87
Obujam grijanog dijela zgrade – V _e [m]	1668,54
Obujam grijanog zraka – V [m ³]	1334,83
Faktor oblika zgrade - f ₀ [m]	0,66
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade – A _K [m]	559,01
Proračunska korisna površina grijanog dijela zgrade – A _{K'} [m]	559,01
Ukupna ploština pročelja – A _{uk} [m]	1120,87
Ukupna ploština prozora – A _{wuk} [m]	112,05

Tablica 3 - Površine građevnih dijelova predmetne zgrade.

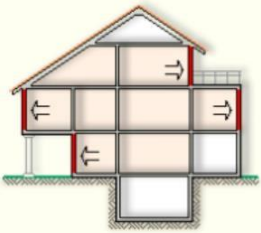
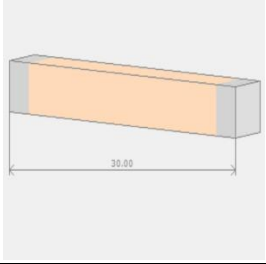
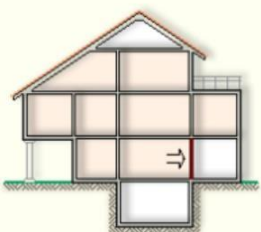
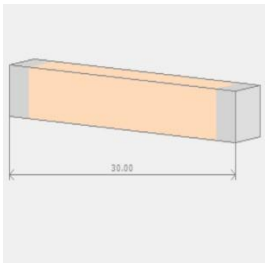
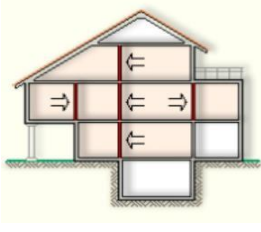
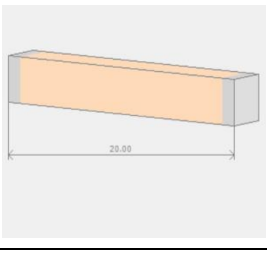
Naziv građevnog dijela	A [m ²]
VZ1-vanjski zidovi	827,64
ZN1-zidovi prema negrijanim prostorijama	152,98
ZG2-zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika	42,77
ZT-podrum-zidovi prema tlu	66,00
SG-stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika	429,39
PT-podovi na tlu	105,78
PN1-stropovi prema negrijanim prostorijama	114,56
SV-ravni krovovi iznad grijanog prostora	181,17

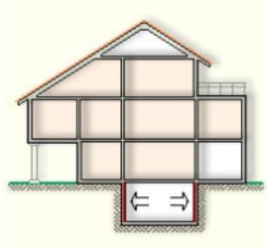
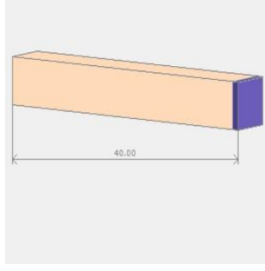
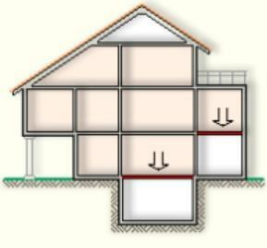
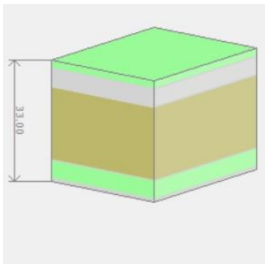
6.1. Energetski pregled prije energetske obnove

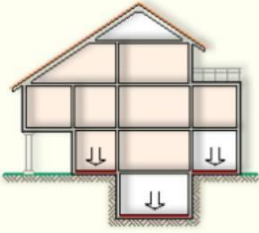
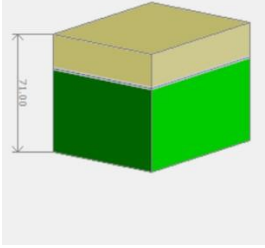
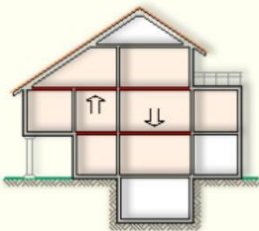
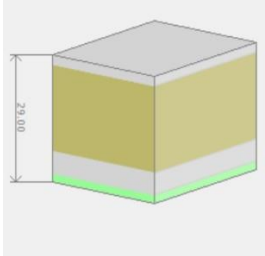
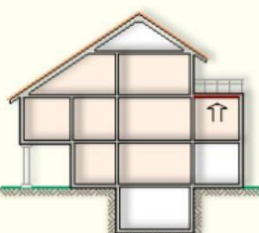
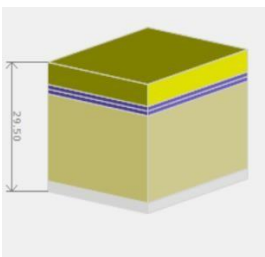
U ovom poglavlju obrađen je energetski pregled prije izvršenih mjera odnosno energetske obnove.

6.1.1. Proračun građevnih dijelova zgrade

Tablica 4 - Podaci i prikaz građevnih dijelova.

GRAĐ. DIO	SLOJ	d [cm]	LOKACIJA/VRSTA GRAĐ. DIJELA	3D PRIKAZ	Koeficijent prolaska topline U [W/m ² K]
Vanjski zidovi					
VZ1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			1,7
	1.02 Puna opeka od gline	25			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			
	UKUPNO:	30			
Zidovi prema negrijanim prostorijama					
ZN1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			1,48
	1.02 Puna opeka od gline	25			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			
	UKUPNO:	30			
Zidovi prema grijanim prostorijama					
ZG2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1			1,84
	1.02 Puna opeka od gline	18			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1			
	UKUPNO:	20			

Zidovi prema tlu					
ZT	1.02 Puna opeka od gline	39			1,34
	Tekući hidroizolacijski premaz	1			
	UKUPNO:	40			
Stropovi prema negrijanim prostorijama					
PN1	4.06 Drvo – tvrdo - bjelogorica	2			0,54
	3.19 Cementni estrih	5			
	2.01 Armirani beton	20			
	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5			
	3.16 Silikatna žbuka	1			
	UKUPNO:	33			

Podovi na tlu					
PT	2.01 Armirani beton	20			1,86
	Tekući hidroizolacijski premaz	1			
	Pijesak i šljunak	50			
	UKUPNO:	71			
Stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika					
SG	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2			1,96
	2.01 Armirani beton	20			
	3.19 Cementni estrih	5			
	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2			
	UKUPNO:	29			
Ravni krovovi iznad grijanog prostora					
SV	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			2,68
	2.01 Armirani beton	20			
	Paropropusna pričuvna hidroizolacija	1			
	Protukorijenska membrana	1			
	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	5			
	UKUPNO:	29,5			

Tablica 5 - Otvori predmetne zgrade.

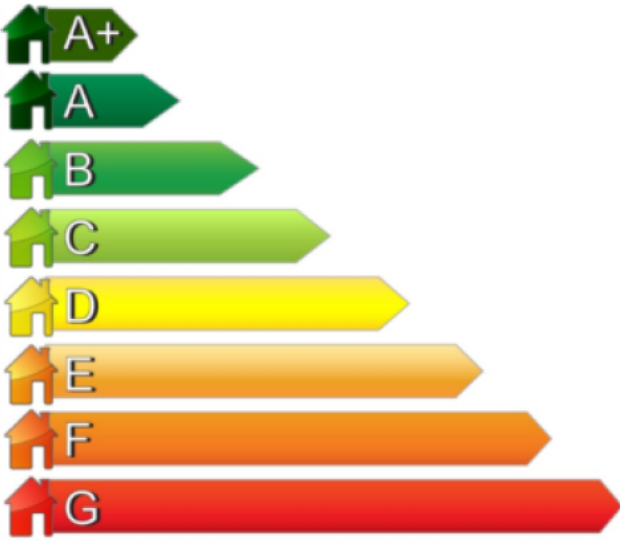
Naziv otvora	U_w [W/m ² K]	Orijentacija	A_w [m ²]	n
O1	3,50	SJEVER	6,00	4,00
O2	3,50	SJEVER	2,80	1,00
	3,50	JUG	2,80	2,00
O3	3,50	ISTOK	0,49	5,00
	3,50	SJEVER	0,49	5,00
	3,50	JUG	0,49	3,00
O4	3,50	SJEVER	1,68	1,00
O5	3,50	JUG	2,34	4,00
O6	3,50	JUG	1,91	4,00
O7	3,50	SJEVER	2,60	9,00
	3,50	JUG	2,60	6,00
O8	3,50	ISTOK	2,60	3,00
	3,50	ZAPAD	2,60	3,00

6.1.2. Rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove

Tablica 6 – rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove

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	$A = 1096,87$ [m ²]
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 1668,54$ [m ³]
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,66$ [m ⁻¹]
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 559,01$ [m ²]
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k' = 559,01$ [m ²]
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 159140,43$ [kWh/a]
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q_{H,nd}'' = 284,68$ (max = 59,07) [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	$Q_{C,nd} = 9636,33$ [kWh/a]
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 175764,38$ [kWh/a]
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade	$E_{del}'' = 314,42$ [kWh/m ² a]
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 197463,26$ [kWh/a]
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne površine	$E_{prim}'' = 353,24$ (max = 80,00) [kWh/m ² a]
Koeficijent transmisivnog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 2,79$ (max = 0,53) [W/m ² K]

6.1.3. Energetski certifikat prije provedenih mjera energetske obnove

ENERGETSKI RAZRED ZGRADE	Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}^-$ [kWh/(m ² a)]	Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]
	272,78	348,62
 <p>A+ A B C D E F G</p>		D
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]		307,73
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]		68,09
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ		

Slika 14 – Prikaz energetskog certifikata prije provedenih mjera energetske obnove

Na slici 14 prikazan je energetski certifikat prije provedenih mjera energetske obnove. Trenutno se zgrada nalazi u energetskom razredu G prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje $Q_{H,nd}^-$ [kWh/(m²a)] te u energetskom razredu D prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} [kWh/(m²a)].

6.2. Mjere poboljšanja energetske obnove

6.2.1. Mjera 1 - zamjena postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom

Mjera 1 – zamjenom postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom poboljšavaju se toplinska svojstva vanjske ovojnice zgrade i smanjuje se potrošnja energije za grijanje. Predlaže se zamjena postojeće drvene stolarije te drvenih ulaznih vrata stambenih prostora bez ostakljenja koeficijenta prolaska topline $U_w = 3,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ novom PVC stolarijom sa trostruko izolirajućim staklima s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge) ukupnog koeficijenta prolaska topline $U_w = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Važno je napomenuti da u jediničnu cijenu PVC stolarije dolaze i rolete koje su veoma važan faktor kod zaštite od insolacije.

Nova PVC stolarija koja će zamijeniti postojeću drvenu stolariju tj. karakteristike iste i jedinična cijena stolarije od 2.000,00 kn/m² odabrana je prema podacima iz prakse.

Nakon provedene mjere 1 – zamjene postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{\text{H,nd}} [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ s **272,78** $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ na **227,05** $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$, te specifična godišnja primarna energija $E_{\text{prim}} [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ s **348,62** $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ na **285,63** $[\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$.

Samom provedbom prve mjere dolazi do razlike u potrošnji:

- specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $\Delta Q_{\text{H,nd}} = \mathbf{45,73} [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ odnosno smanjena za 16,76 %.
- specifične godišnje primarne energije $\Delta E_{\text{prim}} = \mathbf{62,99} [\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})]$ odnosno smanjena za 18,07 %.

Na slijedećoj slici (slika 15) je prikaz energetskeg certifikata nakon provedene mjere 1. Prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje $Q_{H,nd}$ nakon provedene mjere 1 predmetna zgrada nalazi se u razredu F, te prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} nalazi se u razredu D.

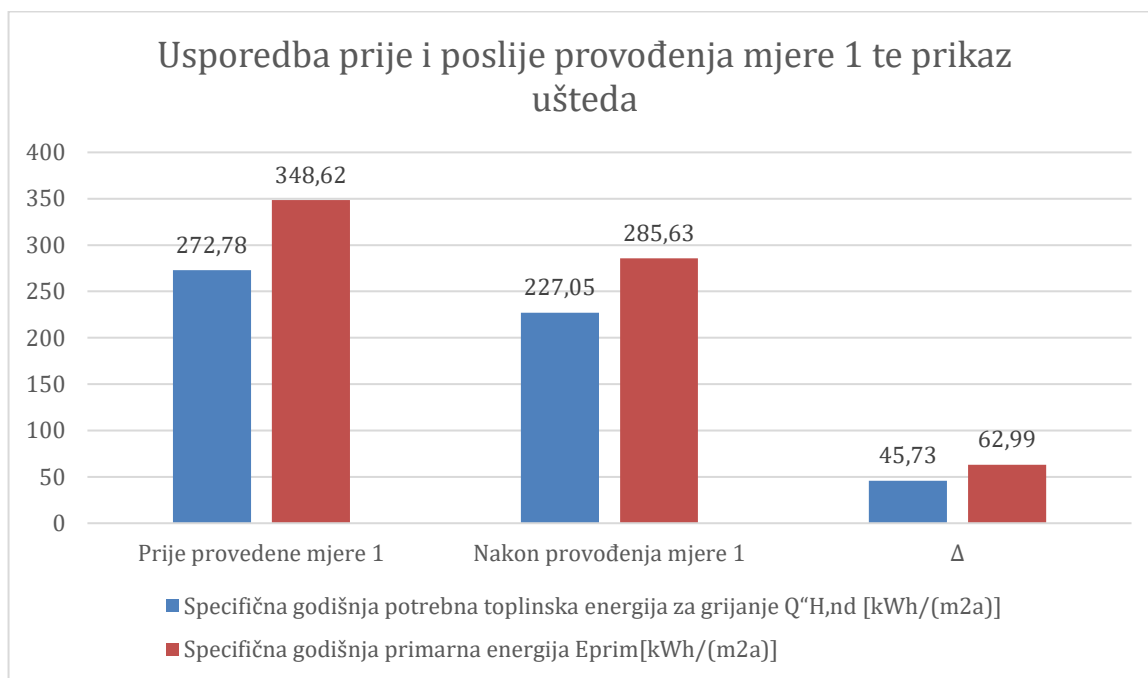


Slika 15 - Prikaz energetskeg certifikata nakon provedene mjere 1

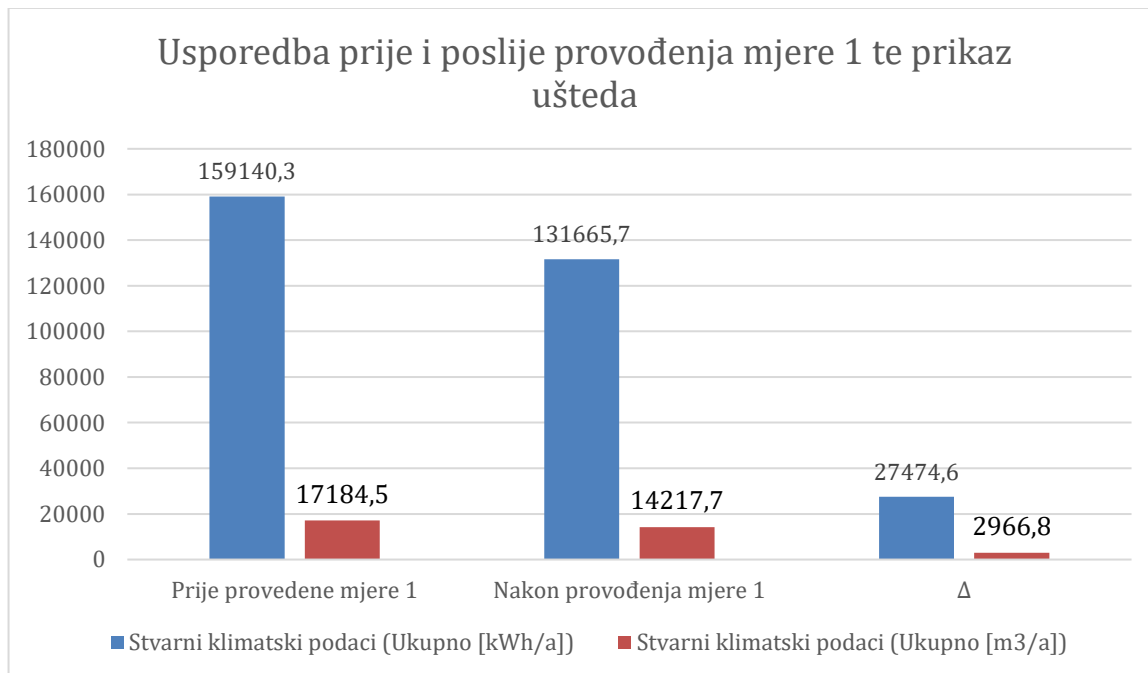
ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI ³		STVARNI KLIMATSKI PODACI ¹	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	126923,60	227,05	131665,70	235,53

Slika 16 – Prikaz energetskeg potreba nakon provedene mjere 1

Tablica 7 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 1 te prikaz ušteta prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje i specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji



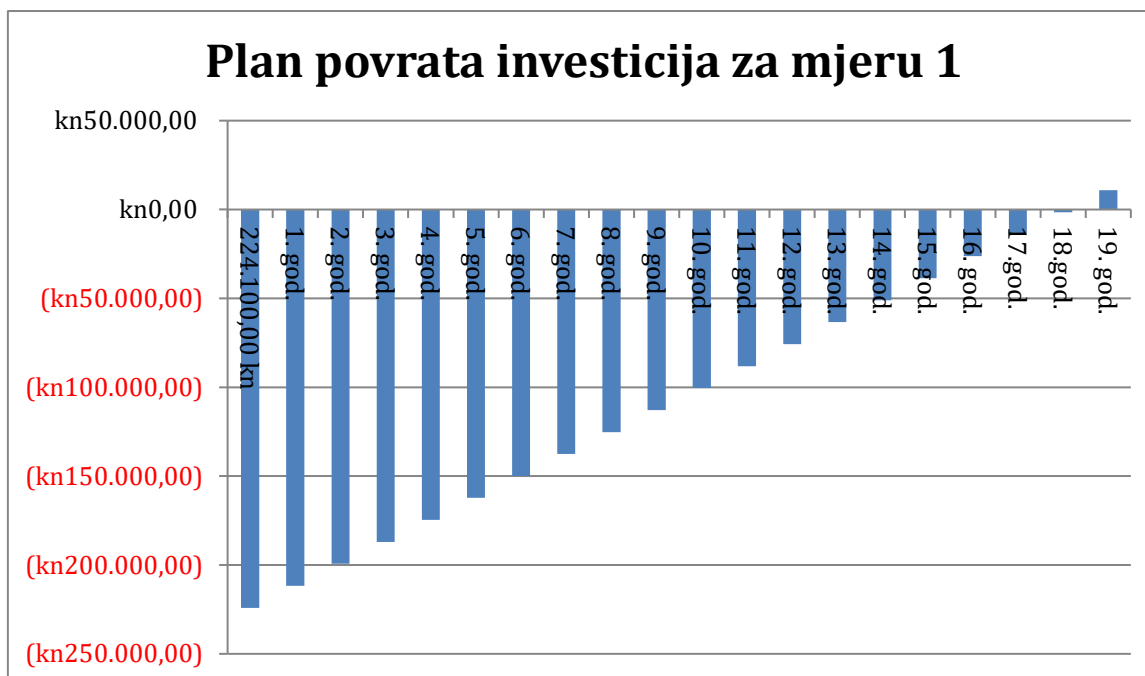
Tablica 8 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 1 te prikaz ušteta prema stvarnim klimatskim podacima



Prema prikazanom grafu godišnja ušteta prilikom implementacije mjere 1 prema stvarnim klimatskim podacima je $\Delta = 27474,6 \text{ kWh/a}$ i uz jediničnu cijena plina **0,45 kn/kWh** ušteta iznosi **12363,57 kn**.

Ukupna površina otvora predmetne zgrade za zamjenu stolarije je 112,05 m², procjena za jediničnu cijenu m² PVC stolarije je **2000 kn/m²**. Tako da procijenjeni iznos investicije za mjeru 1 iznosi 112,05 m² x 2000 kn/m² = **224100,00 kn**

Tablica 9 – Plan povrata investicija za mjeru 1



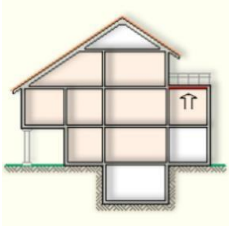
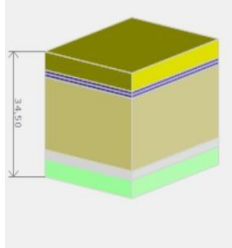
Prema prikazanom planu povrata investicije mjere 1 odnosno zamjene postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom sa trostruko izolirajućim staklima s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge) isplatila bi se za **19 godina**.

6.2.2. Mjera 2 – Ugradnja toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN 1

Ugradnjom toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN 1 poboljšavaju se svojstva vanjske ovojnice zgrade i smanjuje se potrošnja energije za grijanje.

Mjera 2 nije provedena za rekonstrukciju ravnog krova nego su stanari za sebe ugradili toplinsku izolaciju na strop ravnog krova SV kao prvi sloj gledano iz smjera grijanog prostora koja je uzeta u obzir kod izračuna poboljšanja energetskih svojstava višestambene zgrade. Izolacija ekspanziranim polistirenom EPS debljine $d=5$ cm.

Tablica 10 - Podaci i prikaz građevnog dijela SV-nakon provedenih mjera

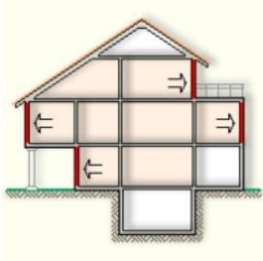
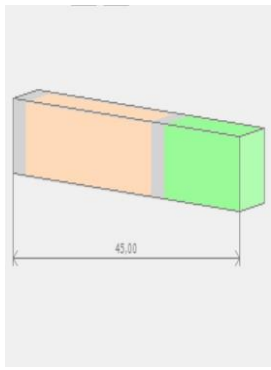
GRAĐ. DIO	SLOJ	d [cm]	LOKACIJA/VRSTA GRAĐ. DIJELA	3D PRIKAZ	Koeficijent prolaska topline U [W/m ² K]
Ravni krovovi iznad grijanog prostora					
SV	7.02 Ekspanzirani polistiren (EPS)	5			0,58
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			
	2.01 Armirani beton	20			
	Paropropusna pričuvna hidroizolacija	1			
	Protukorijenska membrana	1			
	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	5			
	UKUPNO:	34,5			

Nakon ugradnje toplinske izolacije odnosno ugradnje ekspaniranog polistirena (EPS) $d=5$ cm na strop SV-ravnog krova unutar grijanog prostora je $U = 0,58$ [W/m²K]. Usporedba razlike koeficijenata prolaska topline prije i nakon ugradnje toplinske izolacije U [W/m²K] $2,68$ [W/m²K] - $0,58$ [W/m²K] = $2,10$ [W/m²K].

Procijenjeni troškovi investicije za ugradnju EPS $d=5$ cm su **43027,50** kn s uračunatim PDV-om.

Ugradnja toplinske izolacije na vanjski zid VZ1, izolacija ekspanziranom polistirenom (EPS) debljine $d=15$ cm.

Tablica 11 - Podaci i prikaz građevnog dijela VZ1-nakon provedenih mjera

GRAĐ. DIO	SLOJ	d [cm]	LOKACIJA/VRSTA GRAĐ. DIJELA	3D PRIKAZ	Koeficijent prolaska topline U [$W/m^2 K$]
Vanjski zidovi					
VZ1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			0,22
	1.02 Puna opeka od gline	25			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,5			
	7.02 Ekspanzirani polistiren (EPS)	15			
	UKUPNO:	45			

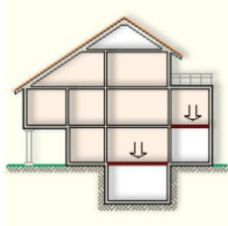
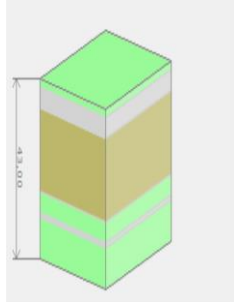
Debljina sloja toplinske izolacije $d = 15$ cm odabrana je prema rezultatima analize odnosno usporedbom ekonomičnosti i energetske svojstava. Usporedba je napravljena na sedam različitih debljina sloja toplinske izolacije od $d = 3$ cm do $d = 20$ cm uz uvjet da se zadovolji koeficijent prolaska topline U [W/m^2K] koji je za vanjske zidove koji dijele grijani prostor od vanjskog zraka prema „Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18)“ iznosi $U_{dop}=0,30W/(m^2K)$. Usporedbom razlike koeficijentata prolaska topline $U[W/m^2K]$ vidljiva je razlika od $1,7[W/m^2K]-0,22[W/m^2K]=1,48[W/m^2K]$.

Nakon ugradnje toplinske izolacije odnosno ugradnje ekspanziranog polistirena (EPS) $d=15$ cm na VZ1 iznad grijanog prostora je $U = 0,22$ [W/m^2K].

Procijenjeni troškovi investicije za EPS $d = 15$ cm su **258637,50 kn**s uračunatim PDV-om.

Ugradnjom toplinske izolacije na strop podruma PN1 kao mjera za poboljšanje toplinskih svojstava vanjske ovojnice zgrade i smanjenje potrošnje energije za grijanje predlaže se ugradnja toplinske izolacije na strop podruma PN1 odnosno izolacija ekspaniranim polistirenom (EPS) $d = 10$ cm. Ugradnja sloja toplinske izolacije ekspanirani polistiren (EPS) predviđena je na strop kao prvi sloj gledano iz smjera negrijanog podruma.

Tablica 12 - Podaci i prikaz građevnih dijelova PN1 – nakon implementacije mjere.

GRAĐ DIO	SLOJ	d [cm]	LOKACIJA/VRSTA GRAĐ. DIJELA	3D PRIKAZ	Koeficijent prolaska topline U [W/m ² K]
Stropovi prema negrijanim prostorijama					
PN1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2			0,22
	3.19 Cementni estrih	5			
	2.01 Armirani beton	20			
	7.02 Ekspanirani polistiren (EPS)	5			
	3.16 Silikatna žbuka	1			
	7.02 Ekspanirani polistiren (EPS)	10			
	UKUPNO:	43			

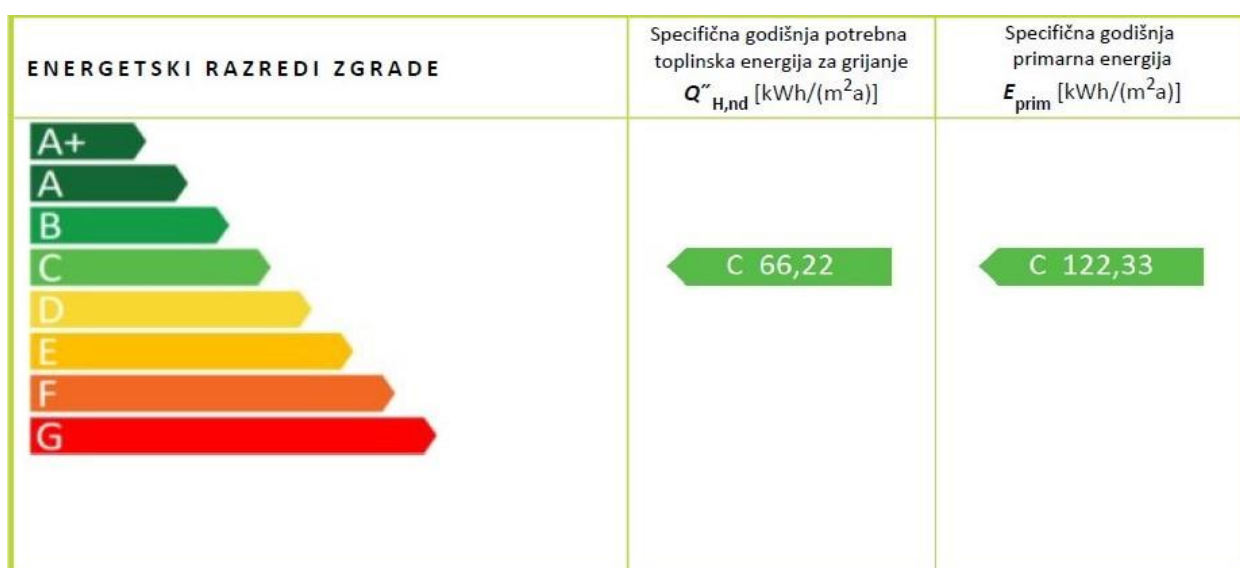
Najveći dopušteni U_{dop} [W/(m²K)] za građevni dio PN1 prema „Tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama („Narodne novine“ broj 128/15, 70/18, 73/18, 86/18)“ je 0,40 W/(m²K), iz prethodne tablice vidljivo je da će U [W/(m²K)] nakon implementacije predložene mjere iznositi 0,22 W/(m²K). Usporedbom koeficijenata prolaska topline U [W/m²K] vidljiva je razlika od $0,54$ [W/m²K] - $0,22$ [W/m²K] = $0,32$ [W/m²K].

Procijenjeni troškovi za ugradnju EPS $d = 10$ cm su **31504,00 kn** s uračunatim PDV-om.

Nakon provedene mjere 2 – Ugradnjom toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN 1 usporedbom podataka nakon provedene mjere 1 dolazi do smanjenja potrošnje specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/(m²a)] s **227,05** [kWh/(m²a)] na **66,22** [kWh/(m²a)], te specifične godišnje primarne energije E_{prim} [kWh/(m²a)] s **285,63** [kWh/(m²a)] na **122,33** [kWh/(m²a)].

Razlika u potrošnji nakon provedbe mjere 2:

- specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $\Delta Q_{H,nd} = 160,83$ [kWh/(m²a)] odnosno smanjena za 70,83 %.
- specifične godišnje primarne energije $\Delta E_{prim} = 163,3$ [kWh/(m²a)] odnosno smanjena za 57,17 %.

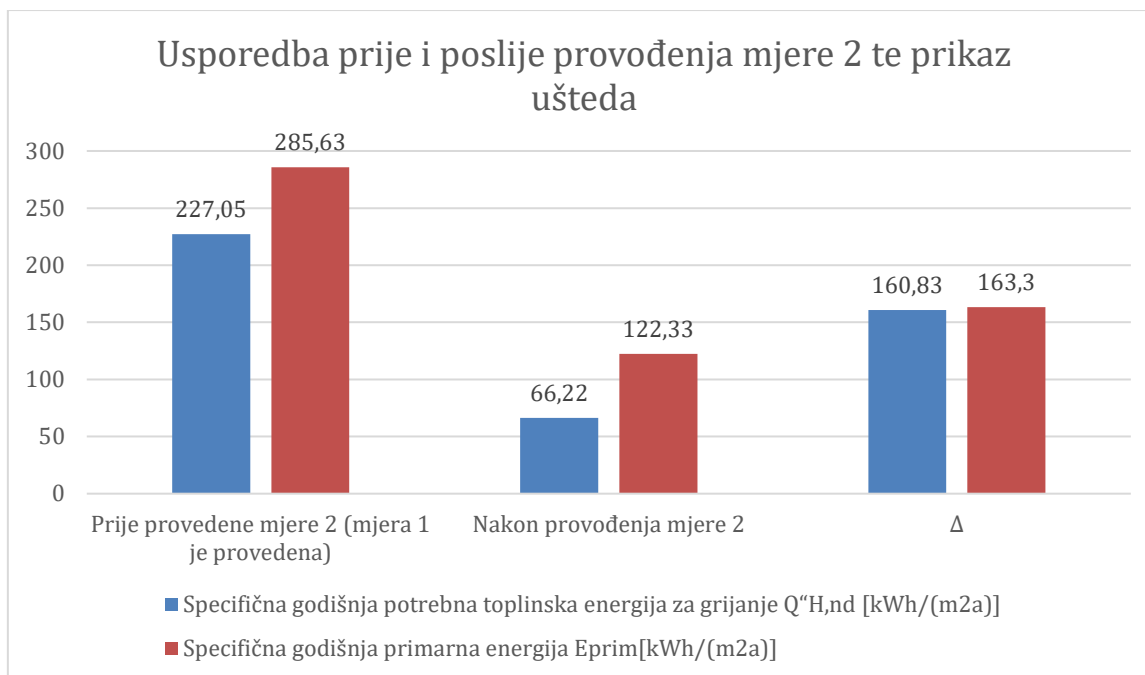


Slika 17 - Prikaz energetskeg razreda nakon provedene mjere 2 (uključujući i mjeru 1)

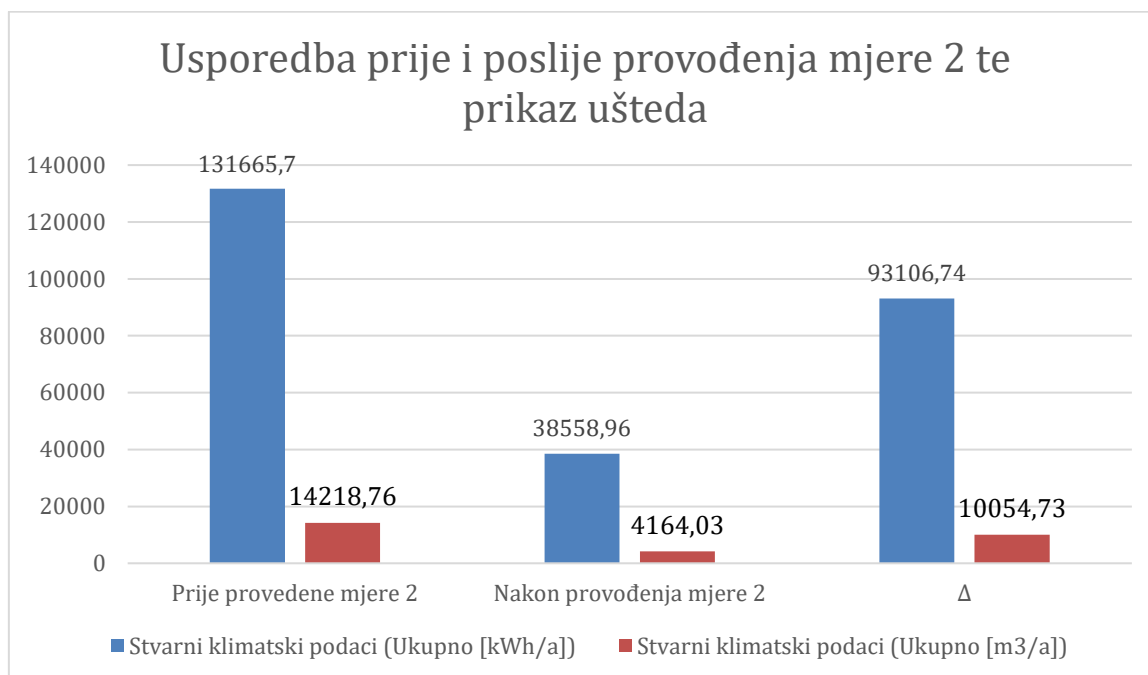
ENERGETSKE POTREBE	REFERENTNI KLIMATSKI PODACI ³		STVARNI KLIMATSKI PODACI ¹	
	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]	Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$	37018,39	66,22	38558,96	68,98

Slika 18 – Prikaz energetskeg potreba nakon provedene mjere 2 (uključujući i mjeru 1)

Tablica 13 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući i mjeru 1) te prikaz ušteta prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje i specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji



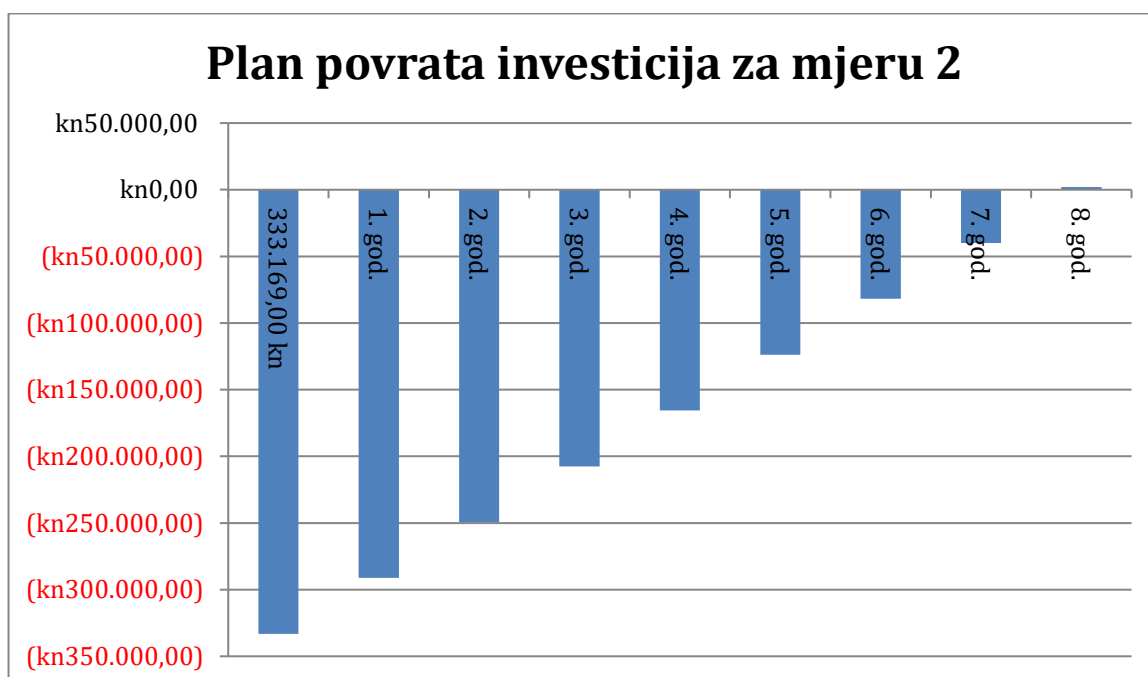
Tablica 14 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 2 (uključujući i mjeru 1) te prikaz ušteta prema stvarnim klimatskim podacima



Prema prikazanom grafu godišnja ušteta prilikom implementacije mjere 2 uzimajući u obzir podatke nakon implementirane mjere 1 prema stvarnim klimatskim podacima $\Delta = 93106,74 \text{ kWh/a}$ i uz jediničnu cijenu plina $0,45 \text{ kn/kWh}$ ušteta iznosi **41898,03 kn**.

Ukupni procijenjeni troškovi za implementaciju mjere 2 su **333169,00 kn**.

Tablica 15 – Plan povrata investicija za mjeru 2



Prema prikazanom planu povrata investicija mjera 2 odnosno ugradnja toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN 1 isplatila bi se za **8 godina**.

7. Zaključak

Zgrade su odgovorne za 40% ukupne potrošnje energije u Europi te su mjere poput smanjenja potrošnje energije i korištenje energije iz obnovljivih izvora u zgradarstvu jedne od najvažnijih mjera koje nam omogućuju smanjenje energetske ovisnosti Europske Unije i emisije stakleničkih plinova.

Veliki potencijal energetske uštede su postojeće zgrade zbog visokog postotka zgrada sa nezadovoljavajućom toplinskom zaštitom. Neracionalno velika potrošnja energije za grijanje, hlađenje, pripremu tople vode i rasvjete su poznati problemi za veliki dio stambenog i nestambenog fonda zgrada.

Nedovoljna toplinska izolacija dovodi do povećanih toplinskih gubitaka zimi, hladnih obodnih konstrukcija, oštećenja nastala kondenzacijom (vlagom), te pregrijavanje prostora ljeti. Posljedice su oštećenja konstrukcije, te neudobno i nezdravo stanovanje i rad. Zagrijavanje takvih prostora zahtijeva veću količinu energije što dovodi do povećanja cijene korištenja i održavanja prostora, ali i do većeg zagađenja okoliša. Zagađenje okoliša opet ima utjecaj na oštećenje građevina i na život i zdravlje ljudi.

Oko 83% zgrada ne zadovoljava Tehničke propise iz 1987. godine i imaju velike gubitke topline uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150-200 kWh/m² te ih time svrstavamo u energetske razred E. Povećana potrošnja energije podrazumijeva i veće emisije CO₂ u atmosferu te je nužno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjila njihova nepotrebna potrošnja i racionaliziralo korištenje dostupnih energenata.

Implementacijom mjere 1 odnosno zamjenom postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom sa trostruko izolirajućim staklima s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge) ukupnog koeficijenta prolaska topline $U_w = 0,70 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ vidimo da bi nam se ta mjera isplatila za 19 godina, ali ne gledajući samo uz štednju toplinske energije zamjenom postojeće stolarije novom PVC stolarijom dobivamo i bolju zvučnu izolaciju.

Implementacijom mjere 2 (uzimajući u obzir rezultate nakon implementacije mjere 1) odnosno ugradnjom toplinske izolacije na strop SV, vanjski zid VZ1 i strop podruma PN1 vidimo da bi nam se ta mjera isplatila za 8 godina te bi samom implementacijom mjere povećali kvalitetu stanovanja odnosno smanjenje troškova, smanjenje gubitaka topline te smanjenje pregrijavanja prostora ljeti.

8. Literatura

- [1] Mirna Brgles Milosev: Energetska obnova višestambenih zgrada, Pula, 2017.
- [2] Pavičić-Kaselj A., Pašićko R.: „Energija nadohvat ruke“, Heinrich Böll Stiftung- Ured za Hrvatsku, Zagreb, 2014., str.15.
- [3] „Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2020. godine“, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, svibanj 2014., str.7.
- [4] Službeni list europske unije: „DIREKTIVA 2010/31/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA 19. svibnja 2010. o energetske učinkovitosti zgrada (preinaka)“, 18.06.2009., str.124.
- [5] Pavičić-Kaselj A., Pašićko R.: „Energija nadohvat ruke“, Heinrich Böll Stiftung- Ured za Hrvatsku, Zagreb, 2014., str.54.
- [6] Ibidem, str.8.
- [7] Pavičić-Kaselj A., Pašićko R.: „Energija nadohvat ruke“, Heinrich Böll Stiftung- Ured za Hrvatsku, Zagreb, 2014., str.17.
- [8] Zakon o gradnji, Narodne novine, Zagreb, 2013
- [9] Pavković D. i dr.:“ Priručnik za energetske certificiranje zgrada“ DIO 2, Tiskara Zelina, 2012.g., str.18.
- [10] Pavković D. i dr.:“ Priručnik za energetske certificiranje zgrada“ DIO 2, Tiskara Zelina, 2012.g., str.44
- [11] Pavković D. i dr.:“ Priručnik za energetske certificiranje zgrada“ DIO 2, Program Ujedinjenih naroda za razvoj UNDP, 2012.g., str.40.
- [12] Ibidem str.18..
- [13] Marjanović.T.: “Vodič kroz energetske učinkovitost u kućanstvima“, ENERGO MEDIA SERVIS d.o.o., Split, 2014., str.12.
- [14] Zbašnik Senegačnik M.: “Pasivna kuća“, SUN ARH d.o.o., Zagreb, 2009., str.26.
- [15] Zvonimir Puljić: Detaljna energetske analiza višestambene zgrade, Osijek, 2019.
- [16] Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH
- [17] <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-energetske-certificirane-zgrada.pdf>
- [18] <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-energetske-savjetnike.pdf>
- [19] Službeni list europske unije: „DIREKTIVA 2010/31/EU EUROPSKOG PARLAMENTA I VIJEĆA 19. svibnja 2010. o energetske učinkovitosti zgrada (preinaka)“, 18.06.2009., str.124.
- [20] Toplinske i zvukoizolacijske građevne materijali i proizvodi za zgrade Mr.sc. Ranko Keindl, dipl.ing. građ.
- [21] Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada-Marko Martinjak

- [22] Valentina Herega: Energetska učinkovitost zgrada, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Zavod za geotehniku, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska
- [23] Priručnik za provedbu energetske pregleda zgrada- <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>
- [24] <http://www.energetski-certifikat-zagreb.com/index.php/energetski-certifikatzagreb/energetsko-certificiranje/energetska-bilanca-zgrade>
- [25] http://kajfa.hr/images/uploads/470/stv_traka.jpg
- [26] <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unipu%3A6045/datastream/PDF/view>

9. Popis slika

Slika 1 – Bilanca energije zgrade

Izvor: <http://www.energetski-certifikat-zagreb.com/index.php/energetski-certifikatzagreb/energetsko-certificiranje/energetska-bilanca-zgrade>

Slika 2 – Granice energetske razreda od A+ do G prema $Q''_{H,nd,ref}$.

Izvor: <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=4716>

Slika 3 - Granice energetske razreda od A+ do G prema E_{prim} za zgrade različite namjene

Izvor: <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=4716>

Slika 4 - Koeficijent prolaska topline U

Izvor: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/unipu%3A6045/datastream/PDF/view>

Slika 5 – Toplinski gubici

Izvor: https://bz-plan-projekt.hr/wp-content/uploads/2020/02/prozori_5.png

Slika 6 – Troslojno izo staklo

Izvor: http://kajfa.hr/images/uploads/470/stv_traka.jpg

Slika 7 – Usporedba kvalitete stakla na području toplinske ugodnosti i uštede energije

Izvor: <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-energetske-savjetnike.pdf>

Slika 8- Shema općeg energetskeg pregleda

Izvor: <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>

Slika 9 – Shema detaljnog energetskeg pregleda

Izvor: <https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-provedbu-energetskih-pregleda-zgrada.pdf>

Slika 10 – Izgled prve stranice energetskeg certifikata

Izvor: Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH

Slika 11 – Presjek MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 12 - Tlocrt prizemlja MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 13 - Tlocrt karakterističnog kata MJ 1:100

Izvor: Autor

Slika 14 – Prikaz energetskeg certifikata prije provedenih mjera energetske obnove

Izvor: Autor

Slika 15 - Prikaz energetskeg certifikata nakon provedene mjere 1

Izvor: Autor

Slika 16 – Prikaz energetske potrebe nakon provedene mjere 1

Izvor: Autor

Slika 17 - Prikaz energetske potrebe nakon provedene mjere 2(uključujući i mjeru 1)

Izvor: Autor

Slika 18 – Prikaz energetske potrebe nakon provedene mjere 2(uključujući i mjeru 1)

Izvor: Autor

10. Popis tablica

Tablica 1 – Norme iz područja energetske učinkovitosti

Izvor: <https://www.enue.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priručnik-za-energetsko-certificirane-zgrada.pdf>

Tablica 2 - Geometrijske karakteristike predmetne zgrade

Izvor: Autor

Tablica 3 - Površine građevnih dijelova predmetne zgrade

Izvor: Autor

Tablica 4 - Podaci i prikaz građevnih dijelova

Izvor: Autor

Tablica 5 - Otvori predmetne zgrade

Izvor: Autor

Tablica 6 – rezultati proračuna prije provedenih mjera energetske obnove

Izvor: Autor

Tablica 7 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 1 te prikaz ušteda

Izvor: Autor

Tablica 8 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 1 te prikaz ušteda prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: Autor

Tablica 9 – Plan povrata investicija za mjeru 1

Izvor: Autor

Tablica 10 - Podaci i prikaz građevnog dijela SV-nakon provedenih mjera

Izvor: Autor

Tablica 11 - Podaci i prikaz građevnog dijela VZ1-nakon provedenih mjera

Izvor: Autor

Tablica 12 - Podaci i prikaz građevnih dijelova PN1 i PN2 – nakon implementacije mjere

Izvor: Autor

Tablica 13 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 2(uključujući i mjeru 1) te prikaz ušteda prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje i specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji

Izvor: Autor

Tablica 14 – Usporedba prije i poslije provođenja mjere 2(uključujući i mjeru 1) te prikaz ušteda prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: Autor

Tablica 15 – Plan povrata investicija za mjeru 2

Izvor: Autor



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski 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, TOMISLAV HIRJANIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Energetska obnova više stambene zgrade (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Hirjanić T.
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, TOMISLAV HIRJANIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Energetska obnova više stambene zgrade (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Hirjanić T.
(vlastoručni potpis)