

Učinci implementacije mjera poboljšanja energetske svojstava na primjeru višestambene zgrade

Hanjš, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:858064>

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

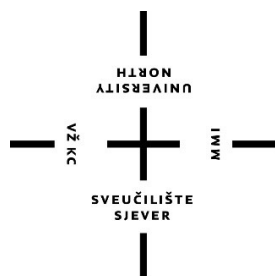
Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





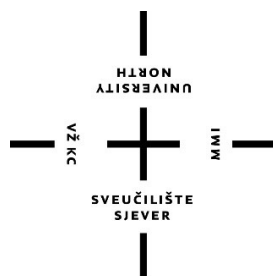
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 466/GR/2023

**Učinci implementacije mjera poboljšanja energetske
svojstava na primjeru višestambene zgrade**

Karlo Hanjš, 3869/336

Varaždin, rujan 2023. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 466/GR/2023

Učinci implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru višestambene zgrade

Student

Karlo Hanjš, 3869/336

Mentor

doc.dr.sc. Željko Kos

Varaždin, rujan 2023. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Graditeljstvo		<input type="checkbox"/>
PRISTUPNIK	Karlo Hanjš	MATIČNI BROJ	3869/336
DATUM	19.09.2023.	KOLEGIJ	Zgradarstvo II
NASLOV RADA	Učinci implementacije mjera poboljšanja energetskih svojstava na primjeru višestambene zgrade		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Effects of implementation of measures to improve energy properties on the example 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. dr.sc. Anđelko Crnoja		
	4. mag.ing.aedif. Dalibor Kramarić		
	5. _____		

Zadatak završnog rada

BROJ 466/GR/2023

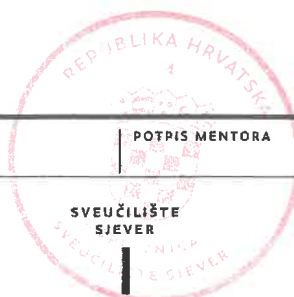
OPIS
Pristupnik u radu treba opisati ulogu, važnost i postupak energetske obnove višestambene zgrade.

U radu je potrebno obraditi tri mjere energetske obnove višestambene zgrade, njihove učinke u pogledu energetske učinkovitosti, utjecaje na okoliš te period povrata investicije.

Potrebno je obraditi:

- važnost energetske učinkovitosti u području toplinske zaštite i uštede energije u zgradama,
- mjere energetske učinkovitosti i obnove višestambene zgrade,
- energetski pregled i analiza višestambene zgrade te
- uštede nakon implementacija mjera energetske obnove višestambene zgrade.

ZADATAK URUČEN 19. 04. 2023.



POTPIS MENTORA

Sažetak

Rad se bavi dokazivanjem važnosti energetske obnove stambene zgrade na primjeru. Višestambene zgrade čine 40% ukupne potrošnje energije u Europi, što naglašava značaj potencijala za uštedu energije zbog mnogih zgrada koje imaju nedovoljnu toplinsku izolaciju. Definiran je i opisan sam pojam energetske učinkovitosti, kao i najvažnija regulativa vezana uz nju.

U radu se nastoji istaknuti značaj energetske obnove višestambenih zgrada, opisati proces energetske obnove ovakvih građevina, što uključuje energetski pregled i analizu, predložiti mjere poboljšanja energetske učinkovitosti i ukratko opisati fiziku koja stoji iza njih. Na kraju, odrađena je analiza postojećeg stanja predmetne zgrade te analiza i prikaz ostvarenih ušteda putem proračuna, ali i drugih učinaka nakon implementacije tih mjera. Zaključak donosi mišljenja o isplativosti mjera nakon njihovog provođenja te povrat investicija.

Ključne riječi: energetska obnova, energetska učinkovitost, mjere energetske učinkovitosti, toplinska energija, ušteda energije.

Abstract

The paper deals with demonstrating the importance of energy renovation of residential buildings using an example. Residential buildings account for 40% of the total energy consumption in Europe, emphasizing the significance of potential energy savings due to many buildings having insufficient thermal insulation. The concept of energy efficiency is defined and described, along with the most important regulations related to it.

The paper aims to highlight the importance of energy renovation of buildings, describe the process of energy renovation of such buildings, which includes an energy audit and analysis, proposing measures to improve energy efficiency, and describing the physics they're based. In the end, an analysis of the current state of the subject building was performed, as well as an analysis and presentation of the achieved savings through calculations, as well as other effects after the implementation of these measures. The conclusion provides opinions on the cost-effectiveness of the measures after their implementation and return on investment.

Keywords: energy renovation, energy efficiency, measures for energy efficiency, thermal energy, energy savings."

Popis korištenih kratica

RH	Republika Hrvatska
NN	Narodne novine
PVC	polivinil klorid
IC	infracrveno
VZ3	vanjski zid
UZ1	zid prema stubištu
Z2	zid prema tlu
P6	strop između različitih zona
P1	pod podruma
P4	strop prema negrijanom podrumu
P8	neprohodni ravni krov
P9	prohodni ravni krov
P7	pod na tlu

Sadržaj

1.	Uvod	1
1.1.	Opis i definicija problema.....	2
1.2.	Cilj rada.....	2
1.3.	Hipoteza rada	2
1.4.	Struktura rada.....	3
2.	Energetska učinkovitost u sektoru zgradarstva	4
2.1.	Energetski potencijal.....	4
2.2.	Pravna regulativa energetskog certificiranja.....	5
2.3.	Pravilnik o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju NN 88/17.....	6
3.	Energetski pregled zgrade	10
4.	Mjere poboljšanja energetskih svojstava zgrada	12
4.1.	Predložene mjere.....	13
4.1.1.	<i>Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade</i>	<i>13</i>
4.1.2.	<i>Zamjena vanjske stolarije.....</i>	<i>16</i>
5.	Analiza postojećeg stanja	18
5.1.	Proračun građevinskih dijelova zgrade.....	21
5.2.	Rezultati proračuna predmetne zgrade u postojećem stanju.....	26
5.3.	Energetski certifikat prije provedenih mjera energetske obnove.....	27
6.	Mjere energetske učinkovitosti.....	28
6.1.	Zamjena postojeće drvene stolarije PVC stolarijom.....	28
6.2.	Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade	31
6.3.	Energetska obnova ravnog krova.....	36
6.4.	Kompletna energetska obnova.....	40
6.5.	Usporedba učinaka svih pojedinačnih mjera	43
7.	Zaključak	44
8.	Literatura	45
	Popis slika.....	46
	Popis tablica.....	48

1. Uvod

Prioritet današnjice u Europskoj uniji u području energetike i građevinarstva je zasigurno energetska učinkovitost u zgradama, održiva izgradnja i integracija obnovljivih izvora energije. Ovo je zbog više faktora, uključujući nedostatak energije, nesigurnost u opskrbi energijom, konstantan porast cijena energenata, klimatske promjene i zagađenje okoliša uzrokovano neracionalnom potrošnjom energije te sve veća upotreba energije za hlađenje, posebno zbog širenja klimatizacijskih sistema u zgradama. Sve ovo zahtijeva ozbiljan pristup kako bismo razvili strategije za povećanje energetske učinkovitosti. Energetska učinkovitost se odnosi na korištenje manje energije kako bismo postigli isti ili bolji rezultat [1].

Izraz "energetska obnova" obuhvaća niz mjera, uključujući poboljšanje izolacije vanjskog omotača zgrade, zamjenu vanjske stolarije te modernizaciju ili zamjenu sustava grijanja. Također, energetska obnovu možemo proširiti integriranjem obnovljivih izvora energije, optimizaciju unutarnje rasvjete i implementaciju centralnih sustava za upravljanje grijanjem i hlađenjem [1].

Energetska obnova predstavlja ogroman potencijal za uštedu energije u postojećim zgradama, istovremeno omogućavajući njihovo temeljito moderniziranje. Projekti energetske obnove često donose povrat uloženi sredstava kroz uštede u energiji, a dodatna prednost je poboljšanje kvalitete života i komfora u tim zgradama. Energetski učinkovite kuće pružaju viši standard stanovanja, a njihova tržišna vrijednost često nadmašuje cijene neobnovljenih objekata [1].

Nedostatna toplinska izolacija ima niz negativnih posljedica, uključujući veće gubitke topline tijekom zimskih mjeseci, hladne zidove i konstrukcije, nastanak oštećenja zbog kondenzacije ili vlage te pretjerano zagrijavanje prostora tijekom ljeta. Sve ove posljedice mogu rezultirati oštećenjima samih građevinskih konstrukcija i neprijatnim, nezdravim uvjetima za stanovanje. Dodatno, potrebna je veća količina energije za zagrijavanje takvih prostora, što dovodi do povećavanja troškova grijanja i održavanja, te negativno utječe na okoliš zbog veće emisije zagađujućih tvari [1].

Energetski učinkovite kuće pružaju viši standard života, a kroz obnovu s naglaskom na energetske učinkovitosti moguće su značajne uštede u troškovima režija, koje se kreću između 30 do 60%. Kao rezultat toga, smanjenje potrošnje energije, posebno fosilnih goriva, doprinosi smanjenju emisija ugljičnog dioksida, što znači manje zagađenje okoliša i bolju zaštitu zdravlja stanovništva [1].

Vlada Republike Hrvatske donijela je Program energetske obnove višestambenih zgrada za period od 2014. do 2020. godine, koji je pokrenut 24. lipnja 2014. Ciljevi ovog programa uključuju analizu potrošnje energije i energetske učinkovitosti, identifikaciju potencijala za smanjenje potrošnje energije u postojećim stambenim zgradama, razradu mjera za poticanje poboljšanja energetske učinkovitosti te ocjenu njihovih rezultata [1].

1.1. Opis i definicija problema

Prema procjenama, u Hrvatskoj postoji oko 50 milijuna m² korisne površine višestambenih zgrada. Od toga, 65% zgrada nalazi se u kontinentalnom dijelu zemlje, dok je preostalih 35% smješteno u obalnom dijelu Hrvatske. Većina tih zgrada je izgrađena prije 1987. godine i obično troši između 200 i 250 kWh/m² toplinske energije za grijanje. Međutim, primjenom mjera za povećanje energetske učinkovitosti, moguće je smanjiti potrošnju energije u tim zgradama na samo 50 kWh/m², što predstavlja dramatično smanjenje potrošnje - čak pet puta manje nego što je bilo prije. S obzirom na veliku potrošnju energije u zgradama i istovremeno veliki potencijal za uštede, energetska učinkovitost postaje ključni prioritet u suvremenoj arhitekturi i energetici [1].

1.2. Cilj rada

Cilj ovog rada je istaknuti ključnu važnost energetske obnove višestambenih zgrada u kontekstu postizanja energetske učinkovitosti i smanjenja negativnog utjecaja na okoliš provedbom postupka energetske obnove višestambenih zgrada koristeći konkretan primjer, te prikazati kolike uštede u potrošnji energije mogu biti ostvarene nakon provedbe triju mjera energetske obnove. Također, planira se istražiti koliko vremena je potrebno da se uloženi novac u energetske obnovu vrati kroz smanjenje troškova energije.

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

Ovaj rad strukturiran je u osam poglavlja.

Prvo od njih sadrži uvod kako bi se čitatelj upoznao s tematikom rada, opisan je i definiran problem, navedena je svrha, tj. cilj rada te hipoteza.

Drugo poglavlje, „Energetska učinkovitost u sektoru zgradarstva“ definirana je sama energetska učinkovitost te je ukratko obrađena zakonska regulativa vezanu uz istu.

U trećem poglavlju bavi se energetske pregledom zgrade, njegovim definicijama te što sve on obuhvaća.

Sadržaj četvrtog poglavlja je usmjeren na općenite mjere energetske učinkovitosti, od jednostavnijih i lako provedivih, do kompleksnijih i skupljih. Opisane su predložene mjere za konkretan primjer.

Peto poglavlje analiza je postojećeg stanja građevine, proveden je proračun u Ki Expert Plus računalnom programu te su prikazani rezultati istog.

Šesto poglavlje bavi se prije spomenutim predloženim mjerama, proračunima, rezultatima i opisanim učincima te isplativosti istih.

Sedmo poglavlje donosi zaključak rada, a na kraju se nalaze popis literature, slika, tablica te grafikona.

2. Energetska učinkovitost u sektoru zgradarstva

„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) [2].“

„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 [3].“

„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 [4].“

2.1. Energetski potencijal

Osnovne karakteristike stambenog fonda Republike Hrvatske su sljedeće [5]:

- 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, nego u 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. Pravna regulativa energetske certificiranja

„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 [6].“

„Trenutno važeći zakoni su Zakon o energetske učinkovitosti i Zakon o gradnji. Pored zakona imamo dvije uredbe, 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 [6].“

Tablica 1. prikazuje važeće norme u Republici Hrvatskoj koje su vezane uz područje energetske certificiranja, a preuzete od Europske unije.

Tablica 1. Norme iz područja energetske učinkovitosti

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 auditi – 2. dio: Zgrade
EN 16247-3:2014	HRN EN 16247-3	Energijski auditi – 3. dio: Procesi
EN 16247-4:2014	HRN EN 16247-4	Energijski auditi – 4. dio: Prijevoz
EN 16247-5:2015	HRN EN 16247-5	Energijski auditi – 5. dio: Kompetencije energijskih 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 [6].“

Ovim pravilnikom se [7]:

1. uspostavlja sustav provedbe energetske pregleda zgrada,
2. definira pojam „zgrada javne namjene“, navodi koje javne zgrade imaju obvezu provođenja energetske pregleda i energetske certificiranja te javnog izlaganja energetske certifikata,
3. propisuju obveze investitora, vlasnika i korisnika zgrade kod provođenja energetske pregleda zgrade i energetske certificiranja,
4. propisuje način provođenja energetske pregleda i izrade i radnji koje je potrebno napraviti prije i tijekom samog energetske pregleda te sadržaj izvješća o provedenom energetske pregledu zgrade,

5. propisuje sadržaj i izgled energetskeg certifikata te navodi za koje zgrade se izdaje energetske certifikat,
6. propisuje način provođenja redovitog pregleda te sadržaj izvješća,
7. propisuje sve vezano uz registar izvješća o provedenim energetskim pregledima zgrade i energetskih certifikata,
8. navodi da je način provođenja neovisne kontrole energetskeg certifikata i izvješća,
9. navodi koja tijela su nadležna za nadzor provedbe pravilnika i
10. određuju prijelazne i završne odredbe ovoga pravilnika.

Također, u njemu se nalaze i slijedeći bitni prilozi:

- Prilog 1 - Energetski razredi zgrada i način označavanja energetskeg razreda na energetskom certifikatu [7].

Tablica 2. Granice energetskih razreda od A+ do G prema $Q''_{H,nd,ref}$ [7]

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

„Početkom primjene Pravilnika o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17.) energetske certifikat uz prikaz energetskeg 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 energetskeg razreda definiranog specifičnom godišnjom primarnom energijom, E_{prim} izraženoj u kWh/m²a [6].“

„Faktor primarne energije prema kojem se izračunava energetski 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 [6].“

Tablica 3. Granice energetskih razreda od A+ do G prema E_{prim} za zgrade različite namjene. [7]

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 ≤ 100	> 50 ≤ 75	> 45 ≤ 80	> 35 ≤ 55	> 35 ≤ 55	> 25 ≤ 50	> 55 ≤ 60	> 55 ≤ 58	> 250 ≤ 275	> 250 ≤ 275	> 90 ≤ 110	> 70 ≤ 75	> 210 ≤ 305	> 150 ≤ 160	> 170 ≤ 310	> 150 ≤ 210	> 80 ≤ 115	> 50 ≤ 75
B	> 100 ≤ 120	> 75 ≤ 90	> 80 ≤ 115	> 55 ≤ 70	> 55 ≤ 70	> 50 ≤ 70	> 60 ≤ 65	> 58 ≤ 60	> 275 ≤ 300	> 275 ≤ 300	> 110 ≤ 130	> 75 ≤ 80	> 305 ≤ 400	> 160 ≤ 170	> 310 ≤ 450	> 210 ≤ 280	> 115 ≤ 150	> 75 ≤ 100
C	> 120 ≤ 265	> 90 ≤ 220	> 115 ≤ 280	> 70 ≤ 230	> 70 ≤ 100	> 70 ≤ 90	> 65 ≤ 125	> 60 ≤ 120	> 300 ≤ 345	> 300 ≤ 325	> 130 ≤ 160	> 80 ≤ 95	> 400 ≤ 465	> 170 ≤ 225	> 450 ≤ 475	> 280 ≤ 290	> 150 ≤ 280	> 100 ≤ 225
D	> 265 ≤ 410	> 220 ≤ 350	> 280 ≤ 445	> 230 ≤ 385	> 100 ≤ 125	> 90 ≤ 110	> 125 ≤ 175	> 120 ≤ 175	> 345 ≤ 395	> 325 ≤ 350	> 160 ≤ 190	> 95 ≤ 110	> 465 ≤ 530	> 225 ≤ 280	> 475 ≤ 495	> 290 ≤ 340	> 280 ≤ 410	> 225 ≤ 350
E	> 410 ≤ 515	> 350 ≤ 435	> 445 ≤ 560	> 385 ≤ 485	> 125 ≤ 155	> 110 ≤ 140	> 175 ≤ 220	> 175 ≤ 220	> 395 ≤ 495	> 350 ≤ 440	> 190 ≤ 240	> 110 ≤ 140	> 530 ≤ 665	> 280 ≤ 350	> 495 ≤ 620	> 340 ≤ 425	> 410 ≤ 515	> 350 ≤ 435
F	> 515 ≤ 615	> 435 ≤ 520	> 560 ≤ 670	> 485 ≤ 580	> 155 ≤ 190	> 140 ≤ 165	> 220 ≤ 265	> 220 ≤ 265	> 495 ≤ 590	> 440 ≤ 525	> 240 ≤ 290	> 140 ≤ 165	> 665 ≤ 795	> 350 ≤ 415	> 620 ≤ 745	> 425 ≤ 510	> 515 ≤ 615	> 435 ≤ 520
G	> 615	> 520	> 670	> 580	> 190	> 165	> 265	> 265	> 590	> 525	> 290	> 165	> 795	> 415	> 745	> 510	> 615	> 520

K- kontinentalna Hrvatska;
P- primorska Hrvatska

- Prilog 2 - Izgled (primjer na slici 1) i sadržaj energetskog certifikata. [7]

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE		
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN)		
Naziv zgrade		
Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade		
Ulica i kućni broj Poštanski broj Mjesto		
PODACI O ZGRADI <input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija		
Vrsta zgrade (prema Pravilniku) odaberi vrstu zgrade prema Pravilniku iz padajućeg izbornika		
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava odaberi iz padajućeg izbornika		
Vlasnik / investitor		
k.č.br. k.o.		
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k Godina izgradnje / rekonstrukcije		
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²] Mjerodavna meteorološka postaja		
Faktor oblika f_d [m ⁻¹] Referentna klima		
ENERGETSKI RAZRED ZGRADE		
Specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{t,del}$ [kWh/(m ² a)]		
Specifična godišnja primarna energija E_{prim} [kWh/(m ² a)]		
Specifična godišnja isporučena energija E_{del} [kWh/(m ² a)]		
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)]		
Upisati „nZEB“ ako energetsko svojstvo zgrade (E_{prim}) zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPURUETZZ		
ROK VAŽENJA CERTIFIKATA / PODACI O OSOBI KOJA JE IZDALA ENERGETSKI CERTIFIKAT		
Oznaka energetskog certifikata Datum izdavanja Datum važenja		
Naziv ovlaštene pravne osobe Ime i prezime imenovane osobe u ovlaštenoj pravnoj osobi ili ime i prezime ovlaštene fizičke osobe / vlastoručni potpis RegistarSKI broj		
PODACI O OSOBAMA KOJE SU SUDJELOVALE U IZRADI ENERGETSKOG CERTIFIKATA		
Dio zgrade Ime i prezime ovlaštene osobe Naziv pravne osobe RegistarSKI broj Vlastoručni potpis		
Građevinski		
Strojarski		
Elektrotehnički		

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE str. 1/4

Slika 1. Prva stranica energetskog certifikata

Osim osnovnih podataka o zgradi, energetskog razreda zgrade, roka važenja certifikata i podataka o osobama koje su sudjelovale u izradi (slika 1.), energetski certifikat prikazuje i podatke o pojedinim građevinskim dijelovima zgrade te njihovo (ne)ispunjavanje zahtjeva energetske učinkovitosti, podatke o tehničkim sustavima zgrade (način grijanja, način pripreme potrošne tople vode, izvore energije za grijanje i sl.), podatke o obnovljivim izvorima energija na lokaciji zgrade te prijedloge mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade [7].

- Prilog 3 - Prikaz registra izvješća o energetskim pregledima zgrada i izdanih energetskih certifikata zgrada [7].
- Prilog 4 - Prikaz registra Izvješća o redovitim pregledima sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije [7].

3. Energetski pregled zgrade

Energetski pregled zgrade obuhvaća detaljnu analizu toplinskih svojstava i energetskih sustava zgrade sa svrhom ocjene učinkovitosti potrošnje energije. Cilj mu je donošenje zaključaka i davanje preporuka kako bi se povećala energetska učinkovitost zgrade. Njime se analizira način korištenja energije, identificira područja gdje dolazi do rasipanja energije i predlažu mjere energetske učinkovitosti.

Cilj energetskog pregleda je prikupljanjem i obradom niza parametra dobiti što točniji uvid u zatečeno energetsko stanje zgrade s obzirom na [11]:

- kvalitetu sustava za grijanje,
- hlađenje,
- prozračivanje,
- rasvjetu,
- zastupljenost i kvaliteta energetskih uređaja,
- građevinske karakteristike u smislu toplinske zaštite,
- strukturu upravljanja zgradom te
- pristup stanara ili zaposlenika energetskej 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 te
- 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 [12].“

„Detaljni energetska pregled potrebno je provesti ukoliko rezultati općeg pregleda ukazuju na postojanje značajnog prostora za poboljšanje energetska 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 energetska analizu zgrade [12].“

Nakon provedenog energetska pregleda zgrade, izdaje se energetska certifikat koji vrijedi za svaku pojedinu stambenu jedinicu unutar zgrade. Energetska certifikat ima valjanost od 10 godina. Glavna svrha energetska certifikata jest pružiti informacije vlasnicima i korisnicima zgrada o energetska karakteristikama same zgrade ili njenih samostalnih stambenih jedinica. Također, certifikat omogućuje usporedbu zgrade u odnosu na njen energetska profil, efikasnost energetska sustava te kvalitetu i svojstva njenog vanjskog omotača [13].

4. Mjere poboljšanja energetske svojstava zgrada

Mjere energetske učinkovitosti u zgradama su sve radnje koje redovito vode provjerljivom i mjerljivom ili procjenjivom poboljšanju energetske učinkovitosti, odnosno smanjenju potrošnje energije i/ili vode [8].

Jednostavne mjere povećanja energetske učinkovitosti bez dodatnih troškova uz trenutne uštede [9]:

- 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 [9]:

- 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 energetski efikasnijima-energetskog razreda A.

Mjere uz veće troškove i duži period povrata investicije [9]:

- 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.

4.1. Predložene mjere

4.1.1. Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade

Povećanjem izolacije zgrade, smanjuje se gubitak topline tijekom zime i održava prostor ugodnim tijekom ljetnih vrućina. Također, ona štiti strukturu zgrade od vanjskih utjecaja i velikih temperaturnih varijacija, čime joj se produljuje životni vijek. Izolirana zgrada pridonosi udobnijem životnom okruženju i ima pozitivan utjecaj na okoliš. Gubici topline kroz zidove i druge građevne elemente ovise o njihovim svojstvima, orijentaciji i toplinskoj provodljivosti [9].

Toplinsku zaštitu zgrade značajno određuje debljina sloja izolacije i toplinska provodljivost materijala, koja se izražava kao koeficijent λ (W/mK). Važno je napomenuti da se vrijednost toplinske provodljivosti λ može značajno razlikovati, čak i za iste materijale. Ovisi o faktorima kao što su gustoća ili poroznost materijala, njegov kemijski sastav, količina vlage prisutna u materijalu te temperatura okoline [9].

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 m² i debljine 1 m okomito na njegovu površinu pri razlici temperature 1 K.

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

Gdje je: Q [J] - količina topline,
A [m²] - površina,
 ΔT [K] - temperaturna razlika,
d [m] - debljina sloja materijala i
t [s] - vrijeme prolaza topline.

Još jedno važno svojstvo materijala koje igra ključnu ulogu u procjeni toplinskih gubitaka kroz komponente zgrade je koeficijent prolaska topline, označen kao U (2). Bitno je napomenuti da što je koeficijent prolaska topline U manji, to je bolja toplinska izolacija zgrade.

Koeficijent prolaska topline U (2), predstavlja količinu topline koja se gubi kroz građevni element tijekom jedne sekunde po kvadratnom metru površine kada postoji temperaturna razlika od 1K, i izražava se u jedinicama W/m^2K .

$$\phi = A \cdot U \cdot (T_1 - T_2) \quad (2)$$

Gdje je: ϕ [W] – količina prenesene topline u 1 sekundi,
 U [$W/m^2 K$] – koeficijent prolaska topline,
 T_1 [K] – viša temperatura s jedne strane strukture,
 T_2 [K] – niža temperatura s druge strane strukture i
 A [m^2] – površina kroz koju toplina protječe.

Svojstvo recipročno koeficijentu prolaska topline U naziva se toplinski otpor R (3), a predstavlja otpor koji materijal pruža prolasku topline. Izražava se u $m^2 K/W$.

$$R = \frac{1}{U} \quad [m^2 K/W] \quad (3)$$

Gdje je: R [$m^2 K/W$] - toplinski otpor i
 U [$W/m^2 K$] - koeficijent prolaska topline.

Veći koeficijent prolaska topline U ukazuje na lošiju toplinsku izolaciju materijala ili građevnog elementa (veći protok topline kroz materijal). S druge strane, veći toplinski otpor R rezultira boljom toplinskom izolacijom.

Prilikom odabira toplinsko-izolacijskih materijala, izuzetno je važno obratiti pažnju i na druga svojstva, osim onih već navedenih. Ovdje su neka od tih svojstava koja mogu biti ključna:

- protupožarna otpornost: materijali trebaju imati odgovarajuću otpornost na požar kako bi se osigurala sigurnost zgrade i njezinih stanara,
- difuzija vodene pare: materijali bi trebali omogućiti kontroliranu difuziju vodene pare kako bi se spriječilo stvaranje kondenzacije unutar zidova ili stropa,

- gustoća materijala: gustoća materijala može utjecati na njegovu čvrstoću i trajnost, kao i na sposobnost zadržavanja topline,
- stišljivost: stišljivost materijala je važna ako se koristi kao izolacija za podove ili krovove, gdje je potrebno očuvati ravnomjernu površinu,
- trajnost: trajnost materijala je ključna jer želimo materijale koji će dugo trajati i neće se brzo pogoršati ili propadati,
- osjetljivost na vodu i vlagu: materijali ne smiju biti osjetljivi na vlagu jer bi to moglo dovesti do korozije ili propadanja.

S obzirom na različite potrebe i uvjete, važno je pažljivo razmotriti ova svojstva pri odabiru toplinsko-izolacijskih materijala kako bi se postigla optimalna učinkovitost i trajnost izolacije zgrade.

4.1.1.1. Materijali za toplinsku izolaciju zgrade

Toplinsko-izolacijski materijali mogu se podijeliti na nekoliko načina, ovisno o različitim kriterijima [10]:

- prema podrijetlu:
 - materijali organskog podrijetla mogu potjecati od živih organizama, biljka i životinja ili od neživih organizama poput nafte i zemnog plina (ekspandirani i ekstrudirani polistiren te pjenasti poliuretan),
 - materijali anorganskog podrijetla su pretežno niskomolekularne tvari, ali u toj grupi ima i anorganskih polimera poput gline;
- prema mehanizmu ostvarivanja toplinskog otpora:
 - porozni materijali, ovisno o udjelu zatvorenih ćelija u strukturi, manje su skloni kapilarnom upijanju vode, hidrofobni su, a ujedno su mehanički čvršći,
 - vlaknasti materijali ostvaruju toplinsku izolacijsku sposobnost zrakom vezanim unutar vlaknaste strukture. Lako upijaju vodu u otvorenu strukturu između vlakanaca, pri čemu gube toplinsku izolacijska i zvučna svojstva, te ne pružaju otpor prolasku vodene pare;
- prema nastajanju:
 - prirodni materijali predstavljaju materijale koji su dobiveni iz prirode,
 - sintetski materijali;

- prema uporabnom obliku:
 - vezani materijali će se u obliku ploča predviđati za ugradnju mehanički opterećenih konstrukcija poput krovova,
 - nevezani materijali ili rasuti materijali samo u primjenama koja dopuštaju njihova fizikalna svojstva (zahtijevaju formiranje dodatne oplata).

4.1.2. Zamjena vanjske stolarije

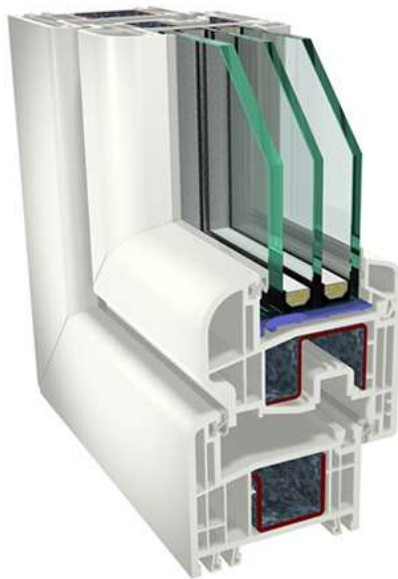
Prozori i vanjski zidovi imaju ključnu ulogu u gubicima toplinske energije u zgradi jer zajedno čine više od 70% ukupnih toplinskih gubitaka kroz njezin omotač. Gubici kroz prozore mogu se podijeliti na transmisijske gubitke i gubitke uzrokovane ventilacijom ili provjetravanjem. Ako se zbroje transmisijski gubici putem prozora i gubici uzrokovani ventilacijom, zajedno čine više od 50% ukupnih toplinskih gubitaka u zgradi. Prema tehničkim propisima, maksimalna dopuštena vrijednost koeficijenta prolaska topline U kroz prozore i balkonska vrata iznosi $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$. Europska zakonska regulativa postavlja sve strože standarde, a trenutačno se vrijednosti kreću između $1,40$ i $1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, dok se koeficijent U za prozore na starijim zgradama često kreće između $3,00$ i $3,50 \text{ W/m}^2\text{K}$ [11].

U toplinskim gubicima kroz prozore, važnu ulogu imaju i staklo i prozorski profil. Bez obzira na materijal iz kojeg je prozorski profil izrađen, ključno je osigurati dobru brtvljenost, prekid toplinskih mostova unutar profila, olakšano otvaranje i nizak koeficijent prolaska topline. Što se tiče stakala, postoje izolacijska stakla koja dolaze u dvoslojnim i troslojnim varijantama, s različitim punjenjem plinovima poput argona, kriptonu ili xenona, ili premazima koji unapređuju njihove toplinske karakteristike [11].

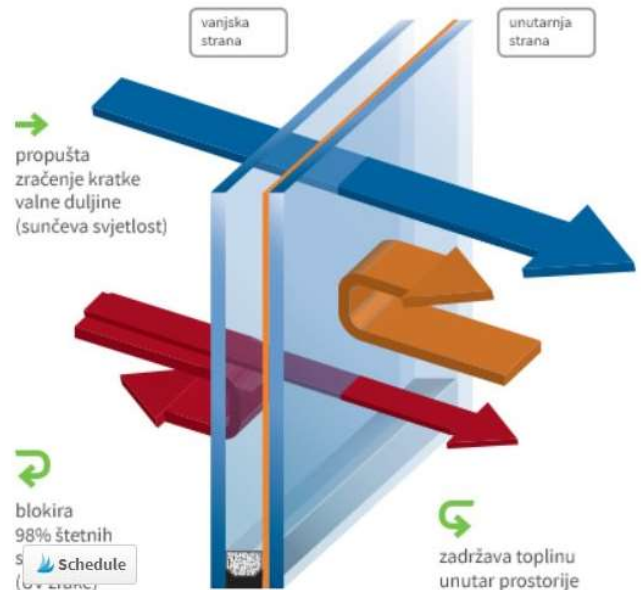
Okviri za prozore mogu se izrađivati od različitih materijala, uključujući drvo, čelik, aluminij, PVC ili čak kombinaciju tih materijala, kao što su drvo i aluminij. Također, unutar okvira može se koristiti toplinska izolacija kako bi se poboljšala njegova energetska svojstva. Vrsta materijala iz kojeg je izrađen okvir utječe na debljinu okvira i sposobnost ugradnje toplinski i zvučno izolirajućeg stakla. Kvalitetno staklo može imati debljinu između 68 mm i 93 mm za PVC i drvene okvire, dok su kod aluminijskih moguće i veće debljine [11].

Koeficijent prolaska topline se može smanjiti povećanjem broja međuprostrora između stakala i povećanjem njihove širine. Dakle, on se može smanjiti korištenjem izo stakala u

dvoslojnim i troslojnim varijantama, na primjer, stakla debljine 4 mm sa šupljinama od 12 mm između njih. Ovo se može prikazati kao "4+12+4+12+4", što znači da se koriste tri stakla debljine 4 mm, pri čemu su razmaci između njih 12 mm, kako je i prikazano na slici 2 [11].



Slika 2. Presjek PVC prozora s troslojnim izo staklom

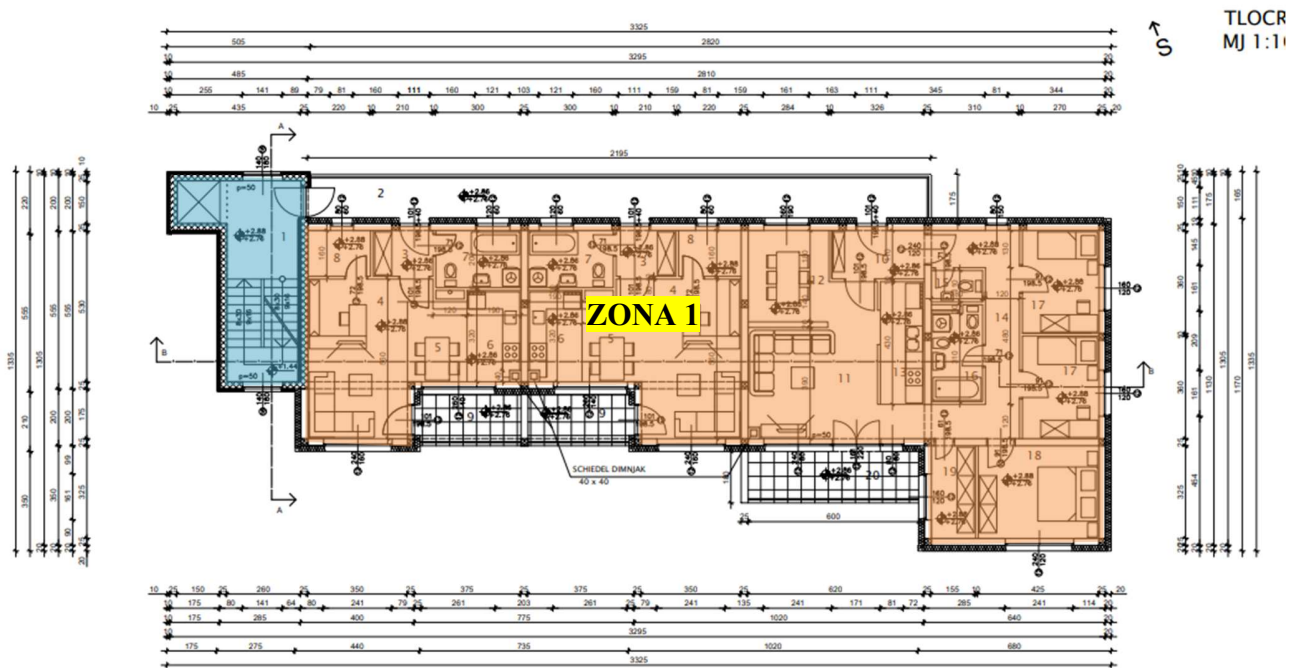


Slika 3. Shematski prikaz djelovanja Low-e stakla

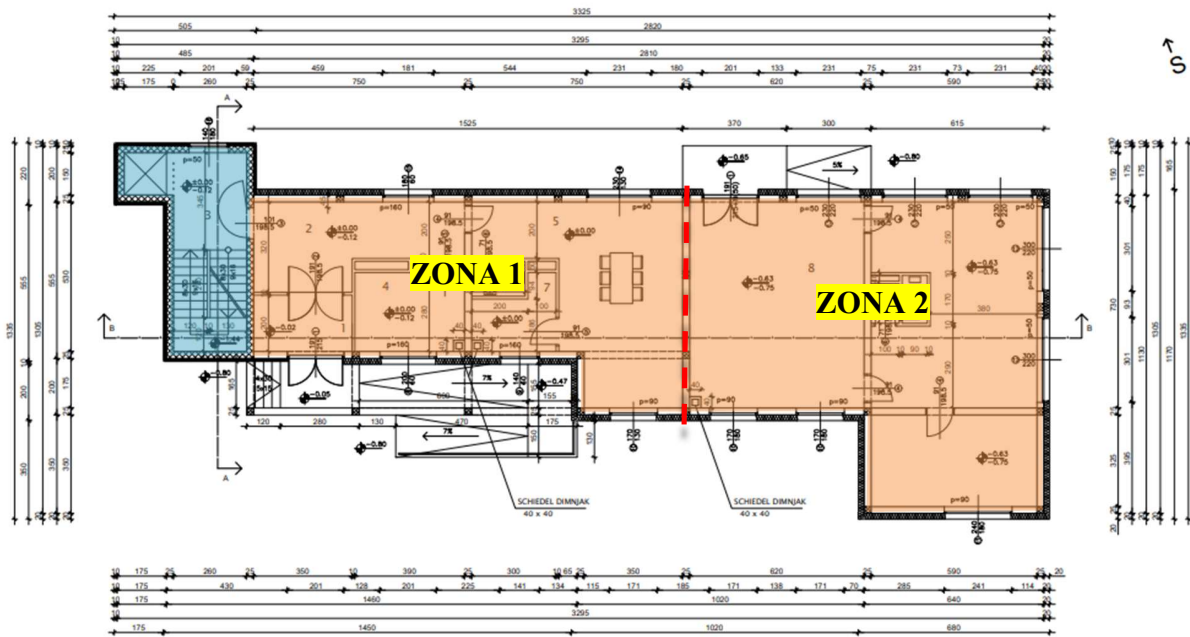
Debljina stakla ima minimalan utjecaj na koeficijent U, ali uporaba stakla niske emisije (Low-e staklo) značajno ga smanjuje. Low-e stakla su obložena posebnim metalnim filmom na strani koja je usmjerena prema međuprostoru izo stakla. Taj film propušta kratkovalno zračenje (poput sunčeve svjetlosti) dok reflektira dugovalno zračenje (poput IC zračenja), što je shematski prikazano na slici 3 [11].

5. Analiza postojećeg stanja

Na temelju nacрта (slike 4 - 7.) dobivenih u računalnom programu AutoCAD izvršeno je mjerenje geometrijskih karakteristika predmetne višestambene zgrade.



Slika 4. Tlocrt karakteristične etaže



Slika 5. Tlocrt prizemlja

Tablica 4. Geometrijske karakteristike zgrade

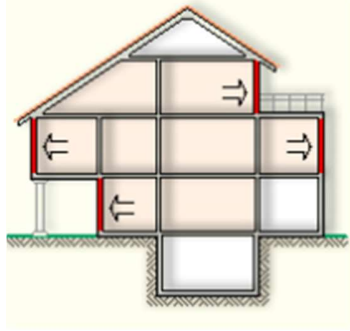
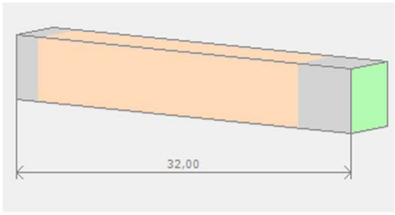
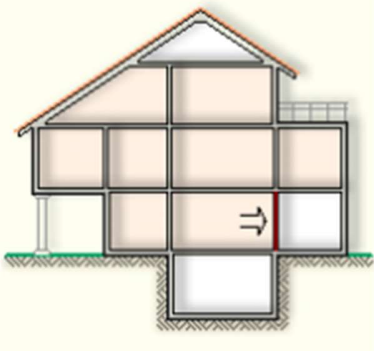
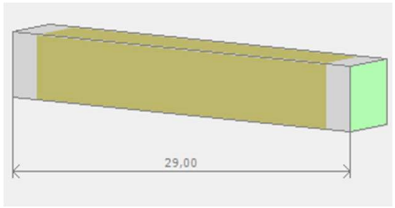
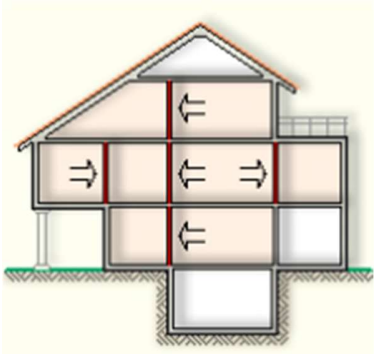
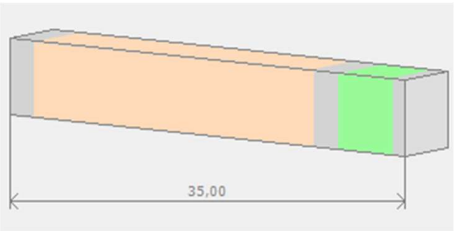
Potrebni podaci	Zona 1	Zona 2
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m ²]	1864,13	263,68
Obujam grijanog dijela zgrade – V _e [m ³]	3142,50	350,00
Obujam grijanog zraka – V [m ³]	2514,00	266,00
Faktor oblika zgrade - f ₀ [m ⁻¹]	0,59	0,75
Ploština korisne površine grijanog dijela	1070,92	106,40
Proračunska korisna površina grijanog dijela	1070,92	106,40
Ukupna ploština pročelja – A _{uk} [m ²]	1384,86	143,00
Ukupna ploština prozora – A _{wuk} [m ²]	264,12	44,22

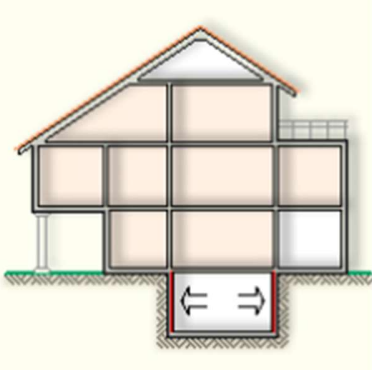
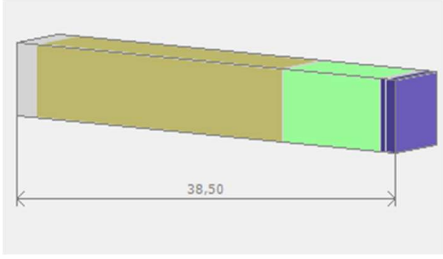
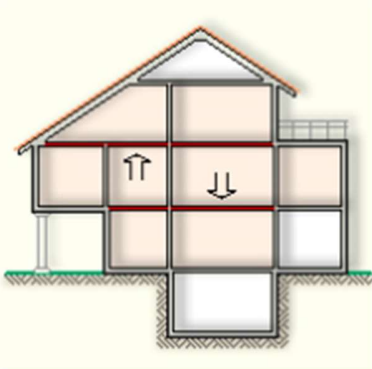
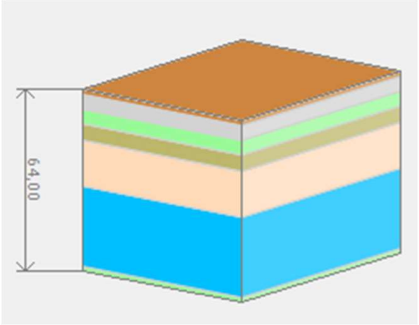
Tablica 5. Površine građevnih dijelova predmetne zgrade

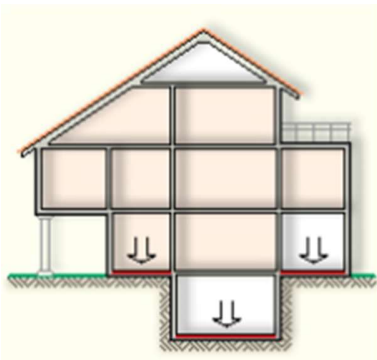
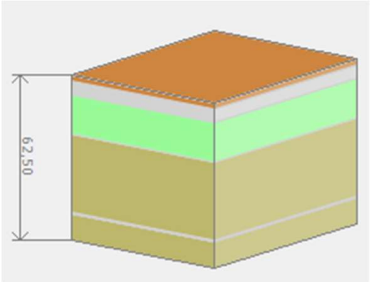
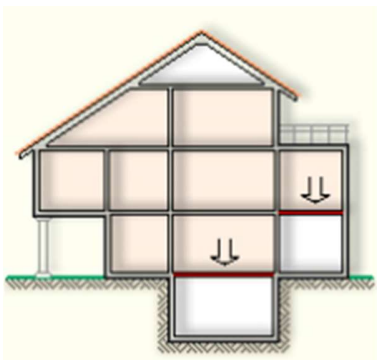
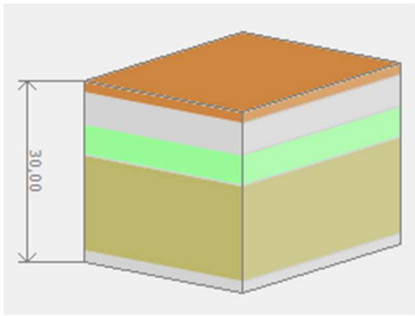
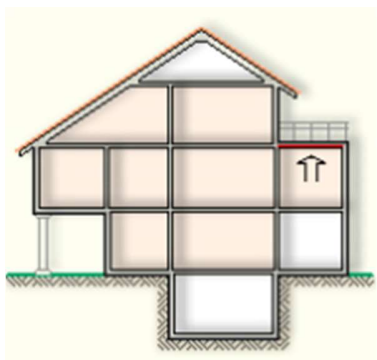
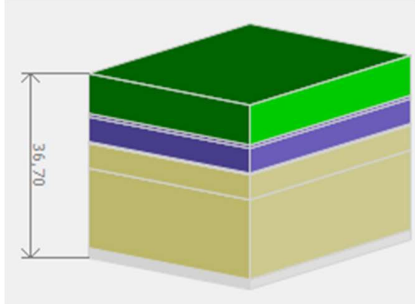
Naziv građ. dijela	Površina A [m ²]	
	Zona 1	Zona 2
VZ3 - vanjski zid	1156,59	98,78
UZ1 - zidovi prema negrijanim prostorijama	103,85	-
UZ2 - zidovi između grijanih dijelova različitih korisnika	22,62	22,62
Z2 - zidovi prema tlu]	174,23	-
P6 - stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika	120,68	120,68
P1 - podovi podruma	148,31	-
P4 - stropovi prema negrijanim prostorijama	99,35	-
P8 - ravni krovovi iznad grijanog prostora (neprohodni)	62,40	-
P9 - ravni krovovi iznad grijanog prostora (prohodni)	183,00	-
P7 - podovi na tlu	-	120,68

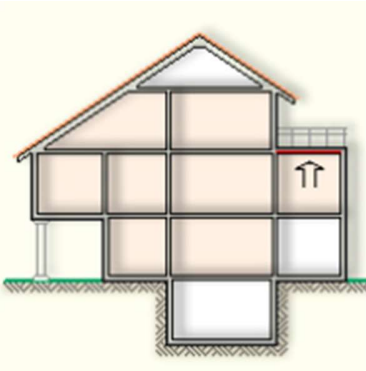
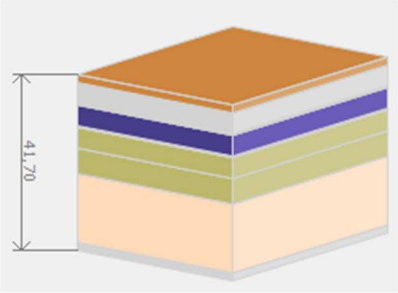
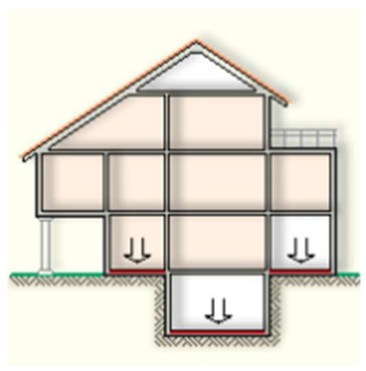
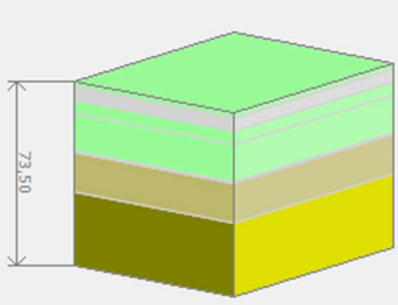
5.1. Proračun građevinskih dijelova zgrade

Tablica 6. Proračun građ. dijelova uz pomoć Ki Expert Plus računalnog programa

GRAD. DIO	SLOJ	d [cm]	VRSTA GRAĐEVINSKOG DIJELA	PRESJEK	U [W/m ² K]
VANJSKI ZIDOVI					
VZ3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			1,26
	1.09 Šuplji blokovi od gline	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	5,00			
ZIDOVI PREMA NEGRIJANIM PROSTORIJAMA					
UZ1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			2,52
	2.01 Armirani beton	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			
ZIDOVI IZMEĐU GRIJANIH DIJELOVA RAZLIČITIH KORISNIKA					
UZ2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			1,64
	1.01 Puna opeka od gline	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			
	7.01 Mineralna vuna (MW)	0			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0			

ZIDOVI PREMA TLU					
VZ2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,31
	2.01 Armirani beton	25,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10,00			
	Bitumenska ljepenka (traka)	0,50			
	Čepičasta traka (zaštita hidroizolacije)	1,00			
STROPOVI IZMEĐU GRIJANIH DIJELOVA RAZLIČITIH KORISNIKA					
P6	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,00			0,39
	3.19 Cementni estrih	5,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5,00			
	2.01 Armirani beton	6,00			
	1.09 Šuplji blokovi od gline	16,00			
	Neprovjetran sloj zraka	28,00			
	Knauf gips-kartonska ploča tip A	2,00			

PODOVI PODRUMA						
P1	4.03 Keramičke pločice	2,00			0,21	
	3.19 Cementni estrih	5,00				
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	15,00				
	2.01 Armirani beton	30,00				
	Bitumenska ljepenka (traka)	0,50				
	2.03 Beton	10,00				
STROPOVI PREMA NEGRIJANIM PROSTORIJAMA						
P4	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,00			0,51	
	3.19 Cementni estrih	5,00				
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5,00				
	2.01 Armirani beton	16,00				
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00				
RAVNI KROVOVI IZNAD GRIJANOG PROSTORA						
P8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,58	
	2.01 Armirani beton	16,00				
	2.07 Beton s laganim agregatom	5,00				
	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,20				
	Urbanscape GreenRoof kamena vuna	5,00				
	5.10 Polim. hidro.	0,15				

	traka na bazi FPO/TPO				
	Pijesak i šljunak	8,00			
P9	3.03 Vapneno- cementna žbuka	2,00			0,49
	1.09 Šuplji blokovi od gline	16,00			
	2.01 Armirani beton	6,00			
	2.07 Beton s laganim agregatom	5,00			
	HOMESEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,20			
	Urbanscape GreenRoof kamena vuna	5,00			
	5.10 Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,15			
	3.19 Cementni estrih	5,00			
	4.04 Kamene ploče	2,00			
PODOVI NA TLU					
P7	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,00			0,16
	3.19 Cementni estrih	5,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena(XPS)	15,00			
	Bitumenska ljepenka (traka)	0,50			
	2.01 Armirani beton	16,00			
	6.04 Pijesak, šljunak	30,00			

Tablica 7. Proračun otvora uz pomoć Ki Expert Plus računalnog programa

Naziv otvora	Uw [W/m ²]	Orijentacija	Aw [m]	n
ZONA 1				
180/60p	3,60	Sjevero-istok	1,08	1,00
230/130p	3,60	Sjevero-istok	2,99	1,00
170/130p	3,60	Jugo-zapad	2,21	1,00
140/60p	3,60	Jugo-zapad	0,84	1,00
Glavni ulaz 200/220p	3,50	Jugo-zapad	4,40	1,00
200/60p	3,60	Jugo-zapad	1,20	1,00
140/180stub	3,60	Sjevero-istok	2,52	6,00
	3,60	Jugo-zapad	2,52	5,00
80/60k	3,60	Sjevero-istok	0,48	8,00
120/60k	3,60	Sjevero-istok	0,72	8,00
Ulazna vrata 110/250k	3,60	Sjevero-istok	2,75	12,00
240/160k	3,60	Jugo-zapad	3,84	8,00
260/140k	3,60	Jugo-zapad	3,64	8,00
Balkonska vrata 110/205	3,60	Jug	3,64	8,00
160/190k	3,60	Sjevero-istok	3,04	4,00
80/150k	3,60	Sjevero-istok	1,20	4,00
160/120k	3,60	Zapad	1,92	1,00
	3,60	Jugo-istok	1,92	8,00
240/120k	3,60	Jugo-zapad	2,88	4,00
240/180k	3,60	Jugo-zapad	4,32	4,00
80/180k	3,60	Jugo-zapad	1,44	4,00
Balkonska vrata 170/230	5,20	Jugo-zapad	3,91	4,00
240/160 t	3,60	Jugo-zapad	3,84	2,00
ZONA 2				
Glavni ulaz 200/270	5,20	Sjevero-istok	5,40	1,00
230/220p	5,20	Sjevero-istok	5,06	3,00
300/220p	5,20	Jugo-istok	6,60	2,00
240/180p	5,20	Jugo-zapad	4,32	1,00
170/180p	5,20	Jugo-zapad	3,06	2,00

5.2. Rezultati proračuna predmetne zgrade u postojećem stanju

Tablica 8 Rezultati proračuna postojećeg stanja - Zona 1

Rezultati proračuna potrebne 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	$A = 1864,13 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 3142,50 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,59 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 1070,92 \text{ [m}^2\text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_{k'} = 1070,92 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 151052,34 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 141,05 \text{ (max = 56,46) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 13086,33 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 193146,86 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 180,36 \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 218287,62 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne	$E''_{prim} = 203,83 \text{ (max = 80,00)}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 1,32 \text{ (max = 0,55) [W/m}^2\text{ K]}$

Tablica 9 Rezultati proračuna postojećeg stanja - Zona 2

Rezultati proračuna potrebne 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	$A = 263,68 \text{ [m}^2\text{]}$
Obujam grijanog dijela zgrade	$V_e = 350,00 \text{ [m}^3\text{]}$
Faktor oblika zgrade	$f_o = 0,75 \text{ [m}^{-1}\text{]}$
Ploština korisne površine grijanog dijela	$A_k = 106,40 \text{ [m}^2\text{]}$
Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela	$A_{k'} = 106,40 \text{ [m}^2\text{]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje	$Q_{H,nd} = 14038,08 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene i nestambene zgrade)	$Q''_{H,nd} = 131,94 \text{ (max = 39,39) [kWh/m}^2\text{ a]}$
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici obujma grijanog dijela zgrade (za nestambene zgrade prosječne visine)	$Q'_{H,nd} = - \text{ (max = -) [kWh/m}^3\text{ a]}$
Godišnja potrebna energija za hlađenje	$Q_{C,nd} = 868,91 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna isporučena energija	$E_{del} = 16240,61 \text{ [kWh/a]}$
Godišnja isporučena energija po jedinici ploštine korisne	$E''_{del} = 152,64 \text{ [kWh/m}^2\text{ a]}$
Ukupna primarna energija	$E_{prim} = 18234,43 \text{ [kWh/a]}$
Ukupna primarna energija po jedinice ploštine korisne	$E''_{prim} = 171,38 \text{ (max = 35,00)}$
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade	$H'_{tr,adj} = 1,53 \text{ (max = 0,67) [W/m}^2\text{ K]}$

5.3. Energetski certifikat prije provedenih mjera energetske obnove

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)

Naziv zgrade _____

Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade _____

Varaždin

Ulica / kućni broj _____ Poštanski broj _____ Mjesto _____

PODACI O ZGRADI	<input checked="" type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija		
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)	Višestambene zgrade		
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom		
Vlasnik / investitor	k.č.br. _____ k.o. _____		
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k [m ²]	1177,32	Godina izgradnje / rekonstrukcije	2023
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²]	1220,57	Mjerodavna meteorološka postaja	Varaždin
Faktor oblika f_0 [m ⁻¹]	0,61	Referentna klima	Kontinentalna

ENERGETSKI RAZREDI 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)]
	D 132,21	C 197,42
Upisati „nZEB“ ako zgrada zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPUEZZ ¹	Ne	
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] ¹		
38,29		

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 $Q_{H,nd}$	155650,10	132,21	165090,40	140,23
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$	18427,81	15,65	13955,23	11,85
Godišnja potrebna energija za rasvjetu E_L	0,00	0,00	0,00	0,00
Godišnja isporučena energija E_{del}	203522,90	172,87	209387,47	332,99
Godišnja primarna energija E_{prim}	232421,60	197,42	236522,05	375,21

Slika 8. Energetski certifikat zgrade u postojećem stanju

Na slici 8. prikazan je energetski certifikat dobiven pomoću računalnog programa Ki Expert Plus na temelju podataka o postojećem stanju zgrade, prije provedenih mjera energetske obnove. Prema tome, zgrada je trenutno u energetskom razredu D prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj energiji za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/m²a] te u energetskom razredu C prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} [kWh/m²a].

6. Mjere energetske učinkovitosti

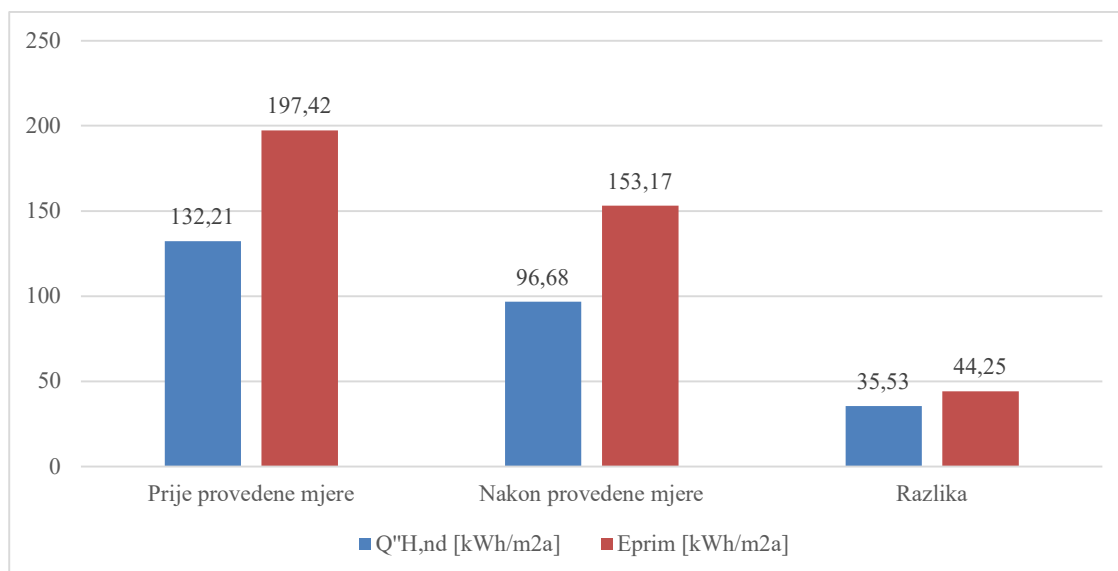
6.1. Zamjena postojeće drvene stolarije PVC stolarijom

Zamjenom postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom s trostrukim izolirajućim staklima, i Low-E obloge, znatno se unapređuju toplinska svojstva vanjske ovojnice zgrade. Ovom promjenom značajno se smanjuje potrošnja energije za grijanje. Predlaže se zamijeniti postojeće drvene stolarije i drvena ulazna vrata stambenih prostora bez ostakljenja, kojima je koeficijent prolaska topline U_w iznosio $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, novom PVC stolarijom sa trostrukim izolirajućim staklima i dvije Low-E obloge, čime se postiže ukupan koeficijent prolaska topline U_w od $1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$.

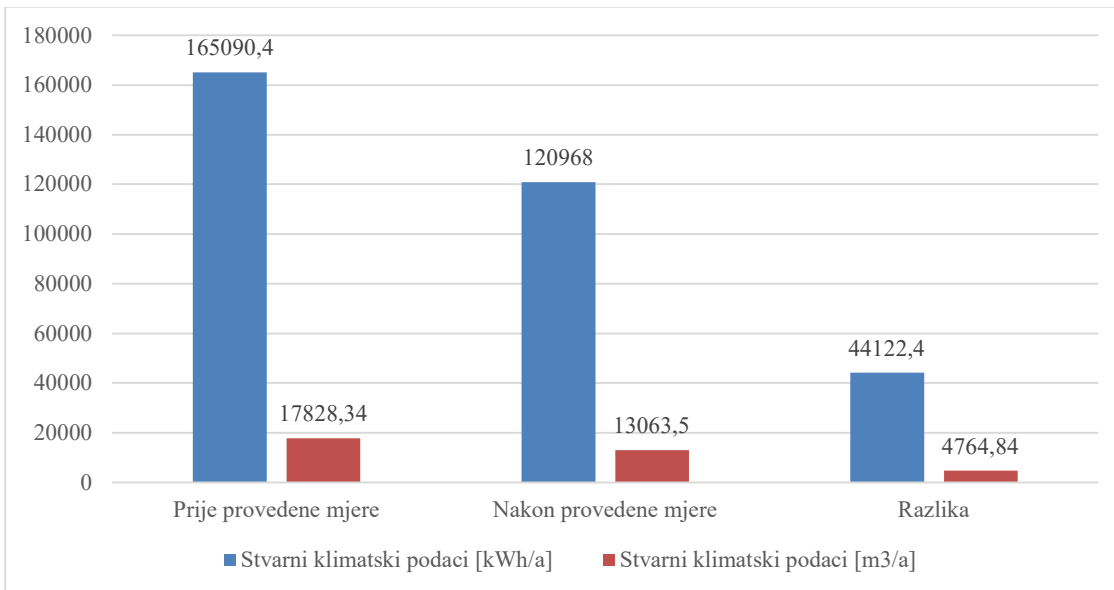
Nakon provedene mjere zamjene stolarije, postignuto je slijedeće:

- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q''_{H,nd}$ [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] sa $132,21 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ na $96,68 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, što je ušteda od $35,53 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, tj. 26,9%;
- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne primarne energije E_{prim} [$\text{kWh/m}^2\text{a}$] sa $197,42 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ na $153,17 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, što je ušteda od $44,25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$, tj. 22,42%.

Isto je prikazano i slikom 9.:



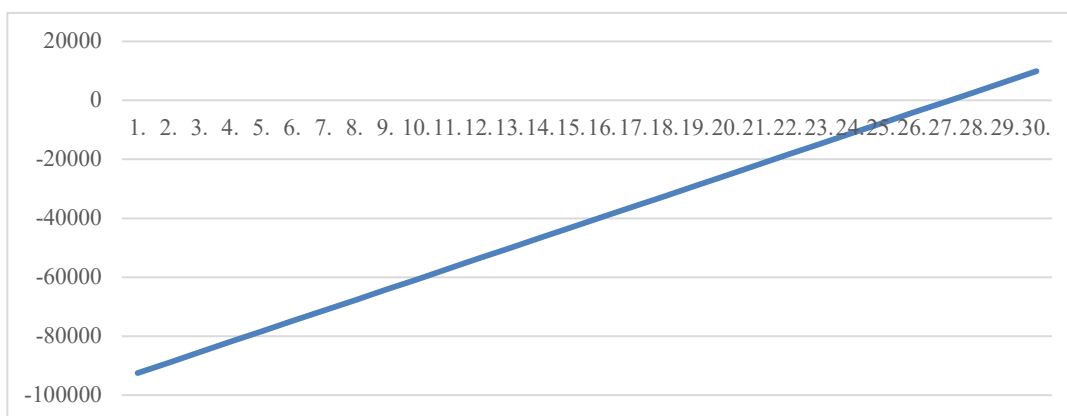
Slika 9. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 1. te ušteda



Slika 10. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 1. prema stvarnim klimatskim podacima

Kao što je vidljivo na slici 10., godišnja ušteda postignuta implementacijom ove mjere prema stvarnim klimatskim podacima iznosi $\Delta = 44122,40 \text{ kWh/a}$, tj. $4764,84 \text{ m}^3$ prirodnog plina. Uz jediničnu cijenu plina od $0,08 \text{ €/kWh}$, godišnja ušteda je tada **3529,80 €**.

S obzirom na ukupnu površinu otvora predmetne zgrade koja iznosi **308,34 m²**, te procijenjenu jediničnu cijenu m² nove PVC stolarije u iznosu od **300 €/m²**, iznos investicije se procjenjuje na **92500 €**. Iz slike 11. koja prikazuje plan povrata investicija, provođenje ove mjere isplatilo bi se nakon nešto više od 26 godina.



Slika 11. Plan povrata investicija za mjeru 1.

Osim energetske i financijske uštede, implementacija ove mjere ima pozitivan učinak i na očuvanje i zaštitu okoliša, usporedbom specifičnih godišnjih emisija CO₂ [kg/m²a] koje su vidljive na slikama 8. i 12., uočljivo je smanjenje od 8,86 kg/m²a, tj. emisije su smanjene za 23,07%.

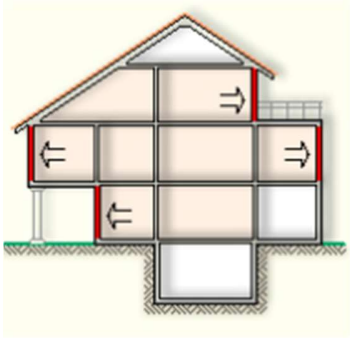
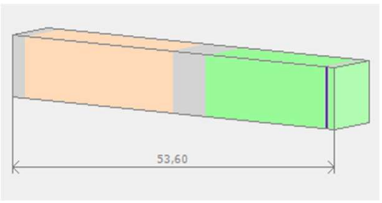
ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE				
prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)				
Naziv zgrade				
Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade				
Zagreb				
Ulica i kućni broj		Poštanski broj		
Mjesto				
PODACI O ZGRADI				
<input checked="" type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija				
Vrsta zgrade (prema Pravilniku) Višestambene zgrade				
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom				
Vlasnik / investitor				
k.č.br.		k.o.		
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A _k [m ²]		1177,32	Godina izgradnje / rekonstrukcije 2023	
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²]		1220,57	Mjerodavna meteorološka postaja Varaždin	
Faktor oblika f ₀ [m ⁻¹]		0,61	Referentna klima Kontinentalna	
ENERGETSKI RAZREDI 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)]	
		C 96,68	C 153,17	
Upisati „nZEB“ ako zgrada zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ ¹				
Pojedinačno zaštić. kulturno dobro/unutar zaštić. kult.-povijes. cjeline Ne				
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] ¹		29,54		
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}	113821,70	96,68	120968,00	102,75
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje Q _{C,nd}	17229,90	14,63	13438,20	11,41
Godišnja potrebna energija za rasvjetu E _L	0,00	0,00	0,00	0,00
Godišnja isporučena energija E _{del}	156522,90	132,95	160556,42	239,42
Godišnja primarna energija E _{prim}	180334,90	153,17	182783,71	272,82

Slika 12. Energetski certifikat zgrade nakon provedene mjere zamjene stolarije

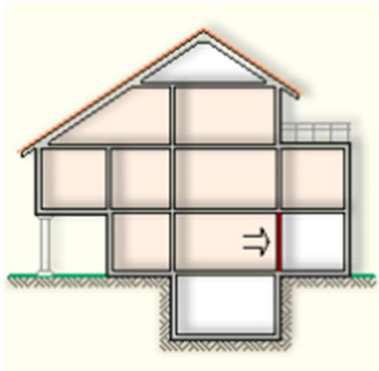
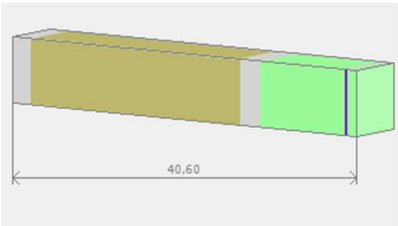
6.2. Povećanje toplinske izolacije vanjske ovojnice zgrade

U ovoj mjeri energetske učinkovitosti potrebno je ugraditi/povećati debljinu toplinske izolacije na pojedine građevne dijelove kako bi i individualno, i kumulativno ispunili zahtjeve iz propisa. Građevni elementi koji podliježu ovoj mjeri su vanjski zid - VZ3, zid prema stubištu koje je negrijano - UZ1, zid između dviju različitih zona - UZ2, pod prema podrumu - P4. U tablici 8. prikazane su promjene u slojevima tih elemenata.

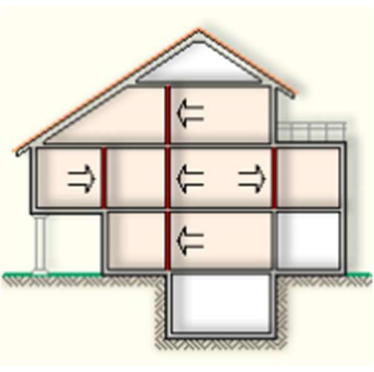
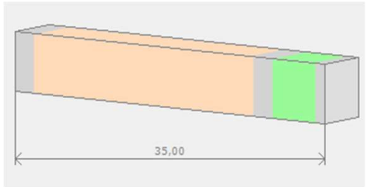
Tablica 8. Proračun građevnih elemenata sa poboljšanom toplinskom izolacijom

GRAĐ. DIO	SLOJ	d [cm]	VRSTA GRAĐEVINSKOG DIJELA	PRESJEK	U [W/m ² K]
VANJSKI ZIDOVI					
VZ3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,15
	1.09 Šuplji blokovi od gline	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	5,00			
	Polimerno-cementno ljepilo	0,10			
	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,00			
	Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,50			
	Silikonsko-silikatna završna žbuka	1,00			

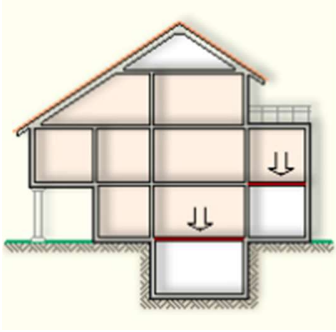
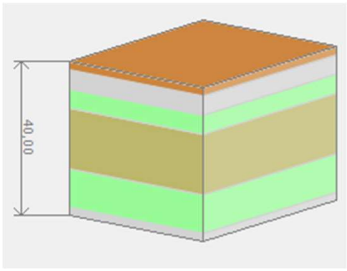
ZIDOVI PREMA NEGRIJANIM PROSTORIJAMA

UZ1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,31
	2.01 Armirani beton	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			
	Polimerno-cementno ljepilo	0,10			
	7.01 Mineralna vuna (MW)	10,00			
	Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom	0,50			
	Silikonsko-silikatna završna žbuka	1,00			

ZIDOVI IZMEĐU GRIJANIH DIJELOVA RAZLIČITIH KORISNIKA

UZ2	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,49
	1.01 Puna opeka od gline	25,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			
	7.01 Mineralna vuna (MW)	5,00			
	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,00			

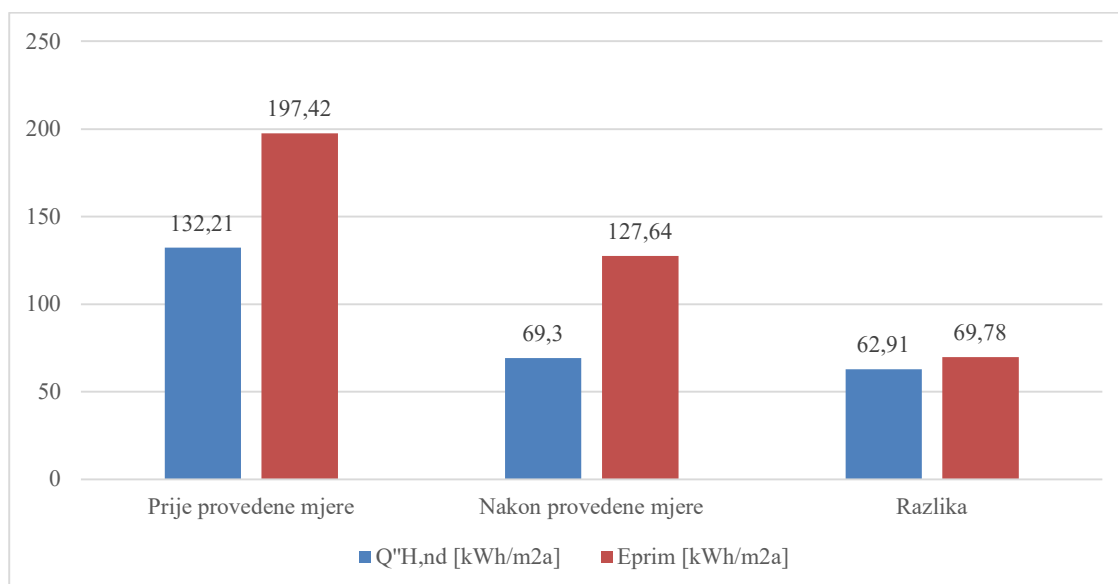
STROPOVI PREMA NEGRIJANIM PROSTORIJAMA

P4	4.05 Drvo - meko - crnogorica	2,00			0,20
	3.19 Cementni estrih	5,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	5,00			
	2.01 Armirani beton	16,00			
	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10,00			
	3.03 Vapneno-cementna	2,00			

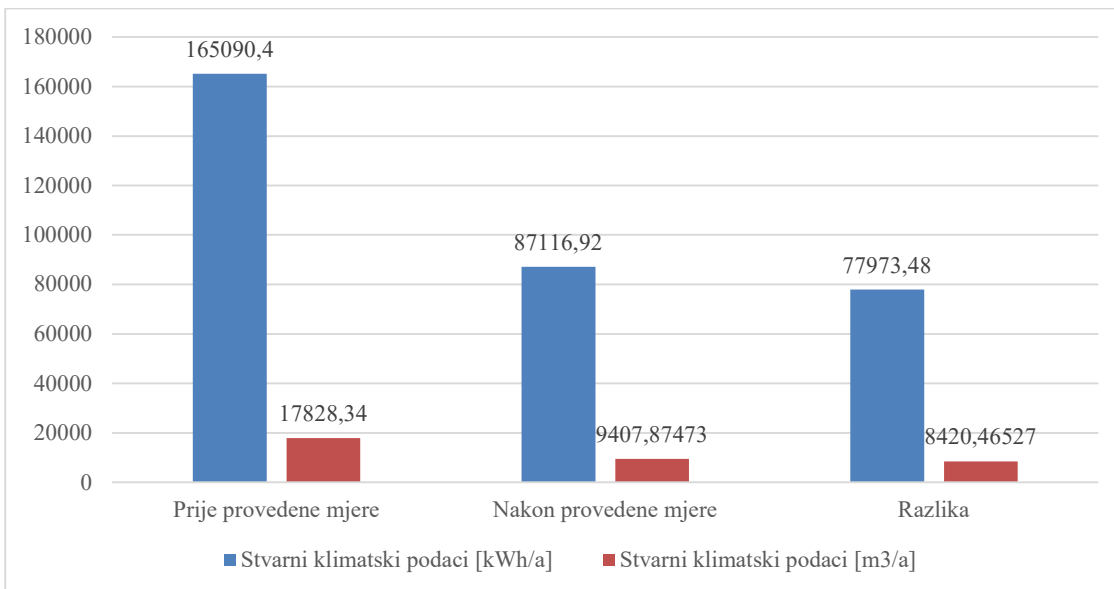
Ugradivši ova poboljšanja toplinske izolacije: 20 cm mineralne vune na VZ1, 10 cm na UZ1, 5 cm na UZ2 te 10 cm ekstrudirane polistir. pjene (XPS) na P4, postignuto je slijedeće:

- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a] sa 132,21 kWh/m²a na 69,30 kWh/m²a, što je ušteda od 62,91 kWh/m²a, tj. 47,58%;
- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne primarne energije E_{prim} [kWh/m²a] sa 197,42 kWh/m²a na 127,64 kWh/m²a, što je ušteda od 69,78 kWh/m²a, tj. 35,34%.

Isto je vidljivo na slici 13.



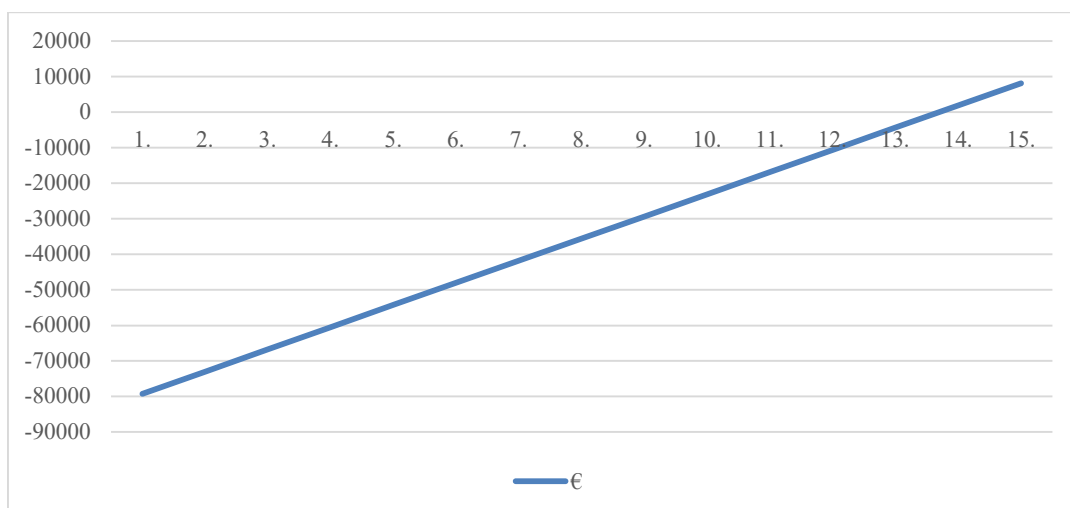
Slika 13. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 2. te ušteda



Slika 14. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 2. prema stvarnim klimatskim podacima

Kao što je vidljivo na slici 14., godišnja ušteda postignuta implementacijom ove mjere prema stvarnim klimatskim podacima iznosi $\Delta = 77973,48 \text{ kWh/a}$, tj. $8420,47 \text{ m}^3$ prirodnog plina. Uz jediničnu cijenu plina od $0,08 \text{ €/kWh}$, godišnja ušteda je tada **6238,40 €**.

Iznos investicije se procjenjuje na **79250 €**. Iz slike 15., koja prikazuje plan povrata investicija, provođenje ove mjere isplatilo bi se nakon 14 godina.



Slika 15. Plan povrata investicija za mjeru 2.

Osim energetske i financijske uštede, implementacija ove mjere ima pozitivan učinak i na očuvanje i zaštitu okoliša, usporedbom specifičnih godišnjih emisija CO₂ [kg/m²a] koje su vidljive na slikama 8. i 16., uočljivo je smanjenje od 14,26 kg/m²a, tj. emisije su smanjene za 37,24%.

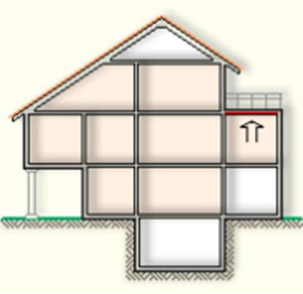
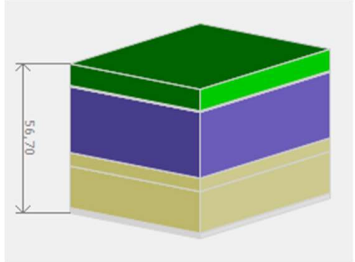
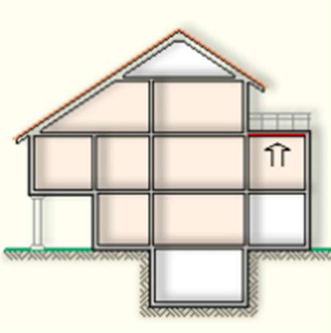
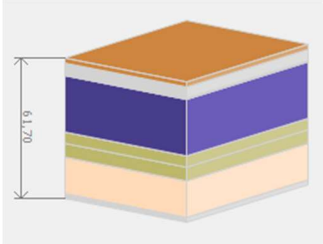
ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE		prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)	
Naziv zgrade			
Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade			
Ulica i kućni broj		Mjesto	
Poštanski broj		Varaždin	
PODACI O ZGRADI			
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)		<input checked="" type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija	
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava		Višestambene zgrade	
Vlasnik / investitor		Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom	
k.č.br.		k.o.	
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k [m ²]		Godina izgradnje / rekonstrukcije	2023
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²]		Mjerodavna meteorološka postaja	Varaždin
Faktor oblika f_0 [m ⁻¹]		Referentna klima	Kontinentalna
ENERGETSKI RAZREDI 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)]
		C 69,30	C 127,64
Upisati „nZEB“ ako zgrada zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ ¹		Ne	
Pojedinačno zaštić. kulturno dobro/unutar zaštić. kult.-povijes. cjeline		Ne	
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] ¹		24,03	
ENERGETSKE POTREBE		REFERENTNI KLIMATSKI PODACI ³	
		STVARNI KLIMATSKI PODACI ¹	
		Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$		81585,42	69,30
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$		22551,64	19,16
Godišnja potrebna energija za rasvjetu E_L		0,00	0,00
Godišnja isporučena energija E_{del}		126545,90	107,49
Godišnja primarna energija E_{prim}		150272,10	127,64
		Ukupno [kWh/a]	Specifično [kWh/(m ² a)]
		87116,92	74,00
		17871,88	15,18
		127923,13	230,36
		149351,34	264,46

Slika 16. Energetski certifikat nakon provedene mjere poboljšanja izolacije fasade

6.3. Energetska obnova ravnog krova

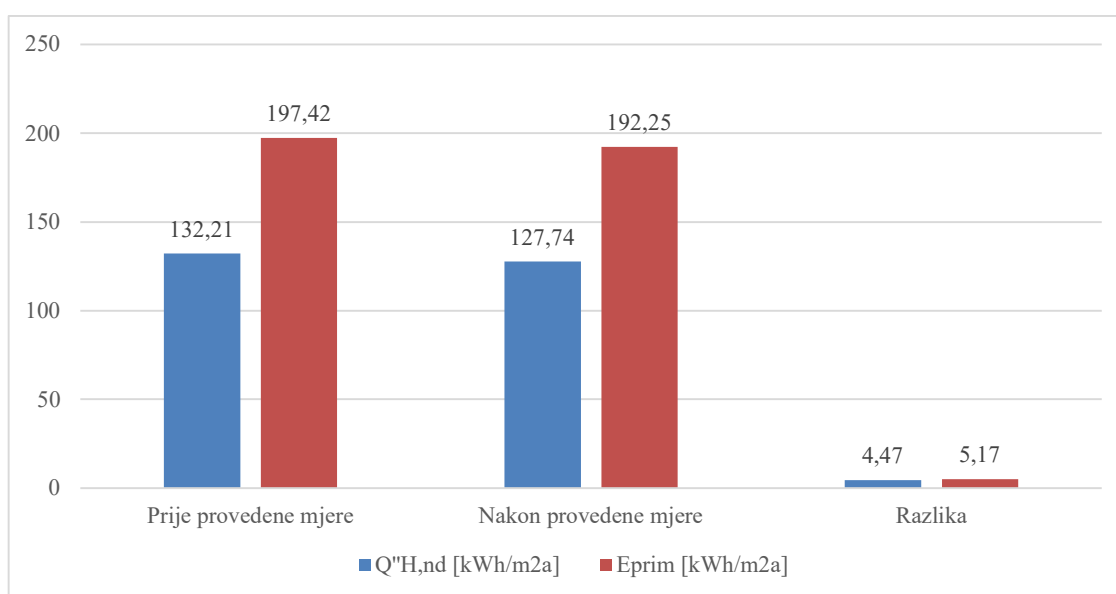
Implementacijom ove mjere nastoji se pokazati koliko je ključna dobra izolacija ravnog krova u pogledu energetske učinkovitosti te koliko je isplativo provesti istu. Na postojećem stanju predmetne građevine, ravni krov ima tek 5 cm kamene vune u ulozi toplinske izolacije; ovom mjerom ona se povećava za 20 cm, na ukupnih 25 cm što bi, što se tiče energetske učinkovitosti, trebalo značajno pridonijeti svojstvima objekta; promjene su prikazane u tablici 9.

Tablica 9. Proračun ravnih krovova sa poboljšanom toplinskom izolacijom

RAVNI KROVOVI IZNAD GRIJANOG PROSTORA					
P8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,13
	2.01 Armirani beton	16,00			
	2.07 Beton s laganim agregatom	5,00			
	HOMESSEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,20			
	Urbanscape GreenRoof kamena vuna	25,00			
	5.10 Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,15			
	Pijesak i šljunak	8,00			
P9	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00			0,13
	1.09 Šuplji blokovi od gline	16,00			
	2.01 Armirani beton	6,00			
	2.07 Beton s laganim agregatom	5,00			
	HOMESSEAL LDS 200 AluPlus parna brana za ravne krovove	0,20			
	Urbanscape GreenRoof kamena vuna	25,00			
	5.10 Polim. hidro. traka na bazi FPO/TPO	0,15			
	3.19 Cementni estrih	5,00			
	4.04 Kamene ploče	2,00			

Ugradivši ova poboljšanja toplinske izolacije - dodatnih 20 cm kamene vune na ravne krovove P8 i P9, postignuto je (i prikazano na slici 17.):

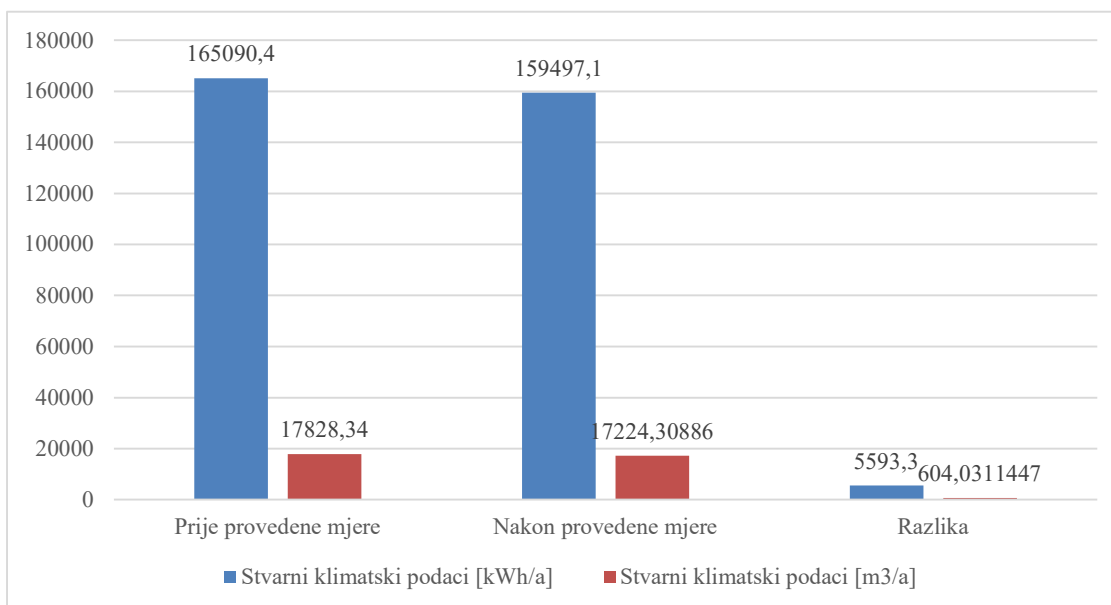
- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a] sa 132,21 kWh/m²a na 127,74 kWh/m²a, što je ušteda od 4,47 kWh/m²a, tj. 3,40%;
- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne primarne energije E_{prim} [kWh/m²a] sa 197,42 kWh/m²a na 192,25 kWh/m²a, što je ušteda od 5,17 kWh/m²a, tj. 2,62%.



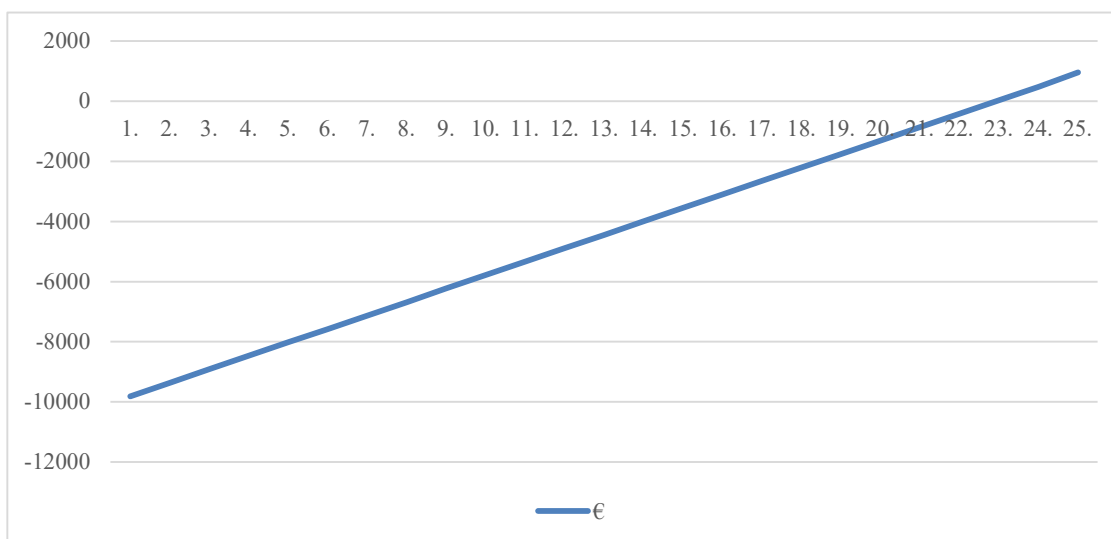
Slika 17. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 3. te ušteda

Kao što je vidljivo na slici 18., godišnja ušteda postignuta implementacijom ove mjere prema stvarnim klimatskim podacima iznosi $\Delta = 5593,30$ kWh/a, tj. 604,03 m³ prirodnog plina. Uz jediničnu cijenu plina od 0,08 €/kWh, godišnja ušteda je tada 447,47 €.

Iznos investicije se procjenjuje na 9815,00 €. Iz slike 19., koja prikazuje plan povrata investicija, provođenje ove mjere isplatilo bi se nakon 23 godine.



Slika 18. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 3. prema stvarnim klimatskim podacima



Slika 19. Plan povrata investicija za mjeru 3.

Osim energetske i financijske uštede, implementacija ove mjere ima pozitivan učinak i na očuvanje i zaštitu okoliša, usporedbom specifičnih godišnjih emisija CO₂ [kg/m²a] koje su vidljive na slikama 8. i 20., uočljivo je smanjenje od približno 1 kg/m²a, tj. emisije su smanjene za 2,50%.

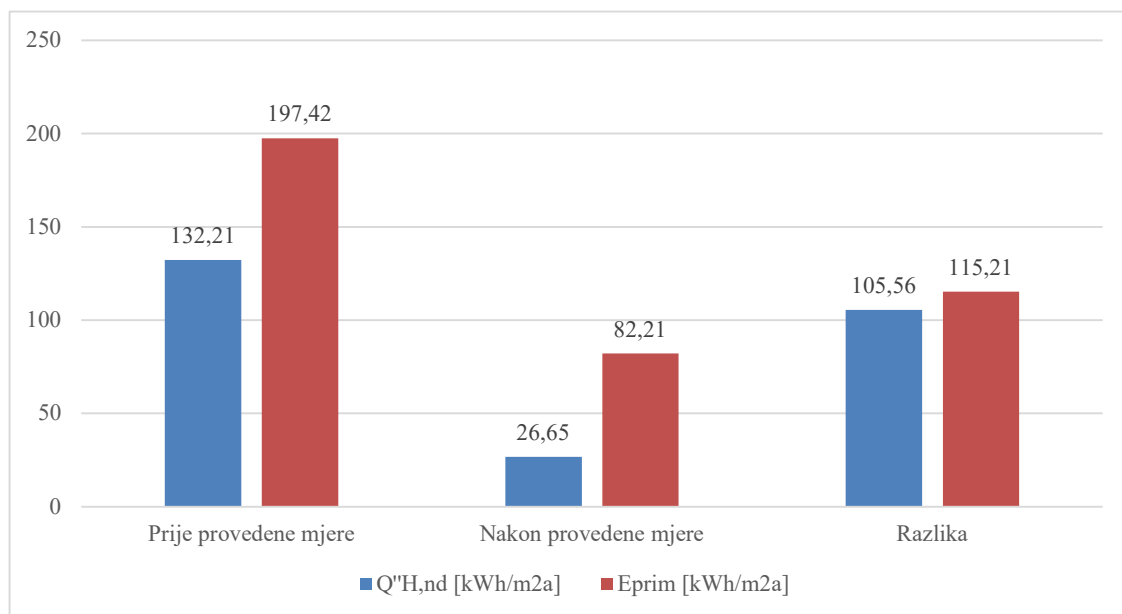
6.4. Kompletna energetska obnova

U ovom djelu sve prethodne mjere će se kumulativno zbrojiti i prikazati svojstva zgrade nakon kompletne energetske obnove; u što spada zamjena postojeće drvene stolarije novom PVC stolarijom, poboljšanje toplinske izolacije fasade, pojedinih unutarnjih zidova te ravnih krovova kao što je prikazano u poglavljima 6.1., 6.2. i 6.3.

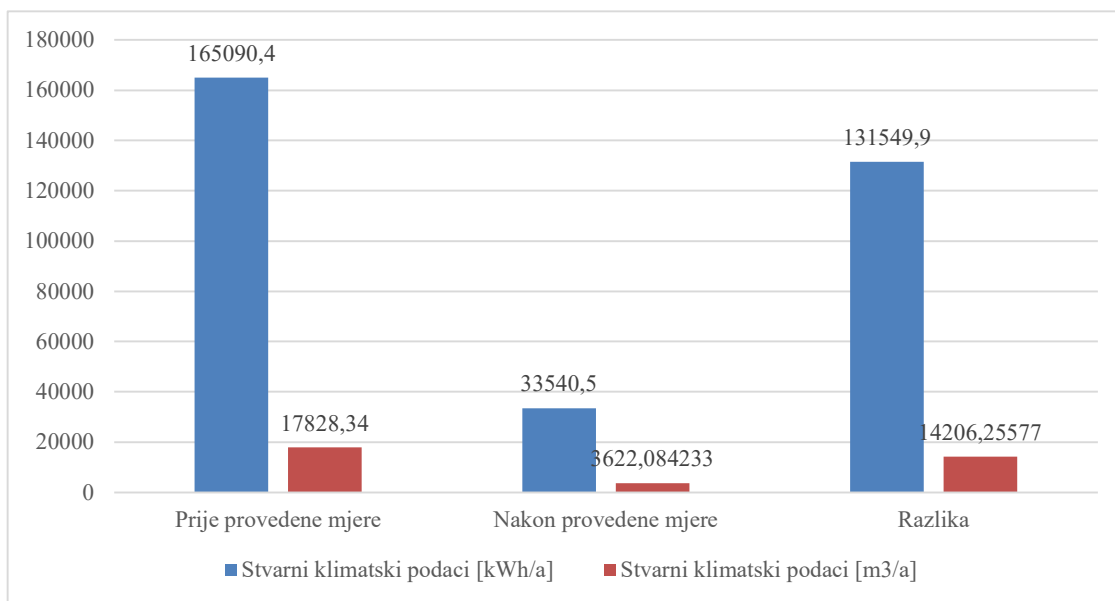
Implementacijom svih prethodno navedenih mjera na ovome primjeru postignuto je:

- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a] sa 132,21 kWh/m²a na 26,65 kWh/m²a, što je ušteda od 105,56 kWh/m²a, tj. 79,80%;
- Smanjena je potrošnja specifične godišnje potrebne primarne energije E_{prim} [kWh/m²a] sa 197,42 kWh/m²a na 82,21 kWh/m²a, što je ušteda od 115,21 kWh/m²a, tj. 58,36%.

Isto je i prikazano na slici 21.



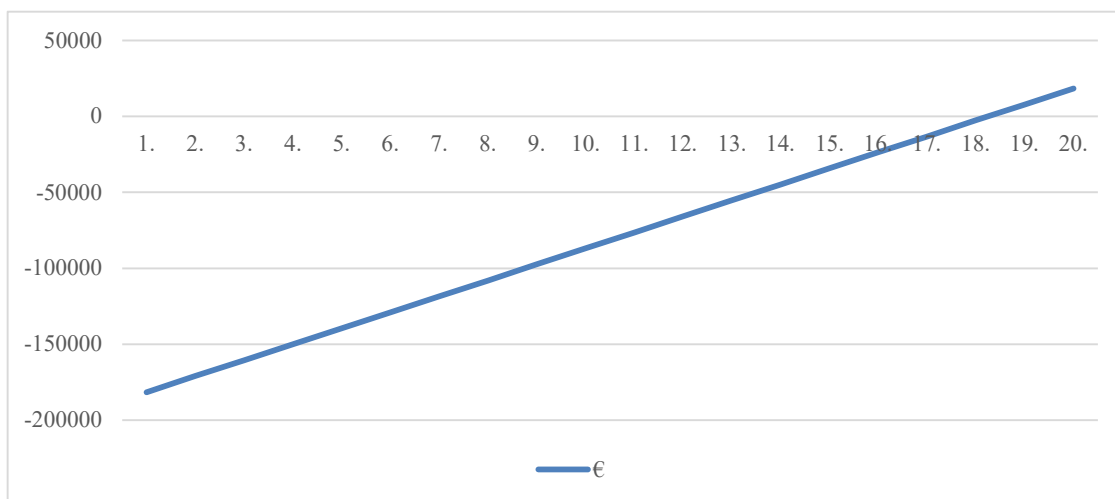
Slika 21. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene energetske obnove



Slika 22. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene energetske obnove prema stvarnim klimatskim podacima

Kao što je vidljivo na slici 22., godišnja ušteda postignuta energetsom obnovom prema stvarnim klimatskim podacima iznosi $\Delta = 131549,90 \text{ kWh/a}$, tj. $14206,26 \text{ m}^3$ prirodnog plina. Uz jediničnu cijenu plina od $0,08 \text{ €/kWh}$, godišnja ušteda je tada **10523,99 €**.

Iznos investicije energetske obnove se procjenjuje na **181565 €**. Iz slike 23., koja prikazuje plan povrata investicija, provođenje ove mjere isplatilo bi se nakon 19 godina.



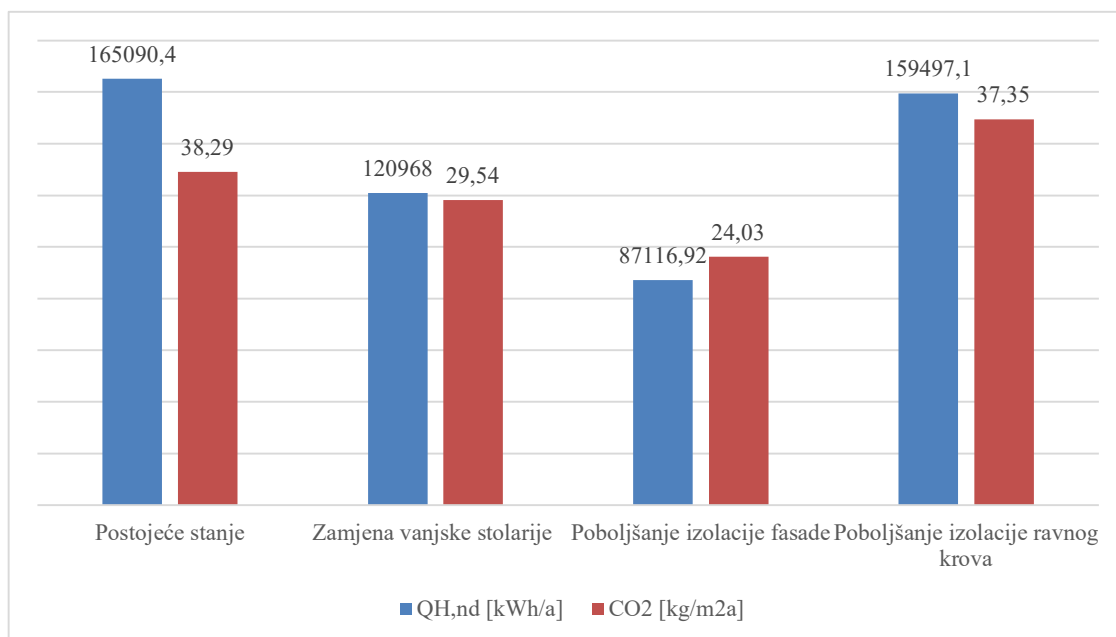
Slika 23. Plan povrata investicija za kompletnu energetska obnovu

Osim energetske i financijske uštede, implementacija energetske obnove ima pozitivan učinak i na očuvanje i zaštitu okoliša, usporedbom specifičnih godišnjih emisija CO₂ [kg/m²a] koje su vidljive na slikama 8. i 24., uočljivo je smanjenje od 23,79 kg/m²a, tj. emisije su smanjene za 62,13%.

ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE		prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21)		
Primjer višestambene zgrade				
<small>Naziv zgrade</small>				
<small>Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade</small>				
Ulica baruna Trenka 55a	42000	Varaždin		
<small>Ulica i kućni broj</small>	<small>Poštanski broj</small>	<small>Mjesto</small>		
PODACI O ZGRADI	<input type="checkbox"/> nova <input type="checkbox"/> postojeća <input checked="" type="checkbox"/> rekonstrukcija			
Vrsta zgrade (prema Pravilniku)	Višestambene zgrade			
Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava	Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom			
Vlasnik / investitor				
k.č.br.		k.o.		
Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_K [m ²]	1177,32	Godina izgradnje / rekonstrukcije	2023	
Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²]	1220,57	Mjerodavna meteorološka postaja	Varaždin	
Faktor oblika f_0 [m ⁻¹]	0,61	Referentna klima	Kontinentalna	
ENERGETSKI RAZREDI 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)]		
	B 26,65	A 82,21		
Upisati „nZEB“ ako zgrada zadovoljava zahtjeve za zgrade gotovo nulte energije propisane važećim TPRUETZZ ¹				
Pojedinačno zaštić. kulturno dobro/unutar zaštić. kult.-povijes. cjeline	Ne			
Specifična godišnja emisija CO ₂ [kg/(m ² a)] ¹	14,50			
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 $Q_{H,nd}$	31380,80	26,65	33540,50	28,49
Godišnja potrebna toplinska energija za hlađenje $Q_{C,nd}$	26713,76	22,69	22686,55	19,27
Godišnja potrebna energija za rasvjetu E_L	0,00	0,00	0,00	0,00
Godišnja isporučena energija E_{del}	75733,95	64,33	74071,62	120,82
Godišnja primarna energija E_{prim}	96793,13	82,21	92882,74	147,96

Slika 24. Energetski certifikat zgrade nakon provedene energetske obnove

6.5. Usporedba učinaka svih pojedinačnih mjera



Slika 25. Usporedba potrebne energije za grijanje i emisija CO₂ svih predloženih mjera

Na slici 25. prikazana je usporedba potrebne energije za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a] te emisija ugljikovog dioksida [kg/m²a] svake predložene mjere energetske obnove u odnosu na postojeće stanje.

7. Zaključak

Postojeće zgrade imaju značajan potencijal za ostvarivanje energetske uštede, posebno zbog visokog udjela zgrada s nedovoljnom toplinskom izolacijom. Visoka potrošnja energije za grijanje, hlađenje, pripremu tople vode i rasvjetu predstavljaju dobro poznate izazove u mnogim stambenim i komercijalnim zgradama.

U ovom primjeru predložene su tri mjere za postizanje boljih svojstava energetske učinkovitosti. Prva od njih je zamjena postojeće i zastarjele drvene stolarije novom PVC stolarijom, sa troslojnim IZO staklom i dvije Low-e obloge čime se koeficijent prolaska topline individualnog otvora U_w smanjuje sa 3,60 W/m²K na 1,00 W/m²K. Provedbom ove mjere $Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a] smanjena je za 26,90%, a emisije CO₂ za 23,07%. U konačnici implementacija ovoga isplatila bi se nakon 26 godina, no potrebno je i uzeti u obzir i ostale dobrobiti koja ona donosi, osim bolje toplinske zaštite i pozitivnog učinka na okoliš, a to je bolja zvučna izolacija koja čini boravak unutar predmetne građevine ugodnijim.

Druga mjera energetske učinkovitosti jest poboljšanje toplinske izolacije fasade (vanjskih zidovi), pojedinih unutarnjih zidova prema negrijanim prostorijama te zidova između različitih zona. Smanjenjem faktora prolaska topline ovih elemenata sa 1,26 - 2,52 W/m²K na 0,15 - 0,49 W/m²K, $Q''_{H,nd}$ [kWh/m²a] bi se smanjio za 47,58%, a emisije CO₂ za 37,24%. Ovime bi se povećala kvaliteta stanovanja, smanjili troškovi grijanja zimi i hlađenja ljeti te ostvario manji negativan učinak na okoliš, a investicija bi se vratila nakon 14 godina.

Treća, ujedno i posljednja predložena mjera je povećanje toplinske zaštite ravnih krovova na građevina. Učinak ovog bi bio sličan onom iz druge mjere, koeficijent prolaska topline elemenata smanjio bi se sa 0,49 - 0,58 W/m²K na 0,13 W/m²K; $Q''_{H,nd}$ bi se smanjio za 3,40%, a emisije CO₂ za 2,50%. Primjetno je kako ova mjera ima najmanje učinka od triju predloženih - to je zbog relativno male površine krova u odnosu na cijelu toplinsku ovojnici predmetne građevine; da se radi o nižem objektu s manjom katnosti, učinak bi bio daleko veći. Ipak, investicija bi se isplatila 23 godine i donijela bolja energetska svojstva građevine i manje emisije stakleničkih plinova.

Ako bi se ova građevina kompletno energetske obnovila, tj. ako bi se sprovele sve tri predložene mjere, početna investicija vratila bi se za 19 godina; a sama građevina bi spala u B kategoriju prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje $Q''_{H,nd}$, te u A kategoriju prema specifičnoj godišnjoj primarnoj energiji E_{prim} , u odnosu na početnu D, tj. C kategoriju.

8. Literatura

- [1] Mirna Brgles Milosev: Energetska obnova višestambenih zgrada, Pula, 2017.
- [2] „Program energetske obnove višestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2020. godine“, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja, svibanj 2014., str.7.
- [3] 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.
- [4] Pavičić-Kaselj A., Pašićko R.: „Energija nadohvat ruke“, Heinrich Böll Stiftung- Ured za Hrvatsku, Zagreb, 2014., str.54.
- [5] Pavičić-Kaselj A., Pašićko R.: „Energija nadohvat ruke“, Heinrich Böll Stiftung- Ured za Hrvatsku, Zagreb, 2014., str.17.
- [6] Zvonimir Puljić: Detaljna energetska analiza višestambene zgrade, Osijek, 2019.
- [7] Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH, 12. 9. 2023.
- [8] Zakon o energetske učinkovitosti, Narodne novine, Zagreb, 2014.
- [9]<https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetsko-certificirane-zgrada.pdf>, 12. 9. 2023.
- [10] Marko Martinjak: Uporaba materijala za zvučnu i toplinsku izolaciju zgrada, Varaždin, 2016.
- [11]<https://www.enu.hr/wp-content/uploads/2016/03/Priru%C4%8Dnik-za-energetske-savjetnike.pdf>, 12. 9. 2023.
- [12] Valentina Herega: Energetska učinkovitost zgrada, Varaždin, 2016.
- [13] Pavković D. i dr.: „Priručnik za energetske certificiranje zgrada“ DIO 2, Tiskara Zelina, 2012.g., str.44

Popis slika

Slika 1. Prva stranica energetskega certifikata

Izvor: Pravilnik o energetskega pregledu zgrade i energetskega certificiranju, NN 88/17

Slika 2. Presjek PVC prozora s troslojnim izo staklom

Izvor: <https://pohizek-stolarija.hr/staklo/>, 12. 9. 2023.

Slika 3. Shematski prikaz djelovanja Low-e stakla

Izvor: <https://zrcalo.hr/staklo-ponuda/low-e-energy-staklo/>, 12. 9. 2023.

Slika 4. Tlocrt karakteristične etaže

Izvor: vlastiti rad

Slika 5. Tlocrt prizemlja

Izvor: vlastiti rad

Slika 6. Presjek A-A

Izvor: vlastiti rad

Slika 7. Presjek B-B

Izvor: vlastiti rad

Slika 8. Energetski certifikat zgrade u postojećem stanju

Izvor: vlastiti rad

Slika 9. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 1. te ušteda

Izvor: vlastiti rad

Slika 10. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 1. prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: vlastiti rad

Slika 11. Plan povrata investicija za mjeru 1.

Izvor: vlastiti rad

Slika 12. Energetski certifikat zgrade nakon provedene mjere zamjene stolarije

Izvor: vlastiti rad

Slika 13. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 2. te ušteda

Izvor: vlastiti rad

Slika 14. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 2. prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: vlastiti rad

Slika 15. Plan povrata investicija za mjeru 2.

Izvor: vlastiti rad

Slika 16. Energetski certifikat nakon provedene mjere poboljšanja izolacije fasade

Izvor: vlastiti rad

Slika 17. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene mjere 3. te ušteda

Izvor: vlastiti rad

Slika 18. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene mjere 3. prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: vlastiti rad

Slika 19. Plan povrata investicija za mjeru 3.

Izvor: vlastiti rad

Slika 20. Energetski certifikat nakon provedene mjere poboljšanja toplinske izolacije ravnog krova

Izvor: vlastiti rad

Slika 21. Usporedba potrebne energije prije i poslije provedene energetske obnove

Izvor: vlastiti rad

Slika 22. Usporedba potrebne energije te ušteda nakon provedene energetske obnove prema stvarnim klimatskim podacima

Izvor: vlastiti rad

Slika 23. Plan povrata investicija za kompletnu energetska obnovu

Izvor: vlastiti rad

Slika 24. Energetski certifikat zgrade nakon provedene energetske obnove

Izvor: vlastiti rad

Slika 25. Usporedba potrebne energije za grijanje i emisija CO₂ svih predloženih mjera

Izvor: vlastiti rad

Popis tablica

Tablica 1. Norme iz područja energetske učinkovitosti

Izvor: Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH

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

Izvor: Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH

Tablica 3. Granice energetskih razreda od A+ do G prema E_{prim} za zgrade različite namjene

Izvor: Službena stranica Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja RH

Tablica 4. Geometrijske karakteristike zgrade

Izvor: vlastiti rad

Tablica 5. Površine građevnih dijelova predmetne zgrade

Izvor: vlastiti rad

Tablica 6. Proračun građ. dijelova uz pomoć Ki Expert Plus računalnog programa

Izvor: vlastiti rad

Tablica 7. Proračun otvora uz pomoć Ki Expert Plus računalnog programa

Izvor: vlastiti rad

Tablica 8. Proračun građevnih elemenata sa poboljšanom toplinskom izolacijom

Izvor: vlastiti rad

Tablica 9. Proračun ravnih krovova sa poboljšanom toplinskom izolacijom

Izvor: vlastiti rad

Sveučilište
Sjever



SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU

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, KARLO HANJŠ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom UČINCI IMPLEMENTACIJE MJERA PODOBNOŠANJA ENERGETSKIH SVOJSTAVA NA PRIMJERU VIŠESTAMBEVE 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)

Hanjš Karlo
(vlastoručni potpis)

Sukladno čl. 83. 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.

Sukladno čl. 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 znanstvena i umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.