

Energetska obnova obiteljske kuće

Filipović, Matija

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:928876>

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

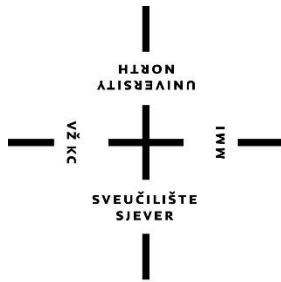
Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





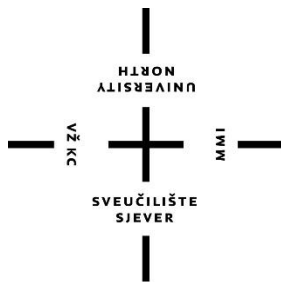
Sveučilište Sjever

Završni rad br. 480/GR/2024

Energetska obnova obiteljske kuće

Matija Filipović, 0336040465

Varaždin, rujan 2024. godine



Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 480/GR/2024

Energetska obnova obiteljske kuće

Student

Matija Filipović, 0336040465

Mentor

doc.dr.sc. Željko Kos

Varaždin, rujan 2024. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------|----------------|
| ODJEL | Odjel za graditeljstvo | | |
| STUDIJ | preddiplomski stručni studij Graditeljstvo | | |
| PRISTUPNIK | Matija Filipovi | MATIČNI BROJ | 0336040465 |
| DATUM | 09.09.2024. | KOLEGIJ | Zgradarstvo II |
| NASLOV RADA | Energetska obnova obiteljske kuće | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Energy renovation of a family house | | |
| 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. Dalibor Kramarić, predava | | |
| | 5. _____ | | |

Zadatak završnog rada

| | |
|------|---|
| BROJ | 485/GR/2024 |
| OPIS | <p>Pristupnik u radu treba prikazati i opisati energetska obnova obiteljske kuće s ciljem smanjenja potrebne energije za grijanje i hlađenje, prikazati uinkovitost i smanjenje emisije CO2 štetne za okoliš. U radu mora prikazati postojeće i novo stanje obiteljske kuće s prikazanim razlikama i mjerama. Rad, također, mora sadržavati: općenito o energetskom certifikatu, energetski pregled zgrade, toplinska svojstva građevinskih dijelova, opisati potrebnu energiju zgrade, energetska iskaznica obiteljske kuće, slojeve građevinskih dijelova, provedene mjere poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće, okarakterizirati toplinska izolacijska materijala, prikazati rezultate proračuna i isplativost.</p> |

ZADATAK URUČEN 16.04.2024



Predgovor

Želim se posebno zahvaliti svom mentoru doc. dr. sc. Željku Kosu na stručnoj pomoći, podršci i strpljenju bez kojeg ovaj rad ne bih mogao dovršiti. Također se zahvaljujem mojoj obitelji na razumijevanju i potpori kroz cijeli proces. Na kraju, zahvaljujem se i svojim prijateljima na ohrabrenju i podršci koju su mi pružili.

Sažetak

Ovim radom je prikazano poboljšanje energetske svojstva obiteljske kuće i energetske certifikat. Detaljno su prikazani građevni dijelovi i njihovi slojevi te su opisana njihova toplinska svojstva. Analiziran je postojeći objekt koji se sastoji od prizemlja, podruma i potkrovlja. Energetska svojstva su poboljšana mjerama poboljšanja toplinske ovojnice sa implementacijom mjera energetske učinkovitosti kvalitetnim toplinsko-izolacijskim materijalima i novom PVC stolarijom. Korišten je računalni program KI Expert Plus. Na kraju je prikazano novo stanje, poboljšanje energetskog razreda i smanjenje godišnje potrebne toplinske energije za grijanje čime su se smanjili troškovi i poboljšala energetska učinkovitost i zdrav život u objektu.

Ključne riječi: energetske certifikat, građevni dijelovi, toplinska svojstva, toplinska ovojnica, energetske razred, toplinska izolacija, PVC stolarija, $Q_{H,nd}$

Abstract

This work shows the improvement of the energy properties of the family house and the energy certificate. The building parts and their layers are shown in detail and their thermal properties are described. The existing building consisting of the ground floor, basement, and attic was analyzed. The energy properties have been improved by measures to improve the thermal envelope with the implementation of energy efficiency measures with high-quality heat-insulating materials and new PVC carpentry. The computer program KI Expert Plus was used. In the end, the new condition was presented, the improvement of the energy class and the reduction of the annual required thermal energy for heating, which reduced costs and improved energy efficiency and healthy life in the building.

Keywords: energy certificate, building parts, thermal properties, thermal envelope, energy class, thermal insulation, PVC joinery, $Q_{H,nd}$

Popis korištenih kratica i simbola

| | |
|-------------------|--|
| PVC | Polivinilov klorid, plastomerni materijal |
| PTV | Priprema tople vode |
| λ | Projektna vrijednost toplinske vodljivosti |
| ϕ | Izmjereni toplinski tok kroz ispitani materijal |
| d | Debljina sloja građevnog materijala ispitanog uzorka |
| A | Ploština površine ispitanog uzorka kroz koju prolazi toplinski tok |
| $\Delta\theta$ | Konstantna razlika temperatura između obje površine ispitanog uzorka |
| AB | Armirani beton |
| MW | Mineralna vuna |
| EPS | Ekspandirani polistiren |
| XPS | Ekstrudirani polistiren |
| R | Toplinski otpor |
| R_u | Ukupni otpor građevnog dijela |
| U | Koeficijent prolaska topline |
| ψ | Linijski koeficijent prolaska topline |
| χ | Točkasti koeficijent prolaska topline |
| s_d | Debljina sloja zraka ekvivalentna difuziji vodene pare |
| μ | Faktor otpora difuzije vodene pare |
| φ | Relativna vlažnost zraka |
| v | Apsolutna vlažnost zraka |
| v_{sat} | Maksimalna moguća količina vodene pare |
| $\varphi_{si,cr}$ | Kritična vlažnost zraka građevnih dijelova zgrade |
| a | Toplinska difuzivnost |
| ρ | Gustoća materijala |
| C | Specifični toplinski kapacitet materijala |
| b | Toplinska prodornost |
| $Q_{H,nd}$ | Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za specifični objekt |
| Q_{Tr} | Izmjena toplinske energije transmisijom za proračunsku zonu |
| Q_{Ve} | Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu |

| | |
|---------------------|---|
| $\eta_{H,gn}$ | Faktor iskorištenja toplinskih dobitaka |
| Q_{int} | Unutarnji toplinski dobitci |
| Q_{sol} | Toplinski dobitci od Sunčeva zračenja |
| H_{Tr} | Koeficijent transmisivskih gubitaka toplinske energije za proračunsku zonu |
| H_{Ve} | Koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone |
| $\vartheta_{int,H}$ | Unutarnja postavljena temperatura grijane zone |
| ϑ_e | Srednja vanjska temperatura za proračunski period |
| t | Trajanje proračunskog razdoblja |
| H_D | Koeficijent transmisivske izmjene topline prema vanjskom okolišu |
| H_U | Koeficijent transmisivske izmjene topline kroz negrijani prostor |
| H_A | Koeficijent transmisivske izmjene topline prema susjednoj zgradi |
| $H_{g,m}$ | Koeficijent transmisivske izmjene topline prema tlu |
| $Q_{Ve,inf}$ | Potrebna toplinska energija za vrijeme infiltracije vanjskog zraka |
| $Q_{Ve,win}$ | Potrebna toplinska energija za vrijeme prozračivanja prirodnom ventilacijom |
| $Q_{H,Ve,mech}$ | Potrebna toplinska energija kod GviK sustava zagrijavanja zraka |
| $Q_{C,Ve,mech}$ | Potrebna toplinska energija kod GviK sustava kod hlađenja zraka |
| $Q_{C,gn}$ | Ukupni toplinski dobitci |
| $\vartheta_{int,C}$ | Unutarnja postavljena temperatura hlađene zone |
| V_e | Bruto obujam grijanog dijela zgrade |
| V | Neto obujam grijanog zraka |
| A_k | Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade |
| A'_k | Proračunska ploština korisne površine grijanog dijela zgrade |
| A_f | Bruto površina kondicionirane zone računata s vanjskim dimenzijama |
| P1 | Pod u podrumu |
| P2 | Pod iznad podruma-parket |
| P2a | Pod iznad podruma-parket |
| P2b | Pod iznad podruma-keramika |
| P3 | Pod iznad vanjskog zraka |
| P4 | Međukatna konstrukcija |
| P4a | Međukatna konstrukcija |

| | |
|-------------|--|
| K1 | Kosi krov |
| K1a | Kosi krov |
| Z1 | Zid prema tlu |
| Z2 | Vanjski zid sokl |
| Z3 | Vanjski zid |
| Z4 | Zid prema negrijanoj prostoriji |
| Z5 | Zid između negrijanog i vanjskog prostora |
| U_w | Koeficijent prolaska topline |
| U_g | Koeficijent prolaska topline ostakljenja |
| ψ_g | Linijski koeficijent prolaska topline |
| A_g | Površina ostakljenja |
| A_f | Površina okvira |
| l_g | Duljina spoja elementa ostakljenja s okvirom |
| $^{\circ}C$ | Celzijev stupanj |

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Energetski certifikat, općenito | 2 |
| 2.1. Energetski pregled zgrade | 3 |
| 2.1.1. Pregled postojećeg stanja zgrade | 4 |
| 2.1.2. Pregled novog stanja zgrade | 5 |
| 2.2. Kuća nulte energije | 5 |
| 3. Toplinska svojstva građevnih dijelova zgrade | 6 |
| 3.1. Projektna vrijednost toplinske provodljivosti | 6 |
| 3.2. Toplinski otpor | 7 |
| 3.2.1. Koeficijent prolaska topline | 8 |
| 3.3. Toplinski mostovi | 8 |
| 3.4. Difuzija vodene pare | 11 |
| 3.4.1. Godišnja bilanca vlage..... | 12 |
| 3.4.1.1. Relativna vlažnost zraka ϕ | 12 |
| 3.4.1.2. Općenito, odnos relativne vlažnosti zraka sa temperaturom zraka..... | 13 |
| 3.4.2. Kritična vlažnost zraka građevnih dijelova zgrade ϕ_{si} , cr | 13 |
| 3.5. Dinamičke toplinske karakteristike | 14 |
| 3.5.1. Toplinska difuzivnost a..... | 14 |
| 3.5.2. Toplinska prodornost b | 14 |
| 3.5.3. Odnos između toplinske difuzivnosti i toplinske prodornosti | 15 |
| 4. Potrebna energija zgrade | 16 |
| 4.1. Zone zgrade | 16 |
| 4.2. Bilanca energije | 17 |
| 4.2.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje..... | 17 |
| 4.2.1.1. Izmjena toplinske energije transmisijom HTr | 18 |
| 4.2.1.2. Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju zgrade..... | 19 |
| 4.2.1.3. Ukupni toplinski dobici..... | 19 |
| 4.2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje..... | 20 |
| 4.2.2.1. Ukupni toplinski dobici..... | 21 |
| 4.2.2.2. Izmjena toplinske energije | 21 |
| 5. Energetska iskaznica obiteljske kuće | 22 |
| 5.1. Osnovni podaci o projektu | 22 |
| 5.1.1. Geometrija zgrade | 26 |
| 5.2. Klimatski podaci | 27 |
| 6. Građevni dijelovi i njihova toplinska svojstva | 29 |
| 6.1. Slojevi građevnih dijelovi | 29 |
| 6.1.1. Pod u podrumu-P1..... | 29 |
| 6.1.2. Pod iznad podruma-parket P2..... | 30 |
| 6.1.3. Pod iznad podruma-parket P2a | 31 |
| 6.1.4. Pod iznad podruma-keramika P2b | 32 |
| 6.1.5. Pod iznad vanjskog zraka-P3..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 6.1.6. Međukatna konstrukcija-P4 | 34 |
| 6.1.7. Međukatna konstrukcija-P4a | 35 |
| 6.1.8. Kosi krov-K1 | 36 |
| 6.1.9. Kosi krov-K1a..... | 37 |
| 6.1.10. Zid prema tlu-Z1 | 38 |
| 6.1.11. Vanjski zid sokl-Z2 | 39 |
| 6.1.12. Vanjski zid-Z3 | 40 |
| 6.1.13. Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji-Z4 | 41 |
| 6.1.14. Zid između negrijanog i vanjskog prostora-Z5 | 42 |
| 6.2. Otvori..... | 43 |
| 6.3. Rezultati proračuna postojećeg stanja obiteljske kuće | 44 |
| 6.4. Prikaz energetskog razreda postojećeg stanja | 45 |
| 6.5. Poboljšanje toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom nove stolarija | 46 |
| 6.5.1. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon ugrađene stolarije..... | 47 |
| 6.6. Poboljšanje toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom EPS i XPS sustava..... | 47 |
| 6.6.1. EPS, općenito o materijalu | 47 |
| 6.6.1.1. Uporaba i proizvodnja | 48 |
| 6.6.1.2. Toplinske karakteristike materijala..... | 48 |
| 6.6.2. Ekstrudirani polistiren (XPS) | 48 |
| 6.6.2.1. Toplinske karakteristike materijala..... | 49 |
| 6.6.3. Mineralna vuna (MW) | 49 |
| 6.6.4. Izvedba nove fasade na građevnim dijelovima Z2 i Z3 | 50 |
| 6.6.5. Posebna mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom mineralne vune vanjskog zida | 51 |
| 6.6.6. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon ugradnje EPS i XPS sustava i mineralne vune vanjskog zida | 52 |
| 6.7. Posebna mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnja mineralne vune pregradnog zida | 52 |
| 6.8. Rezultati proračuna novog stanja obiteljske kuće | 53 |
| 6.8.1. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon provedbe svih mjera | 53 |
| 6.9. Prikaz energetskog razreda novog stanja obiteljske kuće | 54 |
| 6.10. Konačni rezultati | 54 |
| 6.11. Potrebna energija zgrade u odnosu na emisiju CO2 | 55 |
| 7. Zaključak..... | 57 |
| 8. Literatura | 58 |
| Popis slika | 59 |
| Popis tablica..... | 61 |
| Popis grafova | 63 |

1. Uvod

Toplinska zaštita zgrada je dio građevinske fizike koja je relativno mlada znanost. Zakon o prostornom uređenju i gradnji navodi uštedu energije i toplinsku zaštitu kao jedan od bitnih zahtjeva za građevinu. Isti Zakon također navodi da svaka zgrada mora imati certifikat o energetske svojstvima. Certificiranje zgrada u Hrvatskoj nije do kraja riješeno jer nedostaje pravilnik kojim će se propisati uvjeti, sadržaj i način izdavanja certifikata. Toplinski zahtjevi za građevine propisani su kroz tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti zgrada prema kojemu je iskaznica potrebne topline za grijanje zgrade sastavni dio projektne dokumentacije i mora biti dostupna na uvid kupcima, najmoćnijima i drugim ovlaštenim korisnicima zgrade ili njenog dijela. U današnje vrijeme energetska učinkovitost u zgradama i održiva gradnja te primjena obnovljivih izvora energije postaju glavni cilj svih aktivnosti u području energetike i gradnje u Europskoj uniji. Ide se prema tome da se što više smanji potrošnja energije u sektoru zgradarstva, najvećem energetske potrošaču, putem obveznih energetske certificiranja zgrada, poticajnih mehanizama te plana za energetske učinkovitost. Problemi u Hrvatskoj sve više rastu zbog nedostataka energije i nesigurnosti u opskrbi energijom, uz stalan rast cijena energije i energenata, te klimatske promjene i zagađenje okoliša zbog neracionalne potrošnje energije. Potrošnja toplinske energije za grijanje i hlađenje te uvođenjem klimatizacije u zgradama sve više raste zbog porasta standarda života. Energija koja se potroši u zgradama čini 42% ukupne finalne potrošnje energije u Hrvatskoj i u stalnom je rastu. Zgrada s lošom toplinskom izolacijom rezultira veće toplinske gubitke zimi dok su ljeti prekomjerna zagrijavanja unutarnjeg prostora. Također dolazi do kondenzacije zbog hladnih obodnih zidova prilikom čega nastaju moguća oštećenja konstrukcije te loš i nezdrav život. Ovim radom će se prikazati postojeće stanje kuće s lošom toplinskom ovojnicom gdje je velika potrošnja toplinske energije te su veliki troškovi. Proračun za postojeće i novo stanje će se izvesti u računalnom programu KI Expert Plus-u s prikazanom godišnjom potrebom toplinske energije za grijanje i hlađenje te će se prikazati energetske razred certifikatom. Detaljno će se vidjeti građevni dijelovi sastavljeni od slojeva koji čine toplinsku ovojnicu kuće te će se predložiti mjera za poboljšanje toplinskih svojstava. Nakon provedenih mjera će se prikazati krajnji rezultat i dokazati potencijal i mogućnost zgrade s dobrim toplinske svojstvima te bolji i udobniji život. [1]

2. Energetski certifikat, općenito

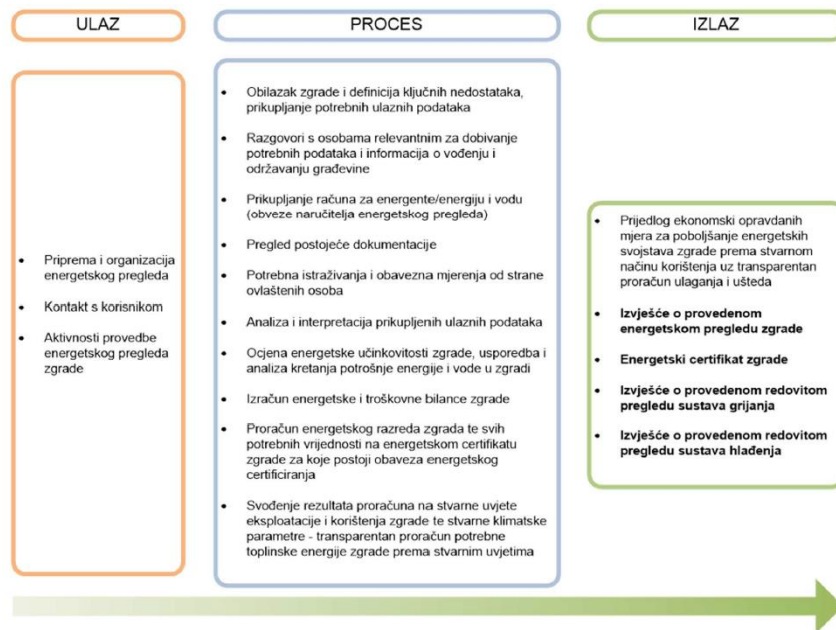
Energetski certifikat je dokument, propisan zakonom, kojim se prikazuju energetska svojstva zgrade. Energetska svojstva zgrade se označavaju energetskim razredom koji su prikazani slovima od A+ do G te oni opisuju potrebnu toplinsku energiju u jednoj godini za specifičnu zgradu, a mjerna jedinica je kilovat sat po kvadratnom metru $[\frac{kWh}{m^2}]$. Što je energetski razred viši to je potrošnja toplinske energije manja te su troškovi manji. Još neki od podataka koji su prikazani u energetskom certifikatu su: opći podaci o građevini, podaci o osobi koja je izdala energetski certifikat i podaci o zgradi prikazano slikom 1. [2]

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

Slika 1. Prikaz energetskog certifikata

2.1. Energetski pregled zgrade

Energetski pregled zgrade je bitan i neizbježan postupak odnosno korak zbog analiziranja učinkovitosti potrošnje energije i vode, kontroliranja i smanjenja troškova i potrošnje energije te energenata i vode u zgradama. Pod energetski pregled zgrade spada analiza tehničkih i energetskih svojstava zgrade te analiza svih tehničkih sustava u zgradi koji troše energiju i vodu s ciljem kako bismo utvrdili učinkovitost ili neučinkovitost potrošnje energije i vode. Na taj način možemo donositi zaključak i preporuku za poboljšanje energetske učinkovitosti. Na osnovu provedene analize s prikupljenim podacima odabiru se određene energetske, tehnički ekološki i ekonomski optimalne mjere za poboljšanje energetskih svojstava zgrade te mjere koje su potrebne tj. nužne za zadovoljavanje minimalnih tehničkih uvjeta. Slikom 2 prikazan je redoslijed provedbe energetskog pregleda zgrade. [3]



Slika 2. Prikaz tijeka provedbe energetskog pregleda zgrade

Vrste zgrada koje se mogu analizirati za energetske certifikat su [3]:

- Stambene zgrade
- Samostalne uporabne cjeline (stanovi, poslovni prostori...)
- Nestambene zgrade
- Ostale zgrade koje se griju na temperaturu $\leq 18^{\circ}\text{C}$

2.1.1. Pregled postojećeg stanja zgrade

Kod pregleda postojećeg stanja zgrade potrebno je prikupiti što više podataka što od korisnika što na terenu. Neki od podataka o zgradi koji se mogu prikupiti na terenu su [3]:

- Osnovne karakteristike zgrade kao npr. površine prostorija, broj korisnika, detalji građevnih dijelova vanjske ovojnice te opis njihovih elemenata, orijentacija prema stranama svijeta itd.
- Detaljni opis namjene i režima korištenja
- Raspoloživa projektna dokumentacija iz koje su raspoložive toplinske karakteristike vanjske ovojnice te površine i raspored prostorija
- Osnovna tehnička svojstva uređaja i sustava potrošnje energije i vode te uvjeti i parametri korišteni pri projektiranju i pri njihovom radu

Naravno, ako je to potrebno, izvodi se energetske certificiranje zgrade, prikupljaju se svi bitni ulazni podaci potrebni za proračun energetske razreda i energetske svojstava zgrade. Kod pregleda vanjske ovojnice, zbog velike mogućnosti i poboljšanja energetske učinkovitosti, potrebno je prikupiti sljedeće podatke [3]:

- Dimenzije vanjske ovojnice ako ne postoji u projektnoj dokumentaciji
- Slojevi vanjske ovojnice ako ne postoji u projektnoj dokumentaciji
- Toplinska izolacija vanjske ovojnice
- Trenutno stanje vanjske ovojnice
- Toplinski mostovi
- Prodor vlage te oštećenja na vanjskoj ovojnici
- Trenutno stanje vanjske stolarije
- Visina stropa
- Trenutno stanje okova

2.1.2. Pregled novog stanja zgrade

Energetski certifikat kod nove zgrade izdaje se na temelju podataka iz glavnog projekta koji se provjerava prema racionalnoj uporabi energije i topline, prema izvješću izvođača o izvedenim radovima i uvjetima održavanja zgrade, vizualnog pregleda zgrade i izvješću nadzornog inženjera o izvedbi ako je to bilo potrebno. Ako se utvrdi da nova zgrada nije izgrađena prema navedenim uvjetima, tada se mora provesti postupak energetskeg pregleda. [3]

Provedbeni koraci [3]:

- Pregled projektne dokumentacije
- Pregled i opis izvedenog stanja zgrade i bitnih parametara za pojedine sustave bitne za energetska učinkovitost
- Proračun energije
- Energetski certifikat

2.2. Kuća nulte energije

Kuća nulte energije su one kuće kod kojih je, tijekom jedne godine, potrebna energija jednaka vlastitoj proizvedenoj energiji odnosno primarnoj energiji iz obnovljivih izvora energije što znači da je nula. Takva kuća u prosjeku potroši onoliko energije koliko ona sama sebi proizvede (nulta energija) što znači da joj nije potrebna dodatna vanjska energija za potrebe grijanja, hlađenja, pripremu tople vode (PTV), električna energija za rasvjetu i kućanske uređaje. [4]

Neke od bitnih karakteristika kuća nulte energije su visoka energetska učinkovitost što podrazumijeva korištenje visokokvalitetne izolacije, stolarije te sustava za grijanje i hlađenje i korištenje obnovljivih izvora energije (solarni toplinski paneli, toplinske pumpe, kolektori u zemlji). [4]

3. Toplinska svojstva građevnih dijelova zgrade

Građevni dijelovi zgrade koji odvajaju grijani prostor od negrijanog prostora čine toplinsku ovojnicu zgrade preko koje se gubi ili dobiva toplinska energija. Tijelo zgrade čini više građevnih dijelova spojeni u jednu cjelinu, a oni se sastoje od vertikalnih i horizontalnih elemenata kao što su npr. strop, zid, krov itd. [4]

3.1. Projektna vrijednost toplinske provodljivosti

Toplinska vodljivost je svojstvo nekog materijala da u određenoj količini provodi toplinu određenu prema postavljenoj normi. Što više neki materijal provodi toplinu možemo ga nazvati toplinskim vodičem. S druge strane, materijal koji ima manju provodljivost, nazivamo ga toplinski izolator. Toplinska vodljivost λ koja je određena projektnom dokumentacijom ispitanog uzorka predstavlja ukupni prijenos topline kroz čvrsti skelet materijala i šupljine u materijalu odnosno kroz 1 m^2 ploštine građevnog materijala debljine 1 m kod razlike temperatura između obje površine tog sloja iznosi 1 K prikazano je slikom 3 i formulom. Mjerna jedinica za toplinsku vodljivost je $[\frac{W}{mK}]$. [4]

$$\lambda = \frac{\phi \cdot d}{A \cdot \Delta\theta}$$

Oznake:

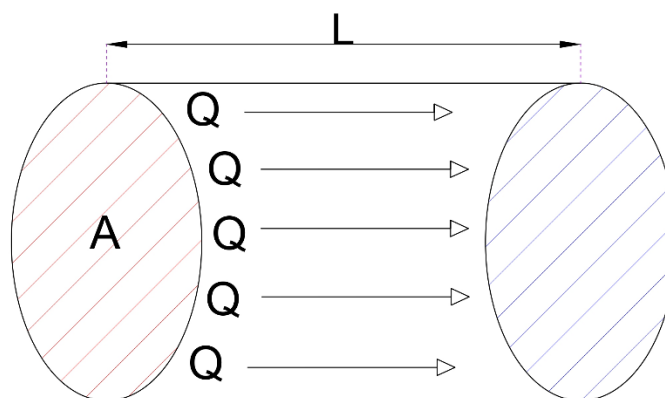
λ projektna vrijednost toplinske vodljivosti $[\frac{W}{mK}]$

ϕ izmjereni toplinski tok kroz ispitani materijal $[W]$

d debljina sloja građevnog materijala ispitanog uzorka $[m]$

A ploština površine ispitanog uzorka kroz koju prolazi toplinski tok $[W]$

$\Delta\theta$ konstantna razlika temperatura između obje površine ispitanog uzorka $[K]$



Slika 3. Prikaz prijelaza topline kroz sloj građevnog dijela

Tablicom 1 prikazan je primjer razlike projektnih toplinskih vodljivosti za navedene ispitane materijale. Možemo vidjeti razliku između izolatorskih materijala i materijala koji provode velike količine topline (vodiči). [4]

Tablica 1. Prikaz projektne vrijednosti toplinske vodljivosti ispitanih materijala

| Ispitani materijal | Projektna vrijednost toplinske vodljivosti λ [W/mK] |
|-------------------------------|---|
| Armirani beton (AB) | 2,5 |
| Šuplji blokovi od gline | 0,145 |
| Mineralna vuna (MW) | 0,035 |
| Ekspandirani polistiren (EPS) | 0,035 |

3.2. Toplinski otpor

Toplinski otpor homogenog sloja ovisi o njegovoj projektnoj toplinskoj vodljivosti λ [$\frac{W}{mK}$] i debljini d [m] prikazano formulom u nastavku. Što je toplinski otpor nekog sloja veći to će on bolje izolirati odnosno smanjit će se toplinska provodljivost nekog građevnog dijela. [4]

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Oznake:

R toplinski otpor homogenog sloja [$\frac{m^2K}{W}$]

d debljina sloja [m]

λ projektna toplinska vodljivost [$\frac{W}{mK}$]

Ukupan otpor građevinskog dijela sa definiranim slojevima R_U [4]:

$$R_U = R_1 + R_2 + \dots R_n \quad [\frac{m^2K}{W}]$$

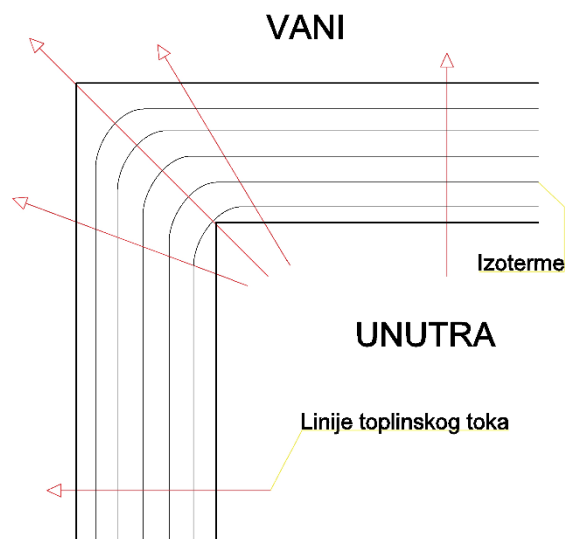
3.2.1. Koeficijent prolaska topline

Obrnuto proporcionalan toplinskom otporu prikazan izrazom [4]:

$$U = \frac{1}{R_U} \quad [\frac{W}{m^2K}]$$

3.3. Toplinski mostovi

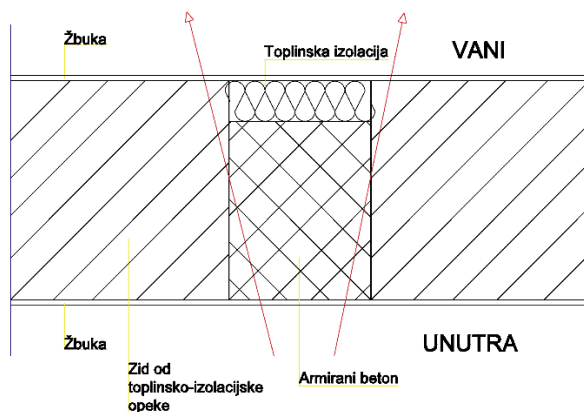
Toplinski mostovi ili hladni mostovi su prostorno ograničeno područje koje se nalazi u toplinskoj ovojnici zgrade kod kojeg je povećana gustoća odnosno tok prolaska topline u odnosu na ostatak toplinske ovojnice gdje je tok topline normalan. Toplinski most nastaje zbog loših geometrijskih uvjeta ili zbog lošeg sastava toplinske ovojnice te je na tom mjestu, unutrašnje površine, uobičajeno niža temperatura od ostalog građevnog dijela, vanjske površine. Prema načinu prijenosa topline razlikujemo: toplinske mostove uzrokovane konvekcijom i transmisijom.



Slika 4. Prikaz toplinskog toka i izoterme

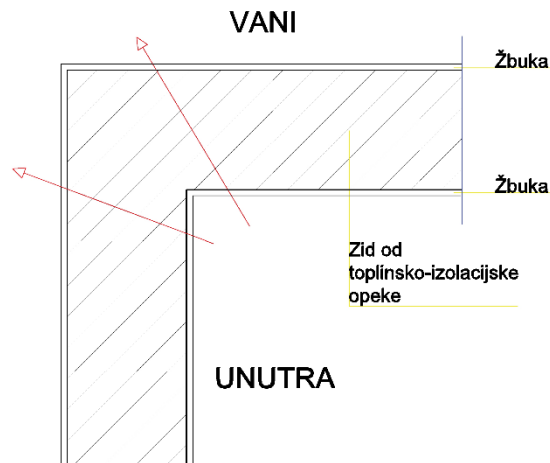
Konvekcija je nekontrolirano strujanje zraka koje prenosi toplinu kroz zrakopropusna mjesta u ovojnici zgrade te na taj način nastaje toplinski most. Takvi toplinski mostovi nastaju kod nedovoljno zabrtvljenih spojeva građevnih dijelova u ovojnici zgrade. [4]

Kod transmisijskih toplinskih mostova toplina se gubi kroz slojeve građevnih dijelova povećanim toplinskim tokom. Nastanak ovakvih toplinskih mostova su preduvjet materijala i geometrije građevnog dijela. Toplinski mostovi preduvjetovani materijalom nastaju na mjestima građevnog dijela gdje su materijali slojeva veće toplinske vodljivosti prikazano slikom 5. [4]



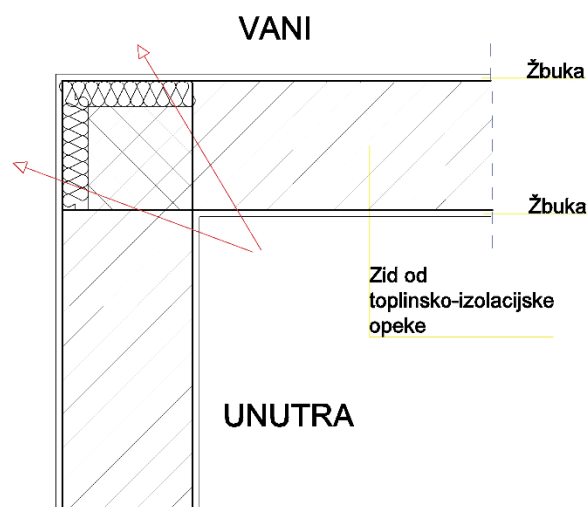
Slika 5. Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog materijalom

Toplinski mostovi uvjetovani geometrijom nastaju na mjestima gdje građevni dio mijenja smjer zbog veće razlike između plohe koja prima toplinu u grijanoj prostoriji i ploštine plohe koja odaje toplinu vanjskom zraku ili zraku negrijane prostorije prikazano slikom 6. [4]



Slika 6. Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog geometrijom

Na nekim mjestima može biti kombinacija lošeg materijala i promjene smjera građevne ovojnice prikazano slikom 7. [4]



Slika 7. Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog promjenom materijala i geometrije

Prema obliku toplinske mostove dijelimo na linijske i točkaste. Linijski toplinski mostovi se pružaju preko cijele duljine građevnog dijela zgrade karakteriziran duljinskim koeficijentom prolaska topline $\psi \left[\frac{W}{mK} \right]$, a nastaju na sljedećim mjestima u ovojnici zgrade [4]:

- Međusoban spoj vanjskih dijelova zgrade (kutovi između dva vanjska zida, zida i krova, zida i stropa)
- Spajanje unutarnjeg zida s vanjskim zidom i krovom
- Spajanje stropa s vanjskim zidom
- Na stupovima i serklažima u vanjskom zidu
- Oko prozora i vrata u vanjskom zidu

Točkasti toplinski most je manjih dimenzija koji nije veći od debljine građevnog dijela karakteriziran koeficijentom prolaska topline $\chi \left[\frac{W}{K} \right]$, a nastaje na mjestima gdje spojni elementi okomiti na slojeve povezuju pojedine slojeve ili cijeli građevni dio. [4]

3.4. Difuzija vodene pare

Difuzija vodene pare je prijenos molekula vodene pare uzrokovano toplinskim gibanjem kroz zrak i građevne dijelove zgrade. Kretanje odnosno prijenos topline i vodene pare odvija se istovremeno. Molekule vodene pare se gibaju uvijek iz prostora s višim prema prostoru s nižim sadržajem vodene pare, jednostavno rečeno, zbog prirodne ravnoteže odnosno kako bi se izjednačile prostorne gustoće vodene pare. U tom procesu molekule vodene pare prolaze kroz prepreke, u ovom slučaju građevne dijelove zgrade, na način da putuju kroz slobodne pore građevnih slojeva prolazeći kroz njihovu strukturu te će takav proces trajati dok ne dođe do izjednačenja vodene pare u dvjema ili više prostorija zgrade. [4]

Građevni dio svojom osobinom pruža određeni otpor difuziji vodene pare, a mjera prema kojoj se to može vidjeti je faktor otpora difuzije vodene pare, oznaka μ , bezdimenzionalne vrijednosti. Faktor otpora difuzije vodene pare, njegova brojčana vrijednost, pokazuje koliko je puta veći otpor difuzijskom prolasku vodene pare kroz određeni građevni dio u odnosu na sloj mirnog zraka jednake debljine i temperature. Mirni sloj zraka pruža najmanji otpor u odnosu s građevnim materijalom te je zbog toga prihvaćen kao bazna točka i njegova vrijednost iznosi $\mu = 1$. Kako bi se proračun mogao izvesti bitna je i debljina pojedinog sloja građevnog dijela kako bi mogli izračunati ukupni otpor difuzije vodene pare građevnog dijela; označava se oznakom s_d prikazan formulom. [4]

$$s_d = \mu \cdot d$$

Oznake:

s_d debljina sloja zraka ekvivalentna difuziji vodene pare [m]

μ faktor otpora difuzije vodene pare

d debljina sloja [m]

3.4.1. Godišnja bilanca vlage

Proračun difuzije vodene pare se računa po mjesecima tako što se svaki mjesec posebno uzima u obzir te se na kraju sve zbroji i izračuna ukupna najveća količina kondenzirane vode tijekom jedne godine i tako dobijemo godišnju bilancu vlage. Ako imamo slučaj da tijekom jedne godine količina vlage bude više kondenzirana nego što ona ispari, vlaga će se sve više nakupljati te tako imamo pozitivnu bilancu vlage što ukazuje na to da projektirani građevni dio ne zadovoljava. Kod obrnute situacije kada imamo da tijekom jedne godine iz građevnog dijela ispari više vlage nego što ona nastaje kondenzacijom vodene pare tijekom tih mjeseci, imamo negativnu bilancu vlage što nam pokazuje da projektirani građevni dio zadovoljava uvjete isušenja. [4]

3.4.1.1. Relativna vlažnost zraka φ

Relativna vlažnost zraka je omjer apsolutne ili obujamske vlažnosti zraka, oznaka v , i maksimalne tj. najveće moguće količine vodene pare, oznaka v_{sat} , pri istoj temperaturi koju bi zrak sadržavao, prikazano formulom. Apsolutna vlažnost zraka je količina vodene pare koja se nalazi u zraku te ga čini vlažnim. Mjerne jedinice za apsolutnu i ukupnu moguću vlažnost zraka izražavamo u kilogramima (masa vodene pare) po jedinici obujma zraka dok je za relativnu vlažnost mjerna jedinica u postocima. [4]

$$\varphi = \frac{v}{v_{sat}}$$

$$\varphi = \frac{100 \cdot v}{v_{sat}} \quad [\%]$$

3.4.1.2. Općenito, odnos relativne vlažnosti zraka sa temperaturom zraka

Kod postepenog hlađenja nezasićenog zraka, relativna vlažnost zraka je veća jer se najveće moguće količine vodene pare, v_{sat} smanjuje, a apsolutna vlažnost zraka ostaje ista, što se desilo zato što kod nižih temperatura zraka vrijednost najveće moguće količine vodene pare u zraku se smanjuje što može dovesti do zasićenja zraka vodenom parom pa je efekt toga kondenzacija. Kondenzacija je proces prijelaza vode iz plinovitog stanja u tekuće, u ovom slučaju su to sitne kapljice u obliku magle ili oblaka. Ovaj događaj nazivamo još i temperatura rosišta, $\varphi = 100\%$. [4]

3.4.2. Kritična vlažnost zraka građevnih dijelova zgrade $\varphi_{si,cr}$

Kritična vlažnost zraka građevnih dijelova zgrade je najmanja potrebna vrijednost relativne vlažnosti zraka na samoj površini građevnog dijela kod koje dolaze oštećenja kao što su korozija materijala, plijesan itd. Visinu štete možemo gledati prema iznosu vrijednosti relativne vlažnosti zraka koje mogu iznositi [4]:

- I. $\varphi_{si,cr} = 1,0 \gg$ nastajanje kondenzacije
- II. $\varphi_{si,cr} = 0,8 \gg$ rast plijesni
- III. $\varphi_{si,cr} = 0,6 \gg$ pojava korozije kod određenih vrsta građevnih materijala

Vlažnost zraka površine građevnih dijelova toplinske ovojnice zgrade ovisi o unutrašnjoj i vanjskoj temperaturi i vlažnosti zraka. Unutrašnja svojstva ovise o namjeni i postavnoj temperaturi zgrade dok vanjska svojstva ovise o lokaciji same zgrade. Također, kod građevnih dijelova moramo gledati kvalitetu toplinskog otpora R_{Si} tj. koeficijent prolaska topline U . [4]

3.5. Dinamičke toplinske karakteristike

Dinamičke toplinske karakteristike građevnih dijelova nam opisuju toplinsku inerciju građevnog dijela zgrade koja govori koliko će biti brza reakcija na vanjske temperaturne promjene i promjene toplinskog toka s jedne ili obje strane građevnog dijela. Vrlo bitnu ulogu u tome imaju toplinska svojstva građevnih dijelova od kojih se sastoji toplinska ovojnica zgrade. Osim što su bitni građevni slojevi građevnog dijela još neke od važnih karakteristika su toplinska difuzivnost i toplinska prodornost. [4]

3.5.1. Toplinska difuzivnost a

Toplinska difuzivnost je sposobnost građevnog materijala da prenosi temperaturni val s jedne točke materijala na drugu točku tog materijala odnosno opisuje brzinu kretanja topline kroz materijal. Što je toplinska difuzivnost veća to će prijenos temperaturnog vala kroz neki materijal biti sporiji. To znači da su to oni materijali koji imaju malu vrijednost toplinske vodljivosti, dok s druge strane imaju veću gustoću i toplinski kapacitet, prikazano formulom. [4]

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

Oznake:

λ toplinska vodljivost materijala $[\frac{W}{mK}]$

ρ gustoća materijala $[\frac{kg}{m^3}]$

c specifični toplinski kapacitet materijala. $[\frac{J}{(kgK)}]$

3.5.2. Toplinska prodornost b

Toplinska prodornost, $[\frac{J}{(m^2 \cdot K \cdot s^{1/2})}]$ opisuje sposobnost građevnog materijala da u određenoj brzini pohrani ili otpusti toplinu u odnosu na promjenjivu temperaturu odnosno jednostavno rečeno to je akumulacija topline između zgrade i okoliša. Što je b veća građevni materijal će izmjenjivati više topline te se prilikom toga neće previše zagrijavati, prikazano formulom. [4]

$$b = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{\frac{1}{2}}$$

3.5.3. Odnos između toplinske difuzivnosti i toplinske prodornosti

U najidealnijim uvjetima bi smo imali materijal koji ima manju toplinsku difuzivnost a i veću toplinsku prodornost b što je nemoguće zbog toga što su međusobno proporcionalni. Najbolji uvjeti koji se mogu postići kada bi s vanjske strane građevne ovojnice, prema atmosferskim i temperaturnim promjenama, imali materijal male toplinske difuzivnosti, što znači manji transmisijski prolaz topline, dok drugi materijal s unutarnje strane bi imao veliku toplinsku prodornost te bi na taj način bio osiguran ugodan i zdrav boravak u zgradi. [4]

4. Potrebna energija zgrade

Potrebna energija za grijanje $Q_{H,nd}$ je ona energija odnosno toplina koju moramo predati kondicioniranom prostoru kako bi održali određenu temperaturu zraka za određeni period vremena bez tehničkih svojstva zgrade dok je potrebna energija za hlađenje $Q_{C,nd}$ toplina koju moramo izvesti iz kondicioniranog prostora kako bi smo održali određenu temperaturu zraka za određeni period vremena bez tehničkih svojstva zgrade. Kondicionirani prostor je prostor koji je grijani i/ili hlađeni prostor što znači da se kod takvog prostora regulira željena temperatura zraka zbog boljeg i ugodnijeg boravka. Kako bi se izveo proračun potrebno je odrediti prostorne i vremenske granice. [4]

Prostornu proračunsku granicu zgrade čini toplinska ovojnica grijanog i hlađenog dijela zgrade koja ovisi o građevnim materijalima te odvajaju grijani prostor od vanjskog zraka, negrijane prostorije i poda prema tlu. Vremensku proračunsku granicu zgrade određujemo prema specifičnom razdoblju koji se računa za svaki mjesec te se na kraju zbraja i dobiva rezultat za jednu godinu, zbog čega dobivamo točniji proračun i na taj način se dobiva bilanca energije. [4]

4.1. Zone zgrade

Prilikom proračuna potrebne energije zgrade potrebno je odrediti toplinsku zonu ili zone zgrade koja je okružena ili omeđena toplinskom ovojnicom te je unutar nje kondicionirani prostor. Zone su bitne zbog bilanciranja energije i prema njima se odvajaju prostori unutar zgrade koji su jednakih građevinskih karakteristika i uvjeta korištenja. Ako zadovoljavaju svi uvjeti nije potrebno podijeliti zgradu na više toplinskih zona, a neki od njih su [4]:

- Bez nekakvih većih razlika u režimu korištenja prostora zgrade
- Unutarnje temperature za grijanje prostorija nisu različite za više od 4°C
- Unutarnje temperature za hlađenje prostorija nisu različite za više od 4°C ili nemaju mehanički sustav hlađenja
- Sve prostorije imaju isti sustav za grijanje i isti za hlađenje ako postoje
- Ako postoje sustavi ventilacije koji opslužuju 80% ploštine poda prostora

4.2. Bilanca energije

Bilancom topline proračunavamo potrebnu toplinsku energiju za grijanje i hlađenje cjelokupne zgrade, što je i krajnji rezultat, na osnovi bilanci energija za svaku proračunatu zonu posebno. Osnovni podaci koji su potrebni na samome početku za bilanciranje su dobivene korisne energije. Za bilanciranje možemo reći da je to postupak kojim se bilježi i određuje svaki ulazak i izlazak energije iz zgrade u određenom razdoblju, najbolje i najčešće od 1 godine jer na taj način zbroj gubitaka i dobitaka bude uravnotežen. Sva energija koja uđe u zgradu pretvara se u toplinsku energiju te ista ta energija izađe iz zgrade. [4]

Bilanca energije za specifičnu zonu ovisi o [4]:

- Transmisijskoj izmjeni topline između kondicioniranog prostora i vanjskog zraka
- ventilacijskoj izmjeni topline između kondicioniranog prostora i vanjskog prostora
- transmisijskoj i ventilacijskoj izmjeni topline između različitih zona
- unutarnjim dobicima topline (uređaji, rasvjeta, osobe itd.)
- solarnim toplinskim dobicima (izravno i neizravno zračenje)
- akumuliranoj toplini u tijelu zgrade ili otpuštenoj toplini iz tijela zgrade

4.2.1. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje

Osnovna formula za proračun potrebne toplinske energije u jednoj godini za specifični objekt prikazana je formulom [5]

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{Tr} + Q_{Ve} - \eta_{H,gn} \cdot (Q_{int} + Q_{sol}) \quad [kWh]$$

Oznake:

Q_{Tr} izmjena toplinske energije transmisijom za proračunsku zonu [kWh]

Q_{Ve} potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu [kWh]

$\eta_{H,gn}$ faktor iskorištenja toplinskih dobitaka

Q_{int} unutarnji toplinski dobitci zgrade [kWh]

Q_{sol} toplinski dobitci od Sunčeva zračenja [kWh]

Formulama su prikazane izmjene toplinske energije transmisijskim i ventilacijskim gubicima u određenom periodu [5]

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} \cdot (\vartheta_{int,H} \cdot \vartheta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} \cdot (\vartheta_{int,H} \cdot \vartheta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

Oznake:

H_{Tr} koeficijent transmisijskih gubitaka toplinske energije za proračunsku zonu $[\frac{W}{K}]$

H_{Ve} koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone $[\frac{W}{K}]$

$\vartheta_{int,H}$ unutarnja postavljena temperatura grijane zone $[^{\circ}C]$

ϑ_e srednja vanjska temperatura za proračunski period $[^{\circ}C]$

t trajanje proračunskog razdoblja $[h]$

4.2.1.1. Izmjena toplinske energije transmisijom H_{Tr}

Ukupni transmisijski gubici toplinske energije od grijanog prostora prema vanjskom okolišu, negrijanom prostoru, prema tlu i susjednoj zgradi prikazani su formulom [5]

$$H_{Tr} = H_D + H_U + H_A + H_{g,m} \quad [\frac{W}{K}]$$

Oznake:

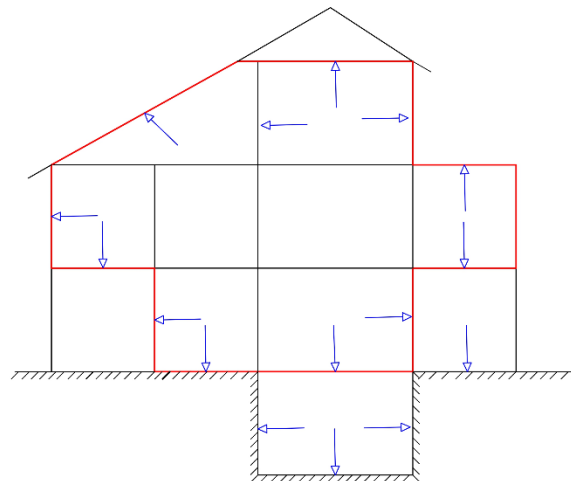
H_D koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu $[\frac{W}{K}]$

H_U koeficijent transmisijske izmjene topline kroz negrijani prostor prema vanjskom okolišu $[\frac{W}{K}]$

H_A koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednoj zgradi $[\frac{W}{K}]$

$H_{g,m}$ koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu za proračunski mjesec $[\frac{W}{K}]$

Slikom 8 su prikazani transmisijski toplinski gubici.



Slika 8. Prikaz svih mogućih transmisijskih gubitaka

4.2.1.2. Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju zgrade

Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju kod perioda grijanja i hlađenja prikazana je formulama [5]

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{H,ve,mech} \text{ [kWh]}$$

$$Q_{Ve} = Q_{Ve,inf} + Q_{Ve,win} + Q_{C,ve,mech} \text{ [kWh]}$$

Oznake:

$Q_{Ve,inf}$ potrebna toplinska energija za vrijeme infiltracije vanjskog zraka [kWh]

$Q_{Ve,win}$ potrebna toplinska energija za vrijeme prozračivanja prirodnom ventilacijom [kWh]

$Q_{H,ve,mech}$ potrebna toplinska energija kod GViK sustava kod zagrijavanja zraka [kWh]

$Q_{C,ve,mech}$ potrebna toplinska energija kod GViK sustava kod hlađenja zraka [kWh]

4.2.1.3. Ukupni toplinski dobitci

Ukupne toplinske dobitke dobijemo zbrojem unutarnjih toplinskih dobitaka i toplinskih dobitaka od sunčevog zračenja prikazano je formulom [5]

$$Q_{c,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

Oznake:

$Q_{c,gn}$ ukupni toplinski dobici [kWh]

Q_{int} unutarnji toplinski dobici [kWh]

Q_{sol} toplinskih dobitak od sunčevog zračenja [kWh]

4.2.2. Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje

Proračun godišnje potrebne toplinske energije za hlađenje prikazano je formulom [5]

$$Q_{c,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{c,ls} \cdot (Q_{Tr} + Q_{Ve}) \text{ [kWh]}$$

Oznake:

Q_{int} unutrašnji toplinski dobici zgrade (ljudi, rasvjeta, uređaji) [kWh]

Q_{sol} solarni toplinski dobici (sunčevo zračenje) [kWh]

$\eta_{c,ls}$ faktor iskorištenja toplinskih gubitaka kod hlađenja

Q_{Tr} izmjena toplinske energije transmisijom za proračunsku zonu u periodu hlađenja [kWh]

Q_{Ve} potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu [kWh]

4.2.2.1. Ukupni toplinski dobitci

Ukupne toplinske dobitke dobijemo zbrojem unutarnjih toplinskih dobitaka i toplinskih dobitaka od sunčevog zračenja kao i kod "ukupnih toplinskih dobitaka za grijanje" s time da se uzima u obzir postavljena temperatura u periodu hlađenja, prikazano formulom [5]

$$Q_{C,gn} = Q_{int} + Q_{sol}$$

4.2.2.2. Izmjena toplinske energije

Formulama su prikazane izmjene toplinske energije transmisijskim i ventilacijskim gubicima u određenom periodu [5]

$$Q_{Tr} = \frac{H_{Tr}}{1000} \cdot (\vartheta_{int,C} \cdot \vartheta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

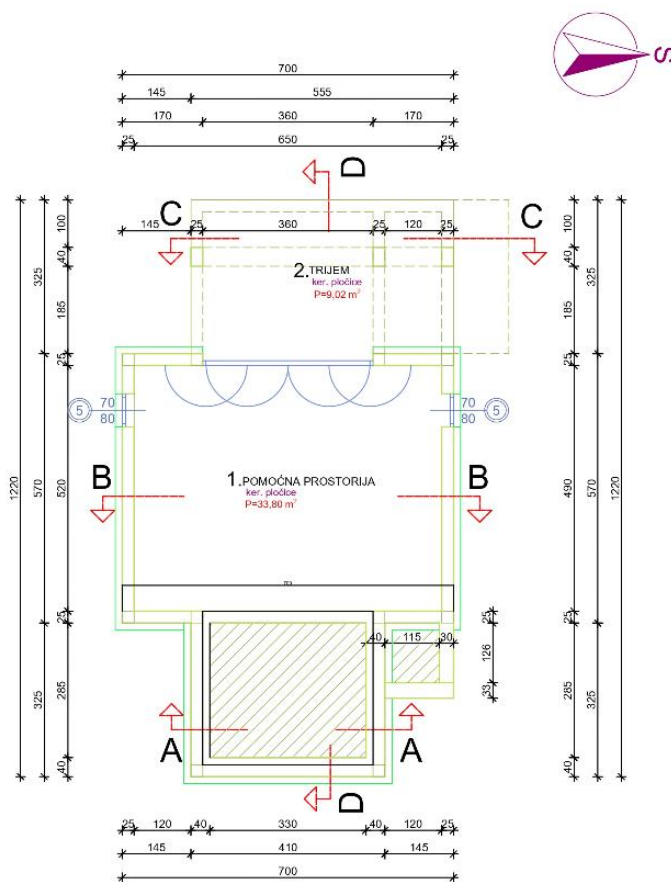
$$Q_{Ve} = \frac{H_{Ve}}{1000} \cdot (\vartheta_{int,C} \cdot \vartheta_e) \cdot t \quad [kWh]$$

5. Energetska iskaznica obiteljske kuće

5.1. Osnovni podaci o projektu

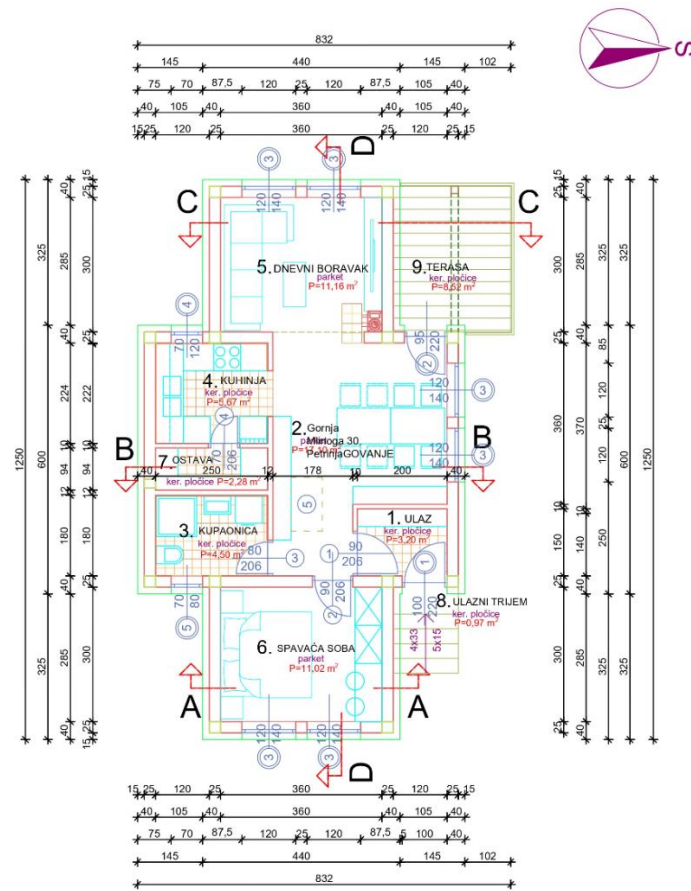
Projekt stambene zgrade pod nazivom "Obiteljska kuća" postojećeg stanja, nalazi se na lokaciji Petrinja, Gornja Mlinoga 30, poštanski broj 44250 na katastarskoj čestici k.č.br. 1340, katastarska općina k.o. Mlinoga. Obiteljska kuća ima jednu zonu pod nazivom "Stambena jedinica".

Obiteljska kuća se sastoji od prizemlja, podruma i potkrovlja. U podrumu se nalazi jedna prostorija neto podne površine od $33,80\text{ m}^2$. U prizemlju se nalazi dnevni boravak, blagavaona, kuhinja, kupaonica, spavaća soba, ostava i hodnik ukupne neto podne površine od $54,73\text{ m}^2$. U potkrovlju se nalazi lovačka soba neto podne površine od $33,80\text{ m}^2$ sa dvjema negrijanim prostorijama. U potkrovlje se dolazi iz stropnog otvora koji se nalazi u prizemlju hodnika. Slikama 9, 10 i 11 prikazani tlocrti obiteljske kuće.



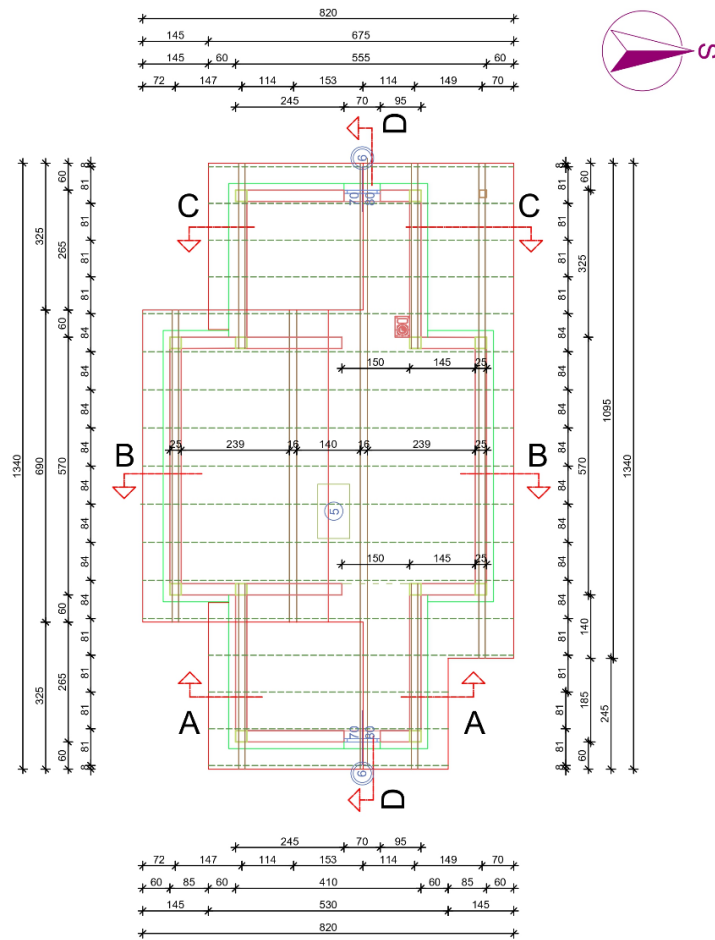
Slika 9. Prikaz tlocrta podruma obiteljske kuće

Prikaz tlocrta prizemlja obiteljske kuće.



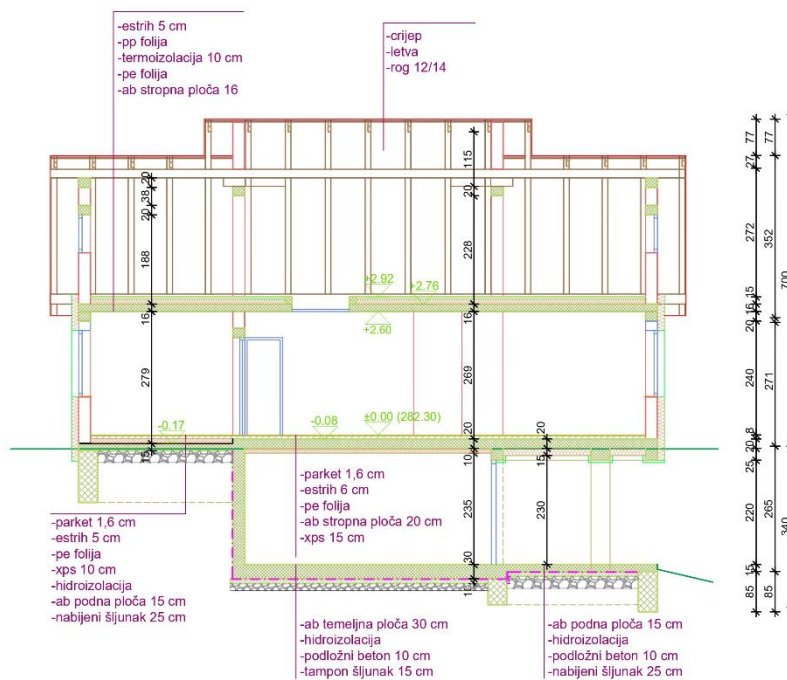
Slika 10. Prikaz tlocrta prizemlja obiteljske kuće

Prikaz tlocrta potkrovlja obiteljske kuće.



Slika 11. Prikaz tlocrta potkrovlja obiteljske kuće

Sam položaj svrstava kuću u kategoriju srednje zaklonjenosti jer se jednim dijelom nalazi u zemlji, u ovom slučaju podrum, što je sklanja od atmosferskih utjecaja te na taj način jednim dijelom pripomaže kod potrebne toplinske energije za hlađenje tijekom sezone hlađenja dok u slučaju potrebne toplinske energije za grijanje tijekom sezone grijanja imamo toplinske gubitke prema tlu te veću potrebu za potrebnom toplinskom energijom. Slikama 12, 13, 14, 15 i 16 prikazan presjek i pročelja obiteljske kuće.



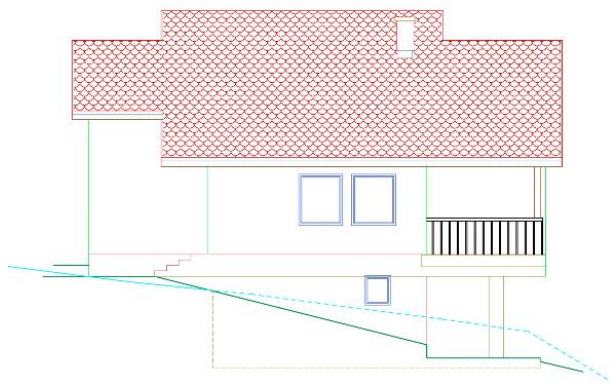
Slika 12. Prikaz presjeka obiteljske kuće



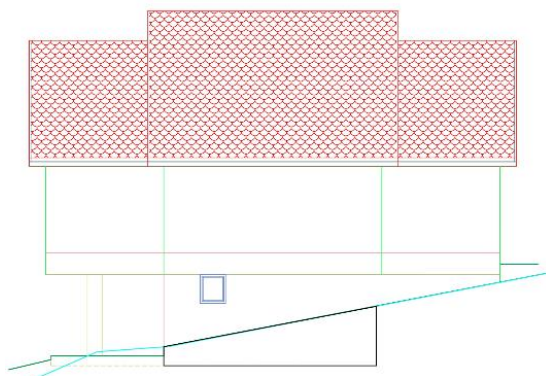
Slika 13. Prikaz istočnog pročelja



Slika 14. Prikaz zapadnog pročelja



Slika 15. Prikaz sjevernog pročelja



Slika 16. Prikaz južnog pročelja

5.1.1. Geometrija zgrade

Potrebni ulazni podaci, iščitani iz nacрта, za definiranu zonu potrebni za energetska analizu postojećeg stanja prikazano tablicom 2.

Tablica 2. Prikaz ulaznih podataka za postojeće površine i volumene zgrade

| | |
|---|--------|
| Oplošje A [m ²] | 355.68 |
| Volumen grijanog dijela zgrade s vanjskim dimenzijama V_e [m ³] | 382.12 |
| Volumen grijanog dijela zraka V [m ³] | 290.41 |
| Neto podna površina grijanog dijela zgrade A_K [m ²] | 122.33 |
| Površina grijanog dijela zgrade za etažu A_K' [m ²] | 122.33 |
| Bruto podna površina grijanog dijela zgrade A_f [m ²] | 146.34 |
| Bruto površina [m ²] | 174.61 |

5.2. Klimatski podaci

Prikaz klimatskih podataka lokacije na kojoj se nalazi zgrada potrebni za proračun potrebne energije prikazano tablicama 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 i 10.

Tablica 3. Prikaz ulaznih podataka za temperaturu zraka

| Temperatura zraka [°C] | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|------------------------|--|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| min | | -11.9 | -10.8 | -7.5 | 0.8 | 5.7 | 9.8 | 13.6 | 10.8 | 8.2 | -1.1 | -6.1 | -12.2 | -12.2 |
| m | | 0.9 | 3 | 7.3 | 12 | 17 | 20.5 | 22.1 | 21.3 | 16.1 | 11.4 | 6.6 | 1.4 | 11.7 |
| max | | 13.4 | 14.8 | 18.3 | 21.4 | 26.2 | 29.4 | 31.4 | 30.7 | 24.7 | 21.3 | 21.3 | 17.3 | 31.4 |

Tablica 4. Prikaz ulaznih podataka za relativnu vlažnost zraka

| Relativna vlažnost zraka [%] | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|------------------------------|--|----|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|-----|-----|
| m | | 84 | 76 | 69 | 69 | 69 | 69 | 70 | 73 | 79 | 82 | 84 | 88 | 76 |

Tablica 5. Prikaz ulaznih podataka za tlak vodene pare

| Tlak vodene pare [Pa] | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|-----------------------|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|-----|-----|------|
| m | | 530 | 600 | 720 | 930 | 1290 | 1620 | 1780 | 1780 | 1490 | 1100 | 810 | 600 | 1100 |

Tablica 6. Prikaz ulaznih podataka za brzinu vjetra

| Brzina vjetra [m/s] | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|---------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 2.1 | 2 | 1.7 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.5 |

Tablica 7. Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje

| Globalno sunčevo zračenje [MJ/m ²] | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| S | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
| 0° | 116 | 173 | 345 | 460 | 619 | 652 | 667 | 574 | 421 | 260 | 125 | 86 | 4499 |
| 15° | 142 | 204 | 387 | 483 | 624 | 645 | 666 | 595 | 467 | 308 | 151 | 103 | 4775 |
| 30° | 162 | 226 | 410 | 485 | 604 | 614 | 639 | 590 | 491 | 342 | 170 | 116 | 4849 |
| 45° | 174 | 237 | 415 | 466 | 560 | 560 | 587 | 559 | 491 | 358 | 182 | 124 | 4712 |
| 60° | 178 | 237 | 400 | 427 | 494 | 486 | 512 | 504 | 466 | 357 | 185 | 126 | 4371 |
| 75° | 173 | 226 | 366 | 370 | 412 | 397 | 421 | 429 | 419 | 338 | 179 | 122 | 3852 |
| 90° | 160 | 204 | 316 | 300 | 319 | 302 | 312 | 339 | 353 | 303 | 164 | 113 | 3193 |

Tablica 8. Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje

| SE, SW | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 0° | 116 | 173 | 345 | 460 | 619 | 652 | 667 | 574 | 421 | 260 | 125 | 86 | 4499 |
| 15° | 134 | 195 | 374 | 477 | 623 | 647 | 667 | 589 | 455 | 294 | 143 | 98 | 4695 |
| 30° | 146 | 208 | 390 | 479 | 609 | 625 | 648 | 587 | 471 | 316 | 155 | 106 | 4740 |
| 45° | 152 | 213 | 390 | 463 | 576 | 583 | 608 | 564 | 469 | 324 | 161 | 109 | 4612 |
| 60° | 152 | 209 | 374 | 431 | 524 | 524 | 550 | 520 | 447 | 317 | 159 | 109 | 4315 |
| 75° | 144 | 196 | 343 | 384 | 456 | 451 | 476 | 460 | 407 | 297 | 151 | 103 | 3867 |
| 90° | 131 | 174 | 299 | 326 | 379 | 371 | 392 | 387 | 352 | 264 | 136 | 93 | 3303 |

Tablica 9. Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje

| E, W | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 0° | 116 | 173 | 345 | 460 | 619 | 652 | 667 | 574 | 421 | 260 | 125 | 86 | 4499 |
| 15° | 116 | 173 | 343 | 456 | 613 | 644 | 660 | 568 | 419 | 260 | 125 | 86 | 4463 |
| 30° | 115 | 171 | 337 | 444 | 593 | 622 | 638 | 553 | 412 | 257 | 124 | 85 | 4352 |
| 45° | 112 | 165 | 325 | 424 | 562 | 588 | 604 | 527 | 397 | 250 | 120 | 82 | 4156 |
| 60° | 106 | 156 | 305 | 394 | 520 | 541 | 557 | 490 | 374 | 237 | 113 | 77 | 3869 |
| 75° | 97 | 143 | 278 | 356 | 466 | 484 | 499 | 442 | 341 | 217 | 104 | 70 | 3496 |
| 90° | 86 | 126 | 245 | 310 | 404 | 418 | 432 | 385 | 300 | 192 | 92 | 62 | 3051 |

Tablica 10. Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje

| NE, NW | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | God |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| 0° | 116 | 173 | 345 | 460 | 619 | 652 | 667 | 574 | 421 | 260 | 125 | 86 | 4499 |
| 15° | 98 | 149 | 307 | 429 | 595 | 636 | 646 | 540 | 377 | 222 | 107 | 74 | 4178 |
| 30° | 85 | 129 | 269 | 388 | 549 | 593 | 598 | 489 | 329 | 189 | 92 | 65 | 3775 |
| 45° | 72 | 113 | 237 | 345 | 492 | 534 | 537 | 435 | 287 | 165 | 78 | 57 | 3352 |
| 60° | 65 | 92 | 204 | 307 | 437 | 473 | 476 | 386 | 252 | 130 | 70 | 53 | 2945 |
| 75° | 59 | 81 | 154 | 258 | 383 | 417 | 418 | 330 | 191 | 106 | 63 | 47 | 2507 |
| 90° | 51 | 71 | 126 | 185 | 295 | 332 | 327 | 240 | 137 | 95 | 55 | 41 | 1957 |

6. Građevni dijelovi i njihova toplinska svojstva

6.1. Slojevi građevnih dijelovi

6.1.1. Pod u podrumu-P1

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 66,72 cm, završnim slojem keramičkih pločica, spadajući pod vrstu "podovi na tlu" neto podne površine od 33,80 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 11.

Tablica 11. Pod u podrumu

| P1-Pod u podrumu | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Keramičke pločice | 1 | |
| 2 | Polimerno-cementno ljepilo | 0.5 | |
| 3 | Armirani beton | 30 | |
| 4 | Bitumenska traka | 0.2 | |
| 5 | Cementni estrih | 10 | |
| 6 | Geotekstil 150-200 g/m ² | 0.02 | |
| 7 | Pijesak i šljunak | 25 | |
| $U=2.02 \geq U_{max}=0.40$ | | | NE ZADOVOLJAVA |

6.1.2. Pod iznad podruma-parket P2

Građevinski dio se sastoji od šest slojeva koji čine ukupnu debljinu od 33,13 cm, završnim slojem drvo-meko-crnogorica, spadajući pod vrstu "stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika" neto podne površine od 17,75 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 12.

Tablica 12. Pod iznad podruma-parket

| P2-Pod iznad podruma-parket | | | |
|-----------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvo-meko-crnogorica | 1.6 | |
| 2 | Cementni estrih | 6 | |
| 3 | Polietilenska folija 0.25mm | 0.025 | |
| 4 | Armirani beton | 15 | |
| 5 | Polimerno cementno ljepilo | 0.5 | |
| 6 | Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) | 10 | |
| | U=0.28 ≥ U _{max} =0.60 | | ZADOVOLJAVA |

6.1.3. Pod iznad podruma-parket P2a

Građevinski dio se sastoji od šest slojeva koji čine ukupnu debljinu od 57,63 cm, završnim slojem drvo-meko-crnogorica, spadajući pod vrstu "podovi na tlu" neto podne površine od 10,80 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koefficient prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 13.

Tablica 13. Pod iznad podruma-parket

| P2a-Pod iznad podruma-parket | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|--------------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvo-meko-crnogorica | 1.6 | |
| 2 | Cementni estrih | 6 | |
| 3 | Polietilenska folija 0.25mm | 0.025 | |
| 4 | Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) | 10 | |
| 5 | Armirani beton (traka) | 15 | |
| 6 | Pijesak i šljunak | 25 | |
| U=0.28 ≥ U _{max} =0.40 | | | ZADOVOLJAVA |

6.1.4. Pod iznad podruma-keramika P2b

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 33,03 cm, završnim slojem keramičkih pločica, spadajući pod vrstu "stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika" neto podne površine od 15,61 m². Ovaj građevinski dio ne pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 14.

Tablica 14. Pod iznad podruma-keramika

| P2b-Pod iznad podruma-keramika | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Keramičke pločice | 1 | |
| 2 | Polimerno-cementno ljepilo | 0.5 | |
| 3 | Cementni estrih | 6 | |
| 4 | Polietilenska folija 0.25mm | 0.025 | |
| 5 | Armirani beton | 15 | |
| 6 | Polimerno cementno ljepilo | 0.5 | |
| 7 | Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) | 10 | |
| U=0.29 ≥ U _{max} =0.60 | | | ZADOVOLJAVA |

6.1.5. Pod iznad vanjskog zraka-P3

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 38,23 cm, završnim slojem drvo-meko-crnogorica, spadajući pod vrstu "stropovi iznad vanjskog zraka" neto podne površine od 10,79 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 15.

Tablica 15. Pod iznad vanjskog zraka

| P3-Pod iznad vanjskog zraka | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvo-meko-crnogorica | 1 | |
| 2 | Cementni estrih | 6 | |
| 3 | Polietilenska folija 0.25 mm | 0.025 | |
| 4 | Armirani beton | 15 | |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo | 0.5 | |
| 6 | Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) | 15 | |
| 7 | Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom | 0.5 | |
| 8 | Silikatna žbuka | 0.2 | |
| U=0.20 ≥ U _{max} =0.25 | | | ZADOVOLJAVA |

6.1.6. Međukatna konstrukcija-P4

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 31,06 cm, završnim slojem drvo-meko crnogorica, spadajući pod vrstu "stropovi između grijanih dijelova različitih korisnika" neto podne površine od 33,80 m². Ovaj građevinski dio ne pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 16.

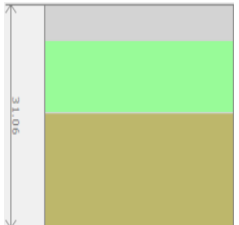
Tablica 16. Međukatna konstrukcija P4

| P4-Međukatna konstrukcija | | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvo-meko-crnogorica | 1.8 | |
| 2 | Cementni estrih | 5 | |
| 3 | Polipropilen | 0.03 | |
| 4 | Ekspandirani polistiren (EPS) | 10 | |
| 5 | Polietilenska folija 0.25mm | 0.025 | |
| 6 | Armirani beton | 16 | |
| 7 | Vapneno cementna žbuka | 2 | |
| $U=0.33 \geq U_{max}=0.60$ | | | ZADOVOLJAVA |

6.1.7. Međukatna konstrukcija-P4a

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 31,06 cm, završnim slojem drvo-meko crnogorica, spadajući pod vrstu "stropovi prem negrijanom prostoru" neto podne površine od 21,60 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 17.

Tablica 17. Međukatna konstrukcija P4a

| P4a-Međukatna konstrukcija | | | |
|----------------------------|---------------------------------|-------------------|--|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvo-meko-crnogorica | 1.8 |  |
| 2 | Cementni estrih | 5 | |
| 3 | Polipropilen | 0.03 | |
| 4 | Ekspandirani polistiren (EPS) | 10 | |
| 5 | Polietilenska folija 0.25mm | 0.025 | |
| 6 | Armirani beton | 16 | |
| | U=0.33 ≥ U _{max} =0.40 | | ZADOVOLJAVA |

6.1.8. Kosi krov-K1

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 26,09 cm, završnim slojem crijepa, spadajući pod vrstu "kosi krov iznad grijanog prostora" površine od 62,64 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U [\frac{W}{m^2K}]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 18.

Tablica 18. Kosi krov K1

| K1-Kosi krov | | | |
|--------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Knauf insulation ploča za kose krovove | 1.25 | |
| 2 | HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana | 0.02 | |
| 3 | Mineralna vuna (MW) | 14 | |
| 4 | Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB) | 1.8 | |
| 5 | HOMESEAL LDS 0.02 paropropusna-vodonepropusna folija | 0.02 | |
| 6 | Suhi zrak | 7 | |
| 7 | Crijep | 2 | |
| | U=0.13 ≥ U _{max} =0.25 | | ZADOVOLJAVA |

6.1.9. Kosi krov-K1a

Građevinski dio se sastoji od sedam slojeva koji čine ukupnu debljinu od 26,09 cm, završnim slojem crijepa, spadajući pod vrstu "kosi krov iznad grijanog prostora" površine od 33,92 m². Ovaj građevinski dio ne pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 19.

Tablica 19. Kosi krov K1a

| K1a-Kosi krov | | | |
|---------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Knauf Insulation ploča za kose krovove | 1.25 | |
| 2 | HOMESEAL LDS 100 AluPlus parna brana | 0.02 | |
| 3 | Mineralna vuna (MW) | 14 | |
| 4 | Drvene ploče od usmjerenog iverja (OSB) | 1.8 | |
| 5 | HOMESEAL LDS 0.02 paropropusna-vodonepropusna folija | 0.02 | |
| 6 | Suhi zrak | 7 | |
| 7 | Crijep (krovni) glina | 2 | |
| | U=0.13 ≥ U _{max} =0.25 | | ZADOVOLJAVA |

6.1.10. Zid prema tlu-Z1

Građevinski dio se sastoji od pet slojeva koji čine ukupnu debljinu od 42 cm, završnim slojem bitumenske ljepenke, spadajući pod vrstu "zidovi prema tlu" površine od 35,43 m². Ovaj građevinski dio ne pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U \left[\frac{W}{m^2K} \right]$ ne prekoračuje U_{max} zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 20.


Tablica 20. Zid prema tlu Z1

| Z1-Zid prema tlu | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Armirani beton | 25 | |
| 2 | Bitumenska traka | 0.2 | |
| 3 | Polimerno cementno ljepilo | 0.5 | |
| 4 | Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) | 15 | |
| 5 | Bitumenska ljepenka | 0.8 | |
| U=0.21 ≥ U _{max} =0.40 | | | ZADOVOLJAVA |

6.1.11. Vanjski zid sokl-Z2

Građevinski dio se sastoji od dva slojeva koji čine ukupnu debljinu od 27 cm, završnim slojem vapneno-cementne žbuke, spadajući pod vrstu "vanjski zid" površine od 17,19 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline U [$\frac{W}{m^2K}$] prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 21.

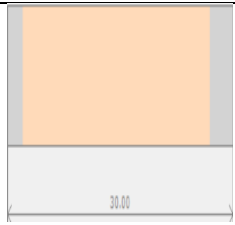
Tablica 21. Vanjski zid sokl

| Z2-Vanjski zid sokl | | | |
|---------------------------------|------------------------|-------------------|--|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Armirani beton | 25 |  |
| 2 | Vapneno-cementna žbuka | 2 | |
| U=3.49 ≥ U _{max} =0.30 | | | NE ZADOVOLJAVA |

6.1.12. Vanjski zid-Z3

Građevinski dio se sastoji od tri sloja koji čine ukupnu debljinu od 29 cm, završnim slojem vapneno-cementne žbuke, spadajući pod vrstu "zidovi prema tlu" površine od 143,22 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline U [$\frac{W}{m^2K}$] prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 22.

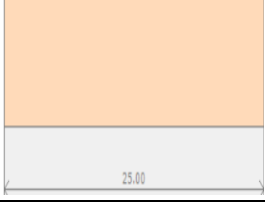
Tablica 22. Vanjski zid

| Z3-Vanjski zid | | | |
|--------------------|-------------------------|-------------------|--|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2 |  |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25 | |
| 3 | Vapneno-cementna žbuka | 2 | |
| U=1.37 ≥ Umax=0.30 | | | NE ZADOVOLJAVA |

6.1.13. Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji-Z4

Građevinski dio se sastoji od jednog sloja, šupljih blokova od gline, koji čini ukupnu debljinu od 25 cm, spadajući pod vrstu "zidovi prema negrijanim prostorijama" površine od 10,86 m². Ovaj građevinski dio pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline $U [\frac{W}{m^2K}]$ prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 23.


Tablica 23. Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji

| Z4-Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji | | | |
|--|---------------------------------|-------------------|--|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Šuplji blokovi od gline | 25 |  |
| | U=1.11 ≥ U _{max} =0.40 | | NE ZADOVOLJAVA |

6.1.14. Zid između negrijanog i vanjskog prostora-Z5

Građevinski dio se sastoji od jednog sloja koji čini ukupnu debljinu od 1,8 cm, završnim slojem drvene ploče od iverja, spadajući pod vrstu "vanjski zid" površine od 13,70 m². Ovaj građevinski dio ne pripada oplošju grijanog dijela zgrade. Koeficijent prolaska topline U [$\frac{W}{m^2K}$] prekoračuje U_{max} ne zadovoljavajući uvjete prolaska topline prikazano tablicom 24.

Tablica 24. Zid između negrijanog i vanjskog prostora

| Z5-Zid između negrijanog i vanjskog prostora | | | |
|--|----------------------------------|-------------------|---|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Drvene ploče od iverja (iverica) | 1.8 |  |
| U=2,86 ≥ Umax=0.30 | | | NE ZADOVOLJAVA |

6.2. Otvori

U otvore ubrajamo prozore, krovne prozore i ulazna, balkonska i garažna vrata. Prozori se sastoje od stakla koji čini veću plošnu površinu tog otvora i okvira pričvršćenoga za konstrukciju zgrade na kojem se onda nalaze krila prozora koja se mogu otvarati ili su pak fiksirana. Kroz prozor se toplina gubi transmisijom i ventilacijom. Također, stakleni dio prozora ima solarne dobitke od sunčevog zračenja što smanjuje potrebnu energiju za grijanjem. Proračun koeficijenta prolaska topline U_w [$W/(m^2 \cdot K)$] prikazan formulom. [4]

$$U_w = \frac{(\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \psi_g)}{(\sum A_g + \sum A_f)}$$

Oznake:

U_g koeficijent prolaska topline ostakljenja [$W/(m^2 \cdot K)$]

U_f koeficijent prolaska topline okvirom [$W/(m^2 \cdot K)$]

ψ_g linijski koeficijent prolaska topline (linijski toplinski most) [$W/(m \cdot K)$]

A_g površina ostakljenja [m^2]

A_f površina okvira [m^2]

l_g duljina spoja elementa ostakljenja s okvirom [m]

Tablicom 25 prikazani su otvori obiteljske kuće.

Tablica 25. Prikaz svih otvora zgrade i njihovih koeficijenata prolaska topline

| Naziv otvora | U_g | U_f | n | ORIJENTACIJA | U_w [W/m^2K] |
|-----------------------|-------|-------|---|----------------------------------|-----------------------|
| Prozor 120/140 | 1.10 | 2.20 | 6 | ISTOK (2), ZAPAD (2), JUG (2) | 1.40 |
| Prozor 70/120 | 1.10 | 2.20 | 1 | ZAPAD | 1.40 |
| Prozor 70/80 | 1.10 | 2.20 | 3 | SJEVER, JUG, ISTOK | 1.40 |
| Prozor 80/80 | 1.10 | 2.20 | 2 | ISTOK, ZAPAD | 1.40 |
| Krovni prozor 46/91,5 | 5.70 | 2.90 | 1 | SJEVER | 5.20 |
| Ulazna vrata 100/205 | 1.10 | 2.20 | 1 | ISTOK | 1.40 |
| Balkonska vrata | 1.10 | 2.20 | 1 | ZAPAD | 1.40 |
| Vrata pregradnog zida | 2.40 | 2.90 | 2 | ISTOK, ZAPAD | 2.20 |
| Garažna vrata 346/218 | 1.10 | 2.20 | 1 | ZAPAD | 1.40 |

6.3. Rezultati proračuna postojećeg stanja obiteljske kuće

Tablicom 26 su prikazani rezultati proračuna za godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje i hlađenje postojećeg stanja obiteljske kuće. Potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ iznosi $148.10 \left[\frac{kWh}{m^2a} \right]$ što ne zadovoljava minimalne uvjete, dok potrebna toplinska energija za hlađenje iznosi $36.48 \left[\frac{kWh}{m^2a} \right]$ što zadovoljava potrebne uvjete. Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka $H'_{tr,adj}$ iznosi 0.98 što ne zadovoljava minimalne uvjete. U desno navedenom stupcu su prikazane maksimalne dopuštene vrijednosti toplinske energije za grijanje, hlađenje i koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka.

Tablica 26. Prikaz rezultata proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje obiteljske kuće postojećeg stanja

| Rezultati proračuna postojećeg stanja | | | | |
|---------------------------------------|----------|-----------------------|----------|-----------------------|
| A [m ²] | 375,56 | fo [m ⁻¹] | 0,98 | |
| Ak [m ²] | 122,33 | Ak' [m ²] | 122,33 | |
| Ve [m ³] | 382,12 | | | |
| QH,nd [kWh/a] | 18228,48 | | | |
| Q"H,nd [kWh/m ² a] | 149,01 | Q"H,nd (max) | 72,27 | NE ZADOVOLJAVA |
| QC,nd [kWh/a] | 4451,61 | | | |
| Q"C,nd [kWh/m ² a] | 36,39 | Q"C,nd (max) | 50 | ZADOVOLJAVA |
| H'tr,adj [W/m ² K] | 0,98 | H'tr,adj (max) | 0,45 | NE ZADOVOLJAVA |
| Htr,adj [W/K] | 369,82 | | | |
| Hve,adj [W/K] | 63,33 | | | |
| QI [kWh] | 32589,09 | Qs | 11306,78 | |
| Qi [kWh] | 5358,05 | Qg | 16664,84 | |

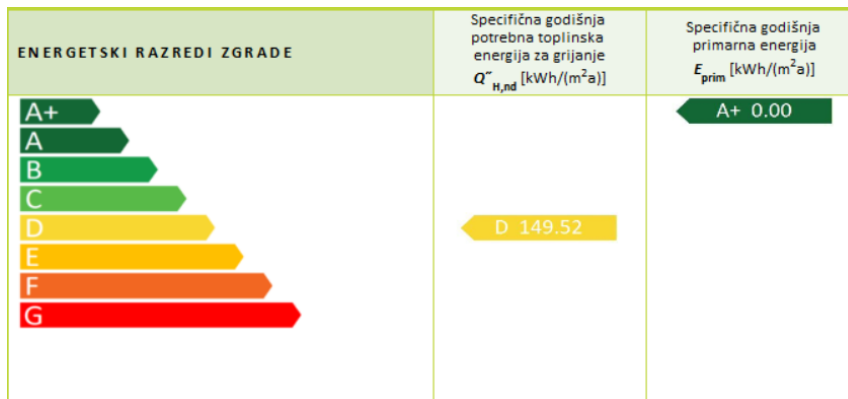
Rezultatima vidimo da su potrebne određene mjere poboljšanja energetske svojstva obiteljske kuće kako bi se njezina toplinska svojstva poboljšala.

6.4. Prikaz energetskog razreda postojećeg stanja

Slikama 17 i 18 prikazan je energetski certifikat obiteljske kuće postojećeg stanja.

| ENERGETSKI CERTIFIKAT ZGRADE | | | |
|--|---|-----------------------------------|---------------|
| prema Pravilniku o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju (NN 88/17, 90/20, 1/21, 45/21) | | | |
| Obiteljska kuća | | | |
| <small>Naziv zgrade</small> | | | |
| Stambena jedinica | | | |
| <small>Naziv samostalne uporabne cjeline zgrade</small> | | | |
| Gornja Mlinoga 30 | 44250 | Petrinja | |
| <small>Ulica i kućni broj</small> | <small>Poštanski broj</small> | <small>Mjesto</small> | |
| PODACI O ZGRADI | <input type="checkbox"/> nova <input checked="" type="checkbox"/> postojeća <input type="checkbox"/> rekonstrukcija | | |
| Vrsta zgrade (prema Pravilniku) | Obiteljske kuće | | |
| Vrsta zgrade prema složenosti tehničkih sustava | Zgrada s jednostavnim tehničkim sustavom | | |
| Vlasnik / investitor | | | |
| k.č.br. | k.č.br.1340 | k.o. | k.o.Mlinoga |
| Ploština korisne površine grijanog dijela zgrade A_k [m ²] | 122.33 | Godina izgradnje / rekonstrukcije | 0 |
| Građevinska (bruto) površina zgrade [m ²] | 174.61 | Mjerodavna meteorološka postaja | Sisak |
| Faktor oblika f_o [m ⁻¹] | 0.98 | Referentna klima | Kontinentalna |

Slika 17. Prikaz osnovnih podataka obiteljske kuće



Slika 18. Prikaz energetskog razreda obiteljske kuće

6.5. Poboljšanje toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom nove stolarija

Prva mjera je nova PVC stolarija koja se sastoji od plastičnog okvira i troslojnog IZO stakla koji ima dva hermetički potpuno zatvorena međuprostora koji su ispunjeni zrakom ili internim plinom. Staklo je ukupne debljine 44 mm koje se sastoji od tri sloja LOW-e stakla od 4 mm i dva međuprostora od 16 mm čime smanjujemo toplinsku provodljivost odnosno toplinske gubitke. Toplinska provodljivost U_g iznosi 0,6 do 1,1 [$\frac{W}{m^2K}$]. IZO staklo prikazano je slikom 19.



Slika 19. Prikaz troslojnog stakla PVC stolarije

Tablicom 27 prikazane je provedene mjere nove stolarije.

Tablica 27. Prikaz provedene mjere ugradnjom nove stolarije

| | U_g | U_f | n | ORIJENTACIJA | U_w [W/m ² K] |
|-----------------------|-------|-------|---|----------------------------------|-------------------------------|
| Prozor 120/140 | 0.50 | 1.40 | 6 | ISTOK (2), ZAPAD (2), JUG (2) | 0.80 |
| Prozor 70/120 | 0.50 | 1.40 | 1 | ZAPAD | 0.80 |
| Prozor 70/80 | 0.50 | 1.40 | 3 | SJEVER, JUG, ISTOK | 0.80 |
| Prozor 80/80 | 0.50 | 1.40 | 2 | ISTOK, ZAPAD | 0.80 |
| Krovni prozor 46/91,5 | 0.50 | 1.40 | 1 | SJEVER | 0.80 |
| Ulazna vrata 100/205 | 0.50 | 1.40 | 1 | ISTOK | 0.80 |
| Balkonska vrata | 0.50 | 1.40 | 1 | ZAPAD | 0.80 |
| Vrata pregradnog zida | 0.50 | 1.40 | 2 | ISTOK, ZAPAD | 0.80 |
| Garažna vrata 346/218 | 0.50 | 1.40 | 1 | ZAPAD | 0.80 |

6.5.1. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon ugrađene stolarije

Tablicom 28 prikazana je razlika potrebne godišnje toplinske energije $Q_{H,nd}$, potrebna količina plina V_{pl} za grijanje izražena u m^3 i emisija ugljičnog dioksida E_{CO_2} za postojeće stanje i novo stanje nakon ugrađene PVC stolarije.

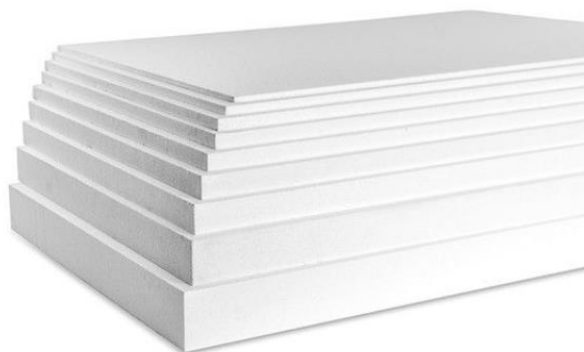
Tablica 28. Prikaz rezultata provedene mjere ugradnjom nove stolarije

| | QH,nd [kWh/a] | Prirodni plin [m3] | Emisija CO2 [kg/a] |
|-----------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| Postojeće stanje | 18,228.48 | 1,960.05 | 3,959.30 |
| Novo stanje stolarija | 17,659.61 | 1,898.88 | 3,835.74 |
| Razlika (Ušteda) | 568.87 | 61.17 | 123.56 |

6.6. Poboljšanje toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom EPS i XPS sustava

6.6.1. EPS, općenito o materijalu

Ekspandirani polistiren (EPS) se prvi puta proizveo u Njemačkoj u ekspandiranom obliku pod trgovačkim imenom Styropor. EPS je organski sintetički toplinsko-izolacijski materijal koji je pjenaste porozne strukture i vrlo niske gustoće. Izrađuje se u obliku ploča najčešćih dimenzija $50\text{ cm} \times 100\text{ cm}$, a volumni udio polistirena u pločama iznosi samo 2%, ostalo je zrak. EPS se na tržištu može najčešće naći u bijeloj boji, a mogu biti i sive boje koje poboljšavaju toplinsko-izolacijska svojstva zbog grafita. Prikazan slikom 20. [4]



Slika 20. Prikaz EPS-a

6.6.1.1. Uporaba i proizvodnja

Osnovni materijal od kojeg je EPS proizveden je stiren koji se dobiva iz kemijske prerade nafte nakon čega se polimerizacijom dobivaju sitne čvrste granule polistirena. Kako bi dobili ekspanzirani polistiren iz granula odvijaju se tri faze: impregniranje, predeksandiranje i ekspanziranje. EPS se koristi za [4]:

- Vanjske zidove
- Ravne krovove
- Kose krovove
- Stropove prema negrijanim prostorijama

6.6.1.2. Toplinske karakteristike materijala

Tablicom 29 prikazana je karakteristična svojstva izolacijskog materijala za mjeru izvedbe. [4]

Tablica 29. Prikaz specifikacijskih svojstva materijala

| Ekspanzirani polistiren (EPS) specifikacije | |
|---|-----------------|
| Gustoća ρ [kg/m^3] | 15 - 30 |
| Toplinska vodljivost λ [$\frac{W}{mK}$] | 0.035 - 0,040 |
| Difuzija vodene pare μ [%] | između 20 i 100 |
| Vijek trajanja t [god] | 50 |
| Otpornost na temperaturu $^{\circ}C$ | 75 - 85 |

6.6.2. Ekstrudirani polistiren (XPS)

XPS ploče se sastoje od tvrde pjene koje karakterizira njihova glatka površina "kožica" koja se dobila proizvodnjom te na taj način ovaj izolacijski materijal ima veću otpornost od djelovanja vode. Također, materijal je otporan na mraz i odbija vodu zbog čega ga je najbolje ugrađivati na onim dijelovima gdje je u kontaktu s tlom. Može se primjenjivati na temperaturama od – 180

°C do 85 °C. Toplinska vodljivost XPS-a iznosi od $\lambda = 0.030$ do $\lambda = 0.040$ $[\frac{W}{mK}]$ i otporniji je na difuziju vodene pare u odnosu na EPS i zbog toga ga ugrađujemo u zoni prskanja kiše za cokolin. Prikazan slikom 21. [4]



Slika 21. Prikaz XPS-a

6.6.2.1. Toplinske karakteristike materijala

Tablicom 30 prikazana je karakteristična svojstva izolacijskog materijala za mjeru izvedbe. [4]

Tablica 30. Prikaz specifikacijskih svojstva materijala

| Ekstrudirani polistiren (XPS) specifikacije | |
|---|---------------|
| Gustoća ρ [kg/m^3] | 28 - 45 |
| Toplinska vodljivost λ $[\frac{W}{mK}]$ | 0.030 - 0,040 |
| Vijek trajanja t [god] | 50 |
| Otpornost na temperaturu °C | 75 - 85 |

6.6.3. Mineralna vuna (MW)

MW je toplinsko izolacijski materijal načinjen od vlakana životinjskog porijekla odnosno mineralne vune. Prilikom tehnološke proizvodnje, vlakna se dobivaju u rastresitom obliku nakon čega na kraju cjelokupnog procesa dobivamo tvrde vunene ploče. Ploče Maseni udio veziva MW iznosi do 7% dok ulja i ostalih dodataka do 1%. Toplinska vodljivost iznosi od $\lambda = 0.035$ do $\lambda = 0.050$ $[\frac{W}{mK}]$. MW je dosta paropropusna dok je s druge strane negoriva i otporna

na mikroorganizme. MW je zajednički naziv za kamenu i staklenu vunu, proizvodi mineralne vune, koji se razlikuju po sirovini od koje se dobivaju, tehnološkom dobivanju i osobnim karakteristikama prikazana slikom 22.



Slika 22. Prikaz mineralne vune

6.6.4. Izvedba nove fasade na građevnim dijelovima Z2 i Z3

Građevni dio se sastoji od ukupno šest slojeva debljine 43.20 cm završnim slojem silikatne žbuke. Tablicom 31 prikazana je provedena druga mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće na građevnom dijelu Z2.

Tablica 31. Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z2

| Z2-Vanjski zid sokl | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Armirani beton | 25 | |
| 2 | Vapneno-cementna žbuka | 2 | |
| 3 | Polimerno-cementno ljepilo | 0.5 | |
| 4 | XPS | 15 | |
| 5 | Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom | 0.5 | |
| 6 | Silikatna žbuka | 0.2 | |
| U=0.21 ≥ U _{max} =0.30 | | | ZADOVOLJAVA |

Građevni dio se sastoji od ukupno šest slojeva debljine 45.20 cm završnim slojem silikatne žbuke. Tablicom 32 prikazana je provedena druga mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće na građevnom dijelu Z3.

Tablica 32. Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z3

| Z3-Vanjski zid | | | |
|---------------------------------|--|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Vapneno-cementna žbuka | 2 | |
| 2 | Šuplji blokovi od gline | 25 | |
| 3 | Vapneno-cementna žbuka | 2 | |
| 4 | Polimerno-cementno ljepilo | 0.5 | |
| 5 | EPS | 15 | |
| 6 | Polimerno-cementno ljepilo armirano staklenom mrežicom | 0.5 | |
| 7 | Silikatna žbuka | 0.2 | |
| U=0.21 ≥ U _{max} =0.30 | | | ZADOVOLJAVA |

6.6.5. Posebna mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnjom mineralne vune vanjskog zida

Građevni dio se sastoji od ukupno šest slojeva debljine 13,07 cm završnim slojem iverice. Tablicom 33 prikazana je provedena druga mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće na građevnom dijelu Z5.

Tablica 33. Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z5

| Z5-Zid između negrijanog i vanjskog prostora | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Gipskartonska ploča | 1.25 | |
| 2 | HOMSEAL LDS 100 AluPlus parna brana | 0.02 | |
| 3 | Mineralna vuna | 10 | |
| 4 | Drvene ploče od iverja (iverica) | 1.8 | |
| U=0.24 ≥ U _{max} =0.30 | | | ZADOVOLJAVA |

6.6.6. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon ugradnje EPS i XPS sustava i mineralne vune vanjskog zida

Tablicom 34 prikazana je razlika potrebne godišnje toplinske energije $Q_{H,nd}$, potrebna količina plina V_{pl} za grijanje izražena u m^3 i emisija ugljičnog dioksida E_{CO_2} za postojeće stanje i novo stanje nakon ugrađene EPS i XPS sustava i mineralne vune vanjskog zida.

Tablica 34. Prikaz rezultata provedene mjere ugradnjom EPS i XPS sustava i MW vanjskog zida

| | QH,nd [kWh/a] | Prirodni plin [m3] | Emisija CO2 [kg/a] |
|------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| Postojeće stanje | 18,228.48 | 1,948.06 | 3,935.06 |
| Novo stanje | 8,769.40 | 942.95 | 1,904.75 |
| Razlika (Ušteda) | 9,459.08 | 1,005.11 | 2,030.31 |

6.7. Posebna mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće ugradnja mineralne vune pregradnog zida

Građevni dio se sastoji od pet slojeva debljine 37.52 cm sa završnim slojem gipskartonske ploče. Tablicom 35 prikazana je provedena treća mjera poboljšanja toplinskih svojstva obiteljske kuće na građevnom dijelu Z4.

Tablica 35. Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z4

| Z4-Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji | | | |
|--|-------------------------------------|-------------------|-----------------|
| Redni broj | Vrsta sloja | Debljina [d] [cm] | Grafički prikaz |
| 1 | Gipskartonske ploče | 1,25 | |
| 2 | HOMSEAL LDS 100 AluPlus parna brana | 0,02 | |
| 3 | Mineralna vuna | 10 | |
| 4 | Šuplji blokovi od gline | 25 | |
| 5 | Gipskartonske ploče | 1,25 | |
| U=0.24 ≥ Umax=0.40 | | | ZADOVOLJAVA |

6.8. Rezultati proračuna novog stanja obiteljske kuće

Tablicom 36 prikazani su rezultati proračuna za godišnju potrebnu toplinsku energiju za grijanje i hlađenje novog stanja obiteljske kuće. Potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ iznosi 55.28 $\left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$ što zadovoljava minimalne uvjete, dok potrebna toplinska energija za hlađenje iznosi 32.21 $\left[\frac{kWh}{m^2a}\right]$ što zadovoljava potrebne uvjete. Koeficijent transmisijskih toplinskih gubitaka $H'_{tr,adj}$ iznosi 0.33 što zadovoljava minimalne uvjete.

Tablica 36. Prikaz rezultata proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje obiteljske kuće novog stanja

| Rezultati proračuna postojećeg stanja | | | | |
|---------------------------------------|----------|-----------------------|----------|-------------|
| A [m ²] | 375,56 | fo [m-1] | 0.98 | |
| Ak [m ²] | 122,33 | Ak' [m ²] | 122.33 | |
| Ve [m ³] | 382,12 | | | |
| QH,nd [kWh/a] | 6762,02 | | | |
| Q''H,nd [kWh/m ² a] | 55.28 | Q''H,nd (max) | 72,27 | ZADOVOLJAVA |
| QC,nd [kWh/a] | 3940,15 | | | |
| Q''C,nd [kWh/m ² a] | 32.21 | Q''C,nd (max) | 50 | ZADOVOLJAVA |
| H'_{tr,adj} [W/m ² K] | 0.33 | H'_{tr,adj} (max) | 0,45 | ZADOVOLJAVA |
| Htr,adj [W/K] | 123,42 | | | |
| Hve,adj [W/K] | 65.59 | | | |
| QI [kWh] | 14003,59 | Qs | 6663.73 | |
| Qi [kWh] | 5358,05 | Qg | 12021.79 | |

6.8.1. Prikaz rezultata proračuna obiteljske kuće nakon provedbe svih mjera

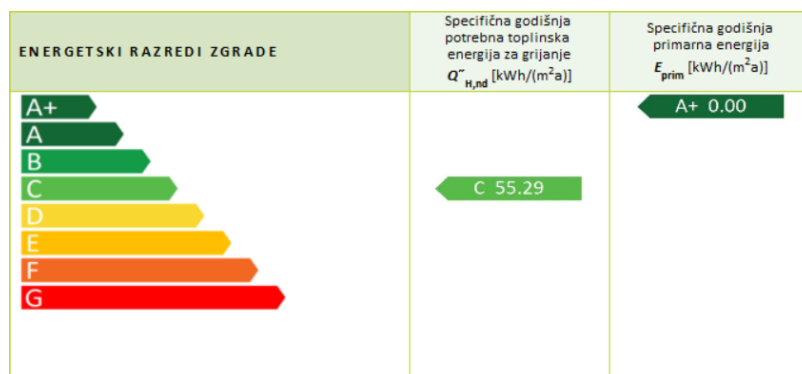
Tablicom 37 prikazana je razlika potrebne godišnje toplinske energije $Q_{H,nd}$, potrebna količina plina V_{pl} za grijanje izražena u m^3 i emisija ugljičnog dioksida E_{CO_2} za novo stanje obiteljske kuće nakon ugradnje svih mjera.

Tablica 37. Prikaz rezultata provedenih svih mjera

| | QH,nd [kWh/a] | Prirodni plin [m ³] | Emisija CO ₂ [kg/a] |
|------------------|---------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Postojeće stanje | 18,228.48 | 1,960.05 | 3,959.30 |
| Novo stanje | 6,762.02 | 727.10 | 1,468.74 |
| Razlika (Ušteda) | 11,466.46 | 1,232.95 | 2,490.56 |

6.9. Prikaz energetskeg razreda novog stanja obiteljske kuće

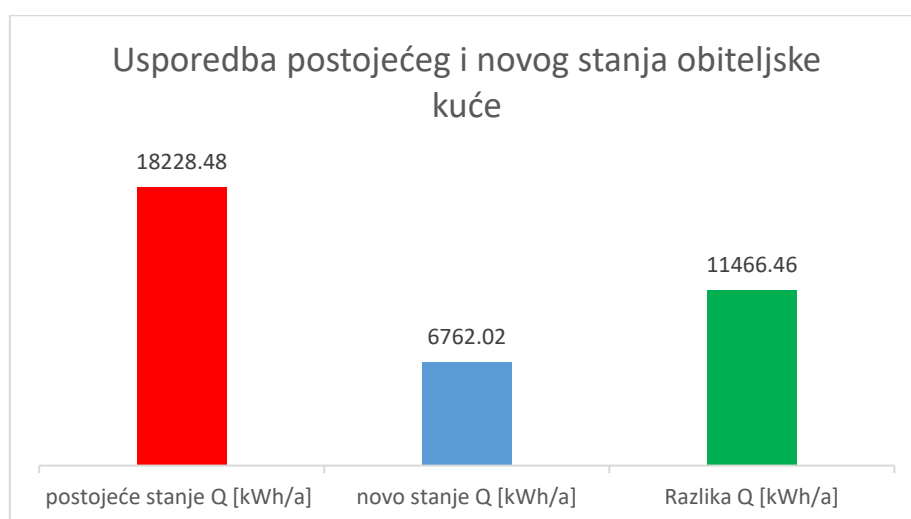
Slikama 23 prikazan je energetski razred obiteljske kuće novog stanja koji iznosi $55.29 \left[\frac{kWh}{m^2 a} \right]$.



Slika 23. Prikaz energetskeg razreda obiteljske kuće novog stanja

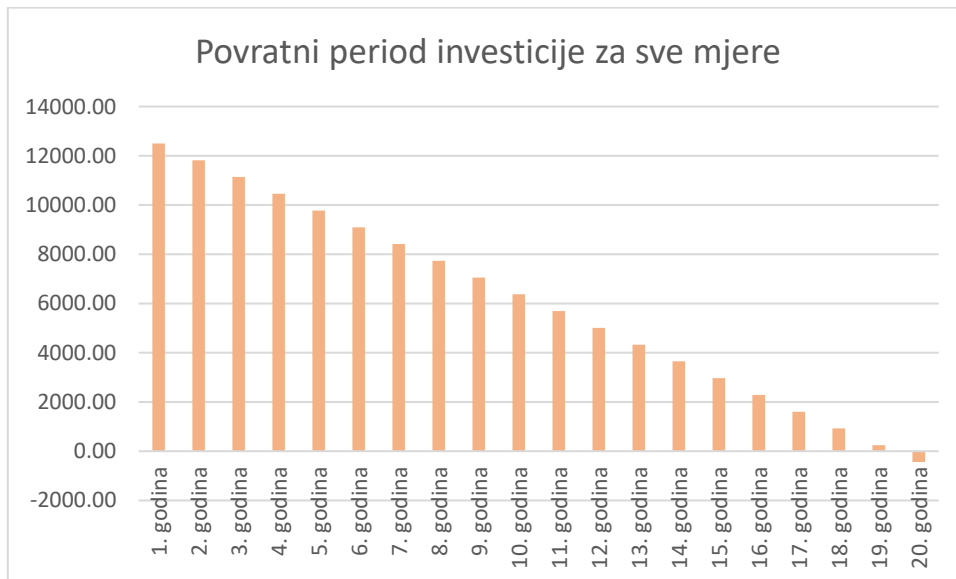
6.10. Konačni rezultati

Nakon provedenih mjera, novim proračunom smo poboljšali toplinska svojstva obiteljske kuće dobivši višji energetski razred, C kod kojega godišnja potrebna energija za grijanje iznosi $6762,02 \left[\frac{kWh}{a} \right]$ dok je u postojećem stanju iznosila $18228,48 \left[\frac{kWh}{a} \right]$, energetski razred D te smo na taj način smanjili gubitke, a razlika iznosi $11466,46 \left[\frac{kWh}{a} \right]$. Prikazano grafom 1.



Graf 1. Prikaz usporedbe potrebne energija postojećeg i novog stanja obiteljske kuće

Izvor energije koji se u obiteljskoj kući koristi je prirodni plin, jedinične vrijednosti 0.0598 €/kWh. Nakon provedenih mjera godišnja ušteda iznosi 685,69 €. Ukupna površina izvedene stolarije je 28,19 m² dok jedinični troškovi stolarije iznose 150 €/m² stoga su ukupni troškovi 4228,5 €. Ukupna površina izvedene fasade, mjere 2 iznosi 161,41 m² dok su jedinični troškovi 50 €/m² stoga su ukupni troškovi 8070,5 €. Ukupna površina pregradnog zida, mjere 3 iznosi 10,86 m², a ukupni troškovi su 200 €. Sveukupni troškovi svih provedenih mjera iznose 12499 €. Ova investicija ima povratni period od 20 godina prikazano grafom 2.



Graf 2. Prikaz povratnog perioda investicije za sve mjere

6.11. Potrebna energija zgrade u odnosu na emisiju CO₂

Pokazatelj emisije nam pokazuje djelovanje stakleničkih plinova, u ovom slučaju stakleničkog plina CO₂ koji negativno utječe na okoliš i zdravlje ljudi. Povećavanje koncentracije ugljičnog dioksida CO₂ u zraku rezultira veći staklenički efekt koji dovodi do globalnog zagrijavanja te na taj način dolazi do različitih poremećaja. Emisija CO₂ većim dijelom proizlazi iz stambenih i poslovnih prostora prilikom oslobađanja energije sagorijevanjem zemnog plina, koji je energent u ovom slučaju. Energetska vrijednost plina iznosi 9,3 $\frac{kWh}{m^3}$ dok kod izgaranja 1 m³ ispušta 2,02 kg ugljičnog dioksida. Određivanje emisije CO₂ za obiteljsku kuću prikazano formulama:

$$V_{pl} = \frac{Q_{H,nd}}{P_{ev}}$$

$$V_{pl} = \frac{18228,48 \text{ kWh}}{9,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{pl} = 1960,05 \text{ m}^3$$

$$E_{CO_2} = V_{pl} \cdot E_{jed}$$

$$E_{CO_2} = 1960,05 \text{ m}^3 \cdot 2,02 \text{ kg}$$

$$E_{CO_2} = 3959,30 \frac{\text{kg}}{\text{a}}$$

V_{pl} ukupni potrební volumen plina za obiteljsku kuću [m^3]

P_{ev} energetska vrijednost plina [$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$]

E_{CO_2} ukupno oslobođenje CO_2 iz kućanstva u specifičnoj godini [$\frac{\text{kg}}{\text{a}}$]

$Q_{H,nd}$ potrebna toplinska energija [kWh/a]

E_{jed} jedinična vrijednost oslobođenja CO_2 za 1 m^3 plina [kg]

Tablicom 38 prikazana je razlika godišnje emisije CO_2 postojećeg i novog stanja obiteljske kuće. Možemo vidjeti da se nakon provedenih mjera emisija CO_2 znatno smanjila za 2506.96 [$\frac{\text{kg}}{\text{a}}$].

Tablica 38. Prikaz emisije CO_2 postojećeg i novog stanja obiteljske kuće

| | Postojeće stanje | Novo stanje |
|---|------------------|-------------|
| Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje QH,nd [kWh/a] | 18228,48 | 6762,02 |
| Godišnja emisija CO_2 [kg/a] | 3959,30 | 1468,74 |

7. Zaključak

Prikazana je analiza energetske svojstava i izračun potrebne energije obiteljske kuće postojećeg stanja na osnovu čega su predložene određene mjere poboljšanja toplinskih svojstava kao što je ugradnja toplinsko izolacijskog materijala i PVC stolarije što je bilo rješenje izvedbe. Krajnjim uvidom smo dobili pozitivne rezultate novog stanja obiteljske kuće čime je pokazano da je moguće smanjiti potrošnju toplinske energije, poboljšati energetski razred i time smanjiti troškove.

U postojećem stanju godišnja potrebna toplinska energija za grijanje iznosila je $18228,48 \left[\frac{kWh}{a} \right]$, potreba za plinom od $1960,05 m^3$ dok je emisija CO_2 iznosila $3959,30 \left[\frac{kg}{a} \right]$. Nakon ugradnje svih potrebnih mjera dobivena je godišnja potrebna toplinska energija za grijanje koja iznosi $6762,02 \left[\frac{kWh}{a} \right]$, potreba za plinom od $1232,95 m^3$ dok emisija CO_2 iznosi $2490,56 \left[\frac{kg}{a} \right]$. Dobiveni rezultati pokazuju razlike (uštedu): kod potrebne toplinske energije za grijanje u iznosu od $11466,46 \left[\frac{kWh}{a} \right]$, potrebe za plinom od $1232,95 m^3$ i emisije CO_2 za $1468,74 \left[\frac{kg}{a} \right]$ manje čime je dokazana učinkovitost i isplativost te smanjenje izgaranja CO_2 .

Ovim rezultatom i analizom je zaključeno da je sa pametnom i financijski isplativom investicijom moguće postići veća energetska svojstva postignuvši time manju potrošnju energije, povećanje ekološke održivosti objekta, bolju toplinsku udobnost te smanjeno zagađivanje okoliša.

8. Literatura

- [1] Dr.sc. Zoran Morvaj, Dr.sc. Vlasta Zanki: Priručnik za energetske savjetnike, poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj, dostupno 12.04.2024.
- [2] <https://shorturl.at/s1Ap4>, dostupno 13.04.2024.
- [3] Metodologija provođenja energetskog pregleda građevine, Zagreb, lipanj 2021. dostupno 19.04.2024.
- [4] Vladimir Šimetin: Građevinska fizika, Zgrada i energija, Zagreb, 2020. dostupno 02.05.2024.
- [5] Autori: prof.dr.sc. Vladimir Soldo, dipl.ing.stroj; Silvio Novak, dipl.ing.građ; Ivan Horvat, mag.ing.stroj; Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Zagreb, ožujak 2014. dostupno 11.05.2024.

Popis slika

Slika 1 Prikaz energetskog certifikata Izvor: <https://www.tportal.hr/biznis/clanak/vodic-za-vlasnike-nekretnina-sve-sto-trebate-znati-o-energetskom-certifikatu-20170803>

Slika 2 Prikaz tijeka provedbe energetskog pregleda zgrade Izvor: [2]

Slika 3 Prikaz prijelaza topline kroz sloj građevnog dijela Izvor: autor

Slika 4 Prikaz toplinskog toka i izoterme Izvor: autor

Slika 5 Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog materijalom Izvor: autor

Slika 6 Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog geometrijom Izvor: autor

Slika 7 Prikaz toplinskog mosta uvjetovanog promjenom materijala i geometrije Izvor: autor

Slika 8 Prikaz svih mogućih transmisijskih gubitaka Izvor: autor

Slika 9 Prikaz tlocrta podruma obiteljske kuće Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 10 Prikaz tlocrta prizemlja obiteljske kuće Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 11 Prikaz tlocrta potkrovlja obiteljske kuće Izvor: [2]

Slika 12 Prikaz presjeka obiteljske kuće Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 13 Prikaz istočnog pročelja Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 14 Prikaz zapadnog pročelja Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 15 Prikaz sjevernog pročelja Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 16 Prikaz južnog pročelja Izvor: Arhitektonski ured: Arhitekti Salopek, Dragutina Careka 1, 44250 Petrinja

Slika 17 Prikaz osnovnih podataka obiteljske kuće Izvor: program KI Expert Plus

Slika 18 Prikaz energetskog razreda obiteljske kuće Izvor: program KI Expert Plus

Slika 19 Prikaz troslojnog stakla PVC stolarije Izvor: <https://www.inoprem.hr/pvc-stolarija-inoprem-pocetna/pvc-prozori/izo-staklo-dvoslojno-i-troslojno/>

Slika 20 Prikaz EPS-a Izvor: <https://www.inoprem.hr/pvc-stolarija-inoprem-pocetna/pvc-prozori/izo-staklo-dvoslojno-i-troslojno/>

Slika 21 Prikaz XPS-a Izvor: <https://www.bitpromet.hr/stirodur-xps-bez-preklopa-10-cm-fibran/brid/1181>

Slika 22 Prikaz mineralne vune Izvor: <https://arkor.hr/shop/cijena/staklena-mineralna-vuna-naturoll-plus>

Slika 23 Prikaz energetskog razreda obiteljske kuće novog stanja Izvor: program KI Expert Plus

Popis tablica

Tablica 1 Prikaz projektne vrijednosti toplinske vodljivosti ispitanih materijala Izvor: Autor

Tablica 2 Prikaz ulaznih podataka za postojeće površine i volumene zgrade Izvor: Autor

Tablica 3 Prikaz ulaznih podataka za temperaturu zraka Izvor: Autor

Tablica 4 Prikaz ulaznih podataka za relativnu vlažnost zraka Izvor: Autor

Tablica 5 Prikaz ulaznih podataka za tlak vodene pare Izvor: Autor

Tablica 6 Prikaz ulaznih podataka za brzinu vjetra Izvor: Autor

Tablica 7 Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje Izvor: Autor

Tablica 8 Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje Izvor: Autor

Tablica 9 Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje Izvor: Autor

Tablica 10 Prikaz ulaznih podataka za globalno sunčevo zračenje Izvor: Autor

Tablica 11 Pod u podrumu Izvor: Autor

Tablica 12 Pod iznad podruma-parket Izvor: Autor

Tablica 13 Pod iznad podruma-parket Izvor: Autor

Tablica 14 Pod iznad podruma-keramika Izvor: Autor

Tablica 15 Pod iznad vanjskog zraka Izvor: Autor

Tablica 16 Međukatna konstrukcija P4 Izvor: Autor

Tablica 17 Međukatna konstrukcija P4a Izvor: Autor

Tablica 18 Kosi krov K1 Izvor: Autor

Tablica 19 Kosi krov K1a Izvor: Autor

Tablica 20 Zid prema tlu Z1 Izvor: Autor

Tablica 21 Vanjski zid sokl Izvor: Autor

Tablica 22 Vanjski zid Izvor: Autor

Tablica 23 Pregradni zid prema negrijanoj prostoriji Izvor: Autor

Tablica 24 Zid između negrijanog i vanjskog prostora Izvor: Autor

Tablica 25 Prikaz svih otvora zgrade i njihovih koeficijenata prolaska topline Izvor: Autor

Tablica 26 Prikaz rezultata proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje obiteljske kuće postojećeg stanja Izvor: Autor

Tablica 27. Prikaz provedene mjere ugradnjom nove stolarije Izvor: Autor

Tablica 28 Prikaz rezultata provedene mjere ugradnjom nove stolarije Izvor: Autor

Tablica 29 Prikaz specifikacijskih svojstva materijala Izvor: Autor

Tablica 30 Prikaz specifikacijskih svojstva materijala Izvor: Autor

Tablica 31 Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z2 Izvor: Autor

Tablica 32 Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z3 Izvor: Autor

Tablica 33 Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z5 Izvor: Autor

Tablica 34 Prikaz rezultata provedene mjere ugradnjom EPS i XPS sustava i MW vanjskog zida
Izvor: Autor

Tablica 35 Prikaz izvedene mjere na građevnom dijelu Z4 Izvor: Autor

Tablica 36 Prikaz rezultata proračuna godišnje potrebne toplinske energije za grijanje i
hlađenje obiteljske kuće novog stanja Izvor: Autor

Tablica 37 Prikaz rezultata provedenih svih mjera Izvor: Autor

Tablica 38 Prikaz emisije CO₂ postojećeg i novog stanja obiteljske kuće Izvor: Autor

Popis grafova

Graf 1 Prikaz usporedbe potrebne energija postojećeg i novog stanja obiteljske kuće Izvor:
Autor

Graf 2 Prikaz povratnog perioda investicije za sve mjere Izvor: Autor



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, Matija Filipović (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Energetski obnova obiteljske kuće (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Filipović Matija
(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.