Ekonomska ocjena projekata energetske učinkovitosti

Krešo, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:736536

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK
Sveučilišni studij

EKONOMSKA OCJENA PROJEKTA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

Diplomski rad

Mario Krešo

Osijek, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
1.1. Zadatak diplomskog rada 2
2. ENERGIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ 3
2.1. Potrošnja u Republici Hrvatskoj 3
2.2. Zgradarstvo 4
2.3. Energetska bilanca zgrada 5
2.4. Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada 6
2.5. Direktive EPBD 2002/91/EZ i EPBD 2010/31/EU 7
3. PROVOĐENJE ENERGETSKOG PREGLEDA OBJEKTA 15
3.1. Vrste energetskog pregleda 15
3.2. Opis objekta 15
3.3. Vanjska ovojnica 21
3.4. Podovi i konstrukcije prema negrijanim prostorima 27
3.5. Proračun potrebne toplinske energije za grijanje građevine 29
4. MJERE ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI 39
4.1. Pregled mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti 39
4.2. Procjena isplativosti mjera energetske učinkovitosti 40
4.3. Mjera energetske učinkovitosti – ETICS sustav 41
4.4. Mjera energetske učinkovitosti – izolacija stropa 46
4.5. Mjera energetske učinkovitosti – izolacija podova 51
4.6. Mjera energetske učinkovitosti – zamjena otvora 58
4.7. Mjera energetske učinkovitosti – sumarne mjere 59
5. FINANCIJSKI POKAZATELJI MJERA ENERGETSKE UČNIKOVITOSTI 66
5.1. Financijski pokazatelji 66
5.2. Usporedba jednostavnog povratnog perioda i neto sadašnje vrijednosti 68
6. ZAKLJUČAK 70
LITERATURA 71
SAŽETAK 73
ABSTRACT 73
ŽIVOTOPIS 74

1. UVOD

Energetska certifikacija zgrada, odnosno klasifikacija i ocjenjivanje zgrada prema potrošnji energije, odnedavno je postala zakonska obveza za zgrade na tržištu nekretnina u Republici Hrvatskoj. Energetski certifikat je dokument koji predočuje energetska svojstva zgrade, ali i jaki marketinški instrument s ciljem promocije energetske učinkovitosti i nisko energetske gradnje i postizanja višeg komfora života i boravka u zgradama. Energetskim certificiranjem zgrada dobivaju se transparentni podaci o potrošnji energije u zgradama na tržištu, energetska učinkovitost prepoznaje se kao znak kvalitete, potiču se ulaganja u nove inovativne koncepte i tehnologije, potiče se korištenje alternativnih sustava za opskrbu energijom u zgradama, razvija se tržište novih nisko energetskih zgrada i modernizira sektor postojećih zgrada, te se doprinosi ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša, [1].

Energetska certifikacija zgrada, kvalitetno provedena i implementirana, može odigrati ključnu ulogu u povećanju standarda gradnje i kvalitetnom osmišljavanju energetskog koncepta novih zgrada te pokretanju sustavne energetske obnove i moderniziranja postojećih zgrada. Time se značajno doprinosi integralnom projektiranju, uzimajući u obzir cijeli životni vijek zgrade, kao i ukupnom smanjenju potrošnje energije i zaštiti okoliša. Integralni pristup razmatranju energetskog koncepta zgrada za struku je danas najveći izazov, koji treba znanje i multidisciplinarnu suradnju svih sudionika u projektiranju i gradnji. Novi integralni pristup projektiranju i gradnji te obnovi naših zgrada zahtijeva jako inženjersko multidisciplinarno znanje i razmatranje zgrade kao složenog sustava, te usku suradnju svih struka koje sudjeluju u procesu od projektiranja i gradnje. Održive metode projektiranja i gradnje imaju mogućnost odgovoriti na nove ekonomske, energetske i ekološke izazove s kojima se susrećemo. To je jedini mogući način smanjenja potrošnje energije i smanjenja ovisnosti o uvozu sve skupljih i sve manje dostupnih energenata. Takav pristup otvara nova radna mjesta i doprinosi gospodarskom razvoju i napretku, te nam pomaže ostvariti zacrtane ciljeve energetske učinkovitosti i zaštite okoliša, [1].

Ovim radom dati će se uvid u potrošnju energije u Hrvatskoj s naglaskom na zgradarstvo. Prikazati će se pravilnici tj. europske direktive koje su primijenjene u hrvatskom zakonodavstvu nakon ulaska u EU. Nakon toga izvršiti će se energetski pregled objekta pri čemu će se opisati sam objekt te analizirati vanjska ovojnica i podovi zajedno s konstrukcijama prema negrijanim prostorima. Nakon definiranja energetskog razreda nerenoviranog objekta primijeniti će se mjere energetske učinkovitosti te svaka zasebno analizirati. U konačnici će se dobiti novi energetski razred sumarnih mjera koji će služiti za analiziranje financijskih pokazatelja mjera energetske

učinkovitosti. Najviše pažnje obratiti će se na jednostavni povratni period zbog količine dostupnih podataka.

1.1. Zadatak diplomskog rada

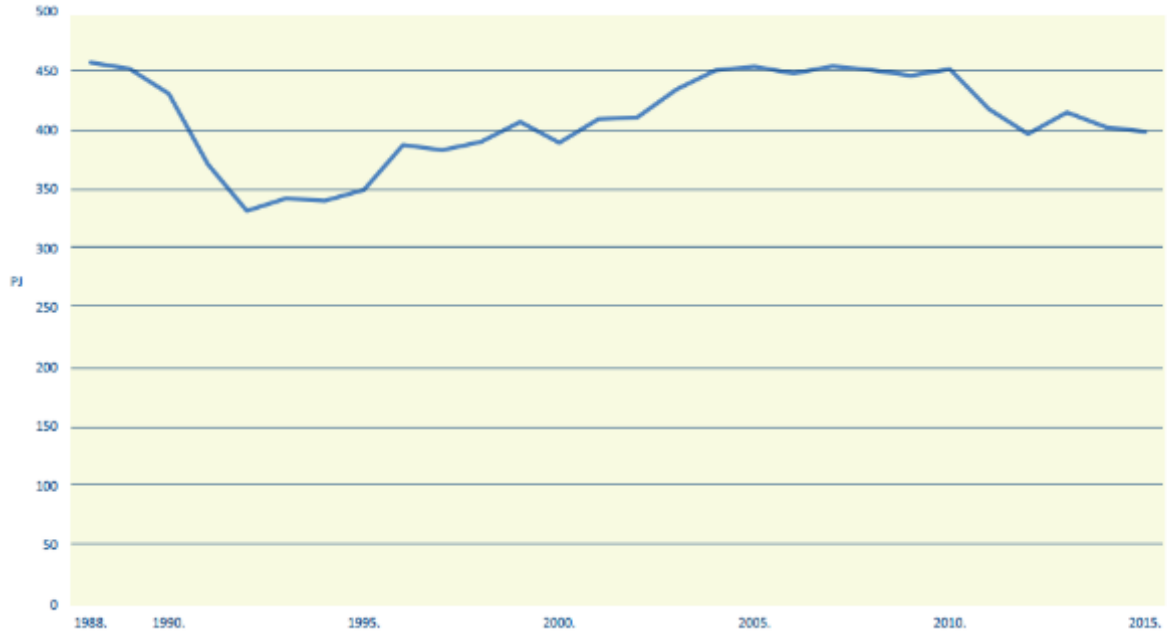
Zadatak rada je na primjeru stambenog objekta izvršiti tehno-ekonomsku analizu implementacije mjera energetske učinkovitosti. Potrebno je praktično provesti i dokumentirati energetski pregled te nakon analize energetskih karakteristika predložiti realne mjere energetske učinkovitosti. Za svaku mjeru izvršiti analizu njenog učinka. U konačnici provesti TELOS analizu poduhvata i iskazati: novčani tok, internu stopu povrata, jednostavni povratni period, povrat ulaganja i neto sadašnju vrijednost.

2. ENERGIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ

2.1. Potrošnja u Republici Hrvatskoj

Obiteljske kuće čine 65% stambenog fonda u Hrvatskoj koji je odgovoran za 40% od ukupne potrošnje energije na nacionalnoj razini. Najviše obiteljskih kuća u Hrvatskoj je izgrađeno prije 1987. godine te nemaju gotovo nikakvu ili samo minimalnu toplinsku izolaciju (energetski razred E i lošiji). Takve kuće troše 70% energije za grijanje, hlađenje i pripremu potrošne tople vode, a mjere energetske učinkovitosti mogu značajno smanjiti njihovu potrošnju, u nekim slučajevima i do 60% u odnosu na trenutnu, [2].

Na slici 2.1 prikazan je razvoj ukupne potrošnje energije u razdoblju od 1988. do 2015. godine. U odnosu na prethodnu godinu ukupna potrošnja energije u 2015. godini smanjena je za 0,9 posto. U razdoblju od 2010. do 2015. godine ostvaren je trend smanjenja ukupne potrošnje energije s prosječnom godišnjom stopom od 2,5 posto. Od 1992. godine, kada je u Hrvatskoj ostvarena minimalna ukupna potrošnja, ukupna potrošnja energije do 2015. godine rasla je s prosječnom godišnjom stopom od 0,8 posto, [3].

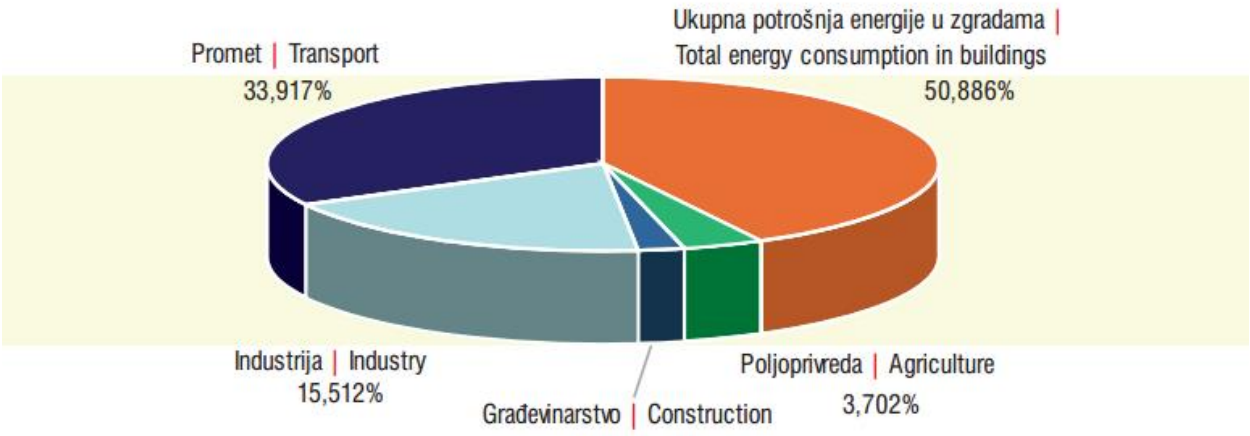


Slika 2.1. Ukupna potrošnja energije, izvor [3]

Trendu smanjenja ukupne potrošnje energije uvelike je doprinijelo uvođenje energetskog certificiranja zbog poticanja na poboljšanja energetskih svojstava zgrade.

2.2. Zgradarstvo

Zgradarstvo je područje koje troši najviše energije. Udio zgradarstva u ukupnoj potrošnji finalne energije iznosi 50,886 % za 2015. godinu. Udjele ostalih potrošnja možemo vidjeti na slici 2.2.



Slika 2.2. Udio ukupne potrošnje u zgradarstvu u 2015. godini u ukupnoj potrošnji finalne energije, izvor [3]

Zgradarstvo u Europskoj Uniji troši 40 % energije i emitira 36 % ukupnih emisija CO2 u atmosferu. Nove zgrade u pravilu imaju potrebu manje od tri do pet litara lož ulja po kvadratnom metru godišnje, a starije zgrade troše oko 25 litara u prosjeku. Neke zgrade zahtijevaju čak i do 60 litara. Trenutno; oko 35 % zgrada u Europskoj Uniji su starije od 50 godina. Poboljšanjem energetske učinkovitosti zgrada, mogli bismo smanjiti ukupnu potrošnju energije u EU do 5-6 % i niže emisije CO_2 za 5 %, [4].

Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke, [5].

2.3. Energetska bilanca zgrada

Energetska bilanca zgrade podrazumijeva sve energetske gubitke i dobitke te zgrade. Pri tome uobičajeno govorimo o toplinskoj bilanci zgrade, odnosno razmatramo koliko je energije potrebno da bi se zadovoljile toplinske potrebe zgrade. Naime, dok god su toplinski dobici energije dovoljni za pokrivanje toplinskih gubitaka, u zgradi će se održavati željeni uvjeti toplinske ugodnosti. Prema tome, mora vrijediti jednakost: Energetski dobici = energetski gubici. Ukupna potrošnja energije u zgradi ovisi o sljedećim sustavima i dijelovima zgrade:

– ovojnici zgrade (zidovi, pod, strop, krovište i pripadajuća toplinska zaštita, prozori)
– sustavu grijanja prostora
– sustavu ventilacije i klimatizacije
– sustavu za pripremu potrošne tople vode
– sustavu električne rasvjete
– ostalim uređajima, [6].

Transmisijski gubici topline nastaju prolazom (transmisijom) topline kroz elemente ovojnice zgrade. Oni ovise o konstrukcijskim elementima zgrade (opeka, armirano-betonska), debljini toplinske zaštite na zidovima, prozorima, vratima, itd. Transmisijski gubici nisu jedini koji određuju potrebe grijanja zgrade. Naime, njima se moraju pribrojiti i toplinski gubici zbog provjetravanja, tzv. ventilacijski gubici (Q_{vent}). Oni se određuju na temelju potrebnog broja izmjena zraka, koje su propisane normama HRN 832:2000 i HRN EN 832/AC:2004.

Osim toplinskih gubitaka, u zgradama imamo i toplinske dobitke koji ne dolaze iz sustava grijanja, tzv. slobodne toplinske dobitke. Ti dobici uključuju toplinu dobivenu od osoba koje borave u prostoru, kao i od različitih uređaja (primjerice, uredska oprema, rasvjeta, kuhinjski uređaji i dr.) koji se u tom prostoru koriste. Te dobitke nazivamo unutarnjim ili internim dobicima (Q_{in}). Osim toga, određena količina topline u prostor dolazi i od Sunčeva zračenja (Q_{sol}), [6].

U konačnici možemo izjednačiti energiju sustava za grijanje, unutarnje toplinske dobitke i toplinske dobitke od sunca sa transmisijskim gubicima, ventilacijskim gubicima i gubicima sustava grijanja.

2.4. Pravilnik o energetskom certificiranju zgrada

Pravilnikom NN 36/10 propisuje se energetsko certificiranje novih i postojećih zgrada.

Posebno se propisuju:

– zgrade za koje je potrebno izdati energetski certifikat o energetskim svojstvima zgrade (u daljnjem tekstu: energetski certifikat) i izuzeća od obveznosti izdavanja energetskog certifikata,

– energetski razredi zgrada,

– sadržaj i izgled energetskog certifikata, izdavanje i važenje,

– energetsko certificiranje novih zgrada,

– energetsko certificiranje postojećih zgrada koje se prodaju, iznajmljuju ili daju na leasing,

– zgrade javne namjene za koje je obvezno javno izlaganje energetskog certifikata i izlaganje energetskog certifikata,

– obveze investitora odnosno vlasnika zgrade u vezi s energetskim certificiranjem zgrade,

– registar izdanih energetskih certifikata,

– nadzor nad provedbom Pravilnika.

Ovim Pravilnikom implementira se Direktiva 2002/91/EC u dijelu koji se odnosi na:

– obvezu vlasnika zgrade da prilikom izgradnje, prodaje ili iznajmljivanja zgrade predoči budućem vlasniku odnosno potencijalnom kupcu ili najmoprimcu energetski certifikat kojemu rok valjanosti nije duži od deset godina,

– obvezu izdavanja i izlaganja energetskog certifikata ne starijeg od 10 godina na jasno vidljivom mjestu, za zgrade javne namjene ukupne korisne površine veće od 1000 m^2 koje koriste tijela javne vlasti i zgrade institucija koje pružaju javne usluge velikom broju ljudi (zgrade s velikim prometom ljudi), [7].

Pravilnik donosi sve pravne informacije potrebne za izradu energetskog certifikata. Također pravilnikom su definirani i energetski razredi. Stambene i nestambene zgrade svrstavaju se u osam energetskih razreda prema energetskoj ljestvici od A+ do G, s time da A+ označava energetski najpovoljniji, a G energetski najnepovoljniji razred. Energetski razredi se iskazuju za referentne klimatske podatke, [8].

19. svibnja 2010. godine na snagu stupa direktiva 2010/31/EU Europskog parlamenta i vijeća o energetskoj učinkovitosti zgrada koja donosi promjene vezane uz obvezu energetskog certificiranja i redovite preglede sustava grijanja i sustava hlađenja ili klimatizacije u zgradi.

2.5. Direktive EPBD 2002/91/EZ i EPBD 2010/31/EU

Zgradarstvo u EU sudjeluje s preko 40% u ukupnoj potrošnji energije. Istovremeno ovaj sektor nudi najveće potencijale za uštede energije. Istraživanja su pokazala da se može uštedjeti više od jedne petine sadašnje potrošnje sektora i do 30-45 Mt CO_2 godišnje primjenom strožih standarda za nove zgrade i zgrade koje se podvrgavaju rekonstrukcijama. Za EU, prema tome, zgradarstvo postaje iznimno važan sektor koji može doprinijeti ispunjavanju obveza smanjivanja stakleničkih plinova prema Kyotskom protokolu. Nadalje, velike razlike u energetskim svojstvima zgrada među zemljama EU, posebice u novim i starim članicama, bile su dodatan razlog za pokretanje inicijative na razini EU u ovom području te za usvajanje Direktive 2002/91/EZ [21] o energetskim svojstvima zgrada. Direktiva pokriva aspekte korištenja energije za grijanje, zagrijavanje potrošne vode, hlađenje, ventilaciju i rasvjetu. Također pokriva i ovojnicu zgrada, dakle toplinski izolaciju, uključujući prozore kao i instaliranu opremu za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (GVK). Direktiva ne pokriva kućanske uređaje, [9].

Najvažniji zahtjevi Direktive su slijedeći:

- Države članice su dužne uspostaviti, i revidirati svoje minimalne standarde energetske efikasnosti, na temelju zajedničke metodologije, i primjenjivati ove standarde za nove zgrade i postojeće veće zgrade (1000 m²), kada su one podvrgnute rekonstrukciji. Propisivanje ovih standarda u potpunosti je prepušteno državama članicama.
- Države članice su dužne osigurati certifikaciju zgrada. Ovo znači da prilikom izgradnje zgrada, njihove prodaje ili iznajmljivanja, države članice moraju osigurati dostupnost certifikata o energetskim svojstvima kojega će vlasnik zgrade dati na uvid potencijalnim kupcima ili unajmljivačima. Certifikacija također treba uključiti savjete kako poboljšati energetska svojstva.
- Države članice su dužne uspostaviti sheme za redovne inspekcije i ocjene sustava GVK.

Praktična primjena ovih elemenata Direktive prepuštena je država članicama. Svrha Direktive je poboljšati energetska svojstva zgrada u EU, uzimajući u obzir vanjske klimatske i lokalne uvjete, kao i zahtjeve za toplinske uvjete unutar zgrada. Direktiva postavlja zahtjeve glede:

- Općeg okvira za metodologiju izračuna integralnih energetskih svojstava zgrada
- Primjenu minimalnih standarda za nove zgrade
- Primjenu minimalnih standarda za velike postojeće zgrade koje se rekonstruiraju
- Primjenu energetskih certifikata za zagrade
- Redovnu inspekciju kotlova i sustava ventilacija i klimatizacije uz ocjenu sustav grijanja u kojima su kotlovi stariji od 15 godina, [9]

Države članice dužne su usvojiti metodologiju za izračun integralnih energetskih svojstava zgrada. Okvir za ovu metodologiju dan je u Prilogu Direktive. Različiti tipovi zgrada, razlike s obzirom na složenost i funkcionalnost mogu zahtijevati varijacije u metodologiji izračuna. Isto tako se varijacije mogu očekivati i između novih i postojećih zagrada. Ovakve su varijacije dopuštene dok god se poštuje okvir postavljen u Prilogu Direktive. Energetska svojstva zgrade moraju biti izražena transparentno i mogu uključiti i indikator emisije CO_2.
Na temelju metodologije iz članka 3. Direktive, države članice dužne su uspostaviti minimalne zahtjeve za energetskim svojstvima zgrada. Te je zahtjeve potrebno revidirati barem svakih pet godina kako bi se u obzir uzeo tehnološki napredak, no odluka o tome je li došlo do tehnološkog napretka koji zahtjeva promjenu je na samim državama članicama.
Zahtjevi se mogu razlikovati s obzirom na različite kategorije zgrada i njihovu starost, a trebaju uvažiti i zahtjeve za unutarnjim klimatskim karakteristikama, kao i vanjske uvjete. Ovo je posebno naglašeno zbog problema koji poznat kao „sindrom bolesnih zgrada“ – iznimno strogi zahtjevi za toplinskom izolacijom zgrada mogu dovesti smanjenja potrebnog protoka zraka u njima, što može uzrokovati pojavu snijeti i plijesni u unutrašnjosti zgrada, [9].

Zahtjevi također trebaju u obzir uzeti utvrđenu funkciju zgrada. U točki 3. Priloga Direktive navodi se kategorizacija zgrada s obzirom na namjenu, u skladu s Eurostatovim konvencijama:

- Obiteljske kuće različitih tipova;
- Stambene zgrade;
- Uredi;
- Zgrade za obrazovanje;
- Bolnice;
- Hoteli i restorani;
- Sportski objekti;
- Zgrade za veleprodaju i maloprodaju;
- Ostale.

Minimalni zahtjevi o energetskim svojstvima ne moraju se primjenjivati na slijedeće zgrade:

- Zgrade pod zaštitom (od arhitektonskog, povijesnog i kulturnog značaja);
- Crkve, svetišta i druge zgrade vjerske namjene;
- Privremene građevine, s planiranim vremenom korištenja dvije godine ili manje; industrijske zgrade, radionice, poljoprivredne zgrade s niskim energetskim zahtjevima
- Stambene zgrade koje se namjeravaju koristiti manje od četiri mjeseca godišnje
- Samostojne građevine površine od 50m^2, [9].

Definiranje zahtjeva u smislu kWh/m^2 prepušteno je državama članicama. Minimalne zahtjeve o energetskim svojstvima zgrada države članice dužne su primjenjivati na sve nove zgrade koje

nisu isključene člankom 4. Osim toga, za nove zgrade korisne površine veće od 1000 m² potrebno je osigurati da se prije gradnje razmotri uporaba OIE, kogeneracije, područnog grijanja i hlađenja ako je dostupno i dizalica topline pod propisanim uvjetima. Ovaj zahtjev podrazumijeva obvezu provođenja studija izvodljivosti primjene ovakvih sustava u fazi projektiranja, tj. prije same izgradnje postrojenja. Države članice dužne su osigurati da se minimalni zahtjevi o energetskim svojstvima primjenjuju za postojeće zgrade korisne površine veće od 1000 m² na kojima se provode velike rekonstrukcije. 'Velika rekonstrukcija' definirana je u preambuli (13) kao zahvat čiji troškovi prelaze 25% vrijednosti zgrade isključujući vrijednost zemljišta na kojem se zgrada nalazi, ili zahvati u kojima se renovira više od 25% ovojnice zgrade. Države članice obvezne su osigurati izdavanje certifikata o energetskim svojstvima zgrada, tj. vlasnici zgrada dužni su osigurati uvid u certifikate potencijalnim kupcima ili unajmljivačima. Valjanost certifikata ne smije biti duža od 10 godina. Za zgrade za koje se ne moraju primjenjivati zahtjevi o energetskim svojstvima, ne mora se primjenjivati niti obveza certificiranja. Certifikat mora sadržavati referentne vrijednosti i *benchmarke* kako bi korisnik mogao izvući jasne zaključke o zadovoljavanju standarda i energetskim svojstvima. Certifikat također mora sadržavati preporuke za ekonomski isplativa poboljšanja energetskih svojstava. No, treba istaknuti da Direktiva ne postavlja obvezu na vlasnika zgrade za primjenu ovih preporuka. Izuzetno važno je osigurati da zgrade korisne površine veće od 1000 m2 koje koriste tijela državne i lokalne (samo)uprave i institucije koje pružaju javne usluge velikom broju osoba i stoga su vrlo posjećene, budu obvezne izložiti certifikat o energetskim svojstvima na vidljivo i istaknuto mjesto, [9].

Države članice dužne su odabrati jednu od slijedeće dvije opcije:

a) uspostaviti sustav redovnih energetskih pregleda kotlova koji koriste neobnovljiva tekuća ili kruta goriva, nazivne snage od 20 kW do 100 kW. Za kotlove snage veće od 100 kW energetskih pregleda se mora provoditi barem svake dvije godine. Za plinske kotlove ovo se razdoblje može produljiti na 4 godine. Za sustave grijanja s kotlovima snage veće od 20 kW i starije od 15 godina, države članice dužne su uspostaviti shemu jednokratnih pregleda (energetskih pregleda) čitavog sustava grijanja, koji treba uključiti ocjenu efikasnosti kotla i njegovog kapaciteta s obzirom na toplinske zahtjeve zgrade. Stručnjaci trebaju korisnicima dati preporuke o zamjeni kotla, drugim modifikacijama sustava grijanja ili alternativnim rješenjima; ili
b) osigurati savjete korisnicima o zamjeni kotla, drugim modifikacijama sustava grijanja ili alternativnim rješenjima, uključujući i mogućnost energetskog pregleda za određivanje

dostatnosti kapaciteta kotla. Ukupni učinak ovog pristupa mora biti ekvivalentan pristupu pod (a) što države moraju dokazati u izvješću Europskoj komisiji.

Države članice dužne su uspostaviti shemu redovnih energetskih pregleda sustava za klimatizaciju nazivne snage veće od 12 kW. Energetski pregled treba uključiti ocjenu efikasnosti sustava te dostatnosti njegovog kapaciteta s obzirom na zahtjeve za hlađenjem zgrade. Stručnjaci trebaju korisnicima dati preporuke za moguća poboljšanja ili zamjene sustava ili za alternativna rješenja. Potrebno je propisati redovni energetski pregled kotlova na tekuća i kruta goriva nazivne snage 20 kW do 100 kW, s tim da je za kotlove nazivne snage veće od 100 kW takav energetski pregled potrebno provoditi barem svake dvije godine. Za plinske kotlove veće od 100 kW energetski pregled treba provoditi barem svake četiri godine. Za kotlove za grijanje snage veće od 20 kW i starije od 15 godina, države članice dužne su uspostaviti shemu jednokratnih pregleda (energetskih pregleda) čitavog sustava grijanja, koji treba uključiti ocjenu efikasnosti kotla i njegovog kapaciteta s obzirom na toplinske zahtjeve zgrade. Stručnjaci trebaju korisnicima dati preporuke o zamjeni kotla, drugim modifikacijama sustava grijanja ili alternativnim rješenjima. Države članice dužne su uspostaviti shemu redovnih energetskih pregleda sustava za klimatizaciju nazivne snage veće od 12 kW. Energetski pregled treba uključiti ocjenu efikasnosti sustava te dostatnosti njegovog kapaciteta s obzirom na zahtjeve za hlađenjem zgrade. Stručnjaci trebaju korisnicima dati preporuke za moguća poboljšanja ili zamjene sustava ili za alternativna rješenja, [9]

Krajem 2002. na snagu je stupila Direktiva o energetskim značajkama zgrada (2002/91/EC) /The Energy Performance of Builidings Directive, EPBD/, čiji je glavni cilj uspostaviti trajne, jedinstvene mehanizme za poboljšanje energetskih značajka zgrada stambene i javne namjene na razini EU-a, uzimajući u obzir klimatske i lokalne razlike između pojedinih država.

Jedna od najvažnijih značajka EPBD-a je da se s energetskog aspekta zgrada promatra kao energetska cjelina. Ta cjelina obuhvaća s jedne strane energetske značajke građevne konstrukcije i elemenata, a s druge svu instaliranu energetsku opremu u zgradi (sustav za grijanje, pripremu tople vode, rasvjetu, hlađenje, prozračivanje i dr.). EPBD ne obuhvaća ne instaliranu opremu u zgradi (npr. kućanski uređaji, uredska oprema, samostojeća rasvjetna tijela i dr.).

Integralni pristup različitim energetskim parametrima u zgradi, što zahtijeva EPBD, omogućuje definiranje jedinstvenih pokazatelja energetskih značajka zgrade, te zajedničku metodologiju i nazivlje na razini EU-a. Na taj se način postiže određena razina usklađenosti, čime se olakšava postizanje osnovnih zajedničkih ciljeva: povećanja potencijala energetskih ušteda i smanjenja emisije CO2 u zgradarstvu EU-a. Sve zgrade koje se grade, prodaju ili iznajmljuju bit će certificirane i takvi energetski certifikati s podacima o godišnjoj potrošnji za grijanje zgrade bit

će dani na uvid svim zainteresiranim strankama. Sve to trebalo bi pokrenuti tržište u smjeru povećanja energetske efikasnosti, [9].

Direktiva EPBD određuje da države članice moraju osigurati ovlaštene stručnjake za postupak certificiranja zgrada, nadzor nad sustavom za grijanje i prozračivanje te sastavljanje pratećih preporuka za poboljšanja tih sustava u smislu uštede energije i emisije štetnih tvari. Poduzete mjere u zgradarstvu s ciljem energetske efikasnosti smatraju se uspješnim ako rezultiraju smanjenjem potrošnje energije, a time i smanjenjem računa za potrošenu energiju, uz povećanje ili zadržavanje razine temperaturne i drugih udobnosti korisnika zgrade. Poznato je da poboljšanje toplinske izolacije zgrade znači uklanjanje tako zvanih „hladnih točaka“ i znatno povećava razinu temperaturne udobnosti korisnika prostora uz istodobno smanjivanje potrošnje energije, [9].

Direktivom (EPBD) su propisani osnovni zahtjevi koje sve zemlje članice moraju poštovati. Brojna iskustva su pokazala da je za odabir najboljega pristupa upravljanju energijom u postojećim zgradama, koji se temelji na najdjelotvornijim mjerama energetske efikasnosti za promatranu zgradu, nužno provesti energetsku neovisnu ocjenu. Ta ocjena, osim prikupljanja podataka, obuhvaća i obradbu prikupljenih podataka koja je podijeljena u 4 skupine, i to:

1. uporaba, potrošnja i troškovi energije;
2. godišnja potrebna toplina za grijanje;
3. procjena potencijala energetskih ušteda zgrade;
4. zaključna razmatranja koja sadrže energetske značajke zgrade i prijedlog ekonomski opravdanih mjera energetske efikasnosti.

Izražavanje energetskih značajka zgrade je potrebno jer omogućuje energetsku certifikaciju zgrada te potiče vlade, projektante zgrada, vlasnike, korisnike i druge da poboljšaju energetske značajke zgrada, [9].

U skladu s Direktivom, sve zgrade koje se grade, prodaju ili iznajmljuju bit će certificirane i takvi energetski certifikati s podacima o godišnjoj potrošnji za grijanje zgrade bit će izloženi ili dani na uvid svim zainteresiranim strankama. Laka usporedba energetskih karakteristika zgrada omogućit će građevinskoj industriji da koristi te podatke kao sredstvo marketinga. Uvođenjem energetskih iskaznica za zgrade kao i certificiranjem zgrada, energetski efikasne, dobro izolirane zgrade s niskom potrošnjom energije znatno će dobiti na vrijednosti na tržištu nekretnina, dok će zgradama s velikom potrošnjom energije vrijednost pasti. Sve to trebalo bi pokrenuti tržište u smjeru povećanja energetske efikasnosti. Novi tehnički propis o uštedi toplinske energije i toplinskoj zaštiti kod zgrada, kao i aktivnosti u smjeru implementacije Direktive o energetskim karakteristikama zgrada, nužno će prouzročiti i promjene na tržištu, [9].

Energetsko certificiranje zgrada zahtijeva metode koje su primjenjive i na nove i na postojeće zgrade i tretira ih na jednak način. Dakle norme prezentiraju metodologiju koja daje ekvivalentne rezultate za različite nizove podataka. U slučaju starih zgrada često nedostaju podatci te treba izvršiti procjenu vrijednosti tih zgrada te izračunati standardnu energiju potrebnu za grijanje i hlađenje prostora, prozračivanje, toplu vodu i rasvjetu. Složenost EPBD-a lako je uočljiva s pomoću međusobne povezanosti norma potrebnih za određivanje kako projektiranih tako i realiziranih energetskih značajka zgrada, [9].

U svibnju 2010. godine usvojene su izmjene i dopune Direktive 2002/91/EZ u obliku nove Direktive 2010/31/EU. Najvažniji zahtjevi Direktive 2010/31/EU su slijedeći:

1. Države članice dužne su uspostaviti metodologiju za izračun integralnih energetskih svojstava zgrada (energetsko svojstvo zgrade je definirano kao količina stvarno potrošene ili procijenjene energije za različite potrebe zgrade povezane s karakterističnom uporabom zgrade, a uključuje, između ostalog, energiju za grijanje, hlađenje, potrošnu toplu vodu, ventilaciju i rasvjetu), koja će biti u skladu s općim okvirom danim u Prilogu 1 Direktive, na nacionalnoj i regionalnoj razini;
2. Države članice su dužne uspostaviti svoje minimalne standarde energetske učinkovitosti za zgrade i dijelove zgrade koji imaju značajan utjecaj na potrošnju energije. Pri tome, mogu se uspostaviti različiti zahtjevi za nove i postojeće zgrade kada se obnavljaju, a također se diferencijacija može izvršiti i prema tipovima zgrada. Ovi minimalni zahtjevi trebaju se revidirati najmanje svakih pet godina, a trebaju biti temeljeni na izračunu troškovno optimalne razine energetske učinkovitosti zgrade. Navedeni se standardi ne moraju primjenjivati na zgrade pod kulturnom zaštitom, na religijske objekte, privremene zgrade koje se koriste manje od 2 godine, industrijske i poljoprivredne zgrade s malom potrošnjom energije, stambene zgrade koje se koriste manje od 4 mjeseca godišnje ili se koriste tako da se očekuje potrošnja energije manja od 25% cjelogodišnje potrošnje energije te samostojeće zgrade površine manje od 50 m2;
3. Sve nove zgrade moraju zadovoljavati minimalne standarde. Dodatno, pri projektiranju novih zgrada potrebno je tehnički, okolišno i ekonomski ocijeniti mogućnost korištenja OIE, kogeneracije, sustava daljinskog grijanja (i/ili hlađenja) i dizalica topline;
4. Za postojeće zgrade koje se obnavljaju, države članice moraju osigurati da obnovljena zgrada ili njezini dijelovi zadovoljavaju minimalne standarde;
5. Također je potrebno uspostaviti i zahtjeve za tehničke sustave u zgradi, i to za: sustave grijanja, pripremu PTV, klimatizaciju, velike ventilacijske sustave;

6. Najveći novitet u odnosu na prethodnu inačicu Direktive, jest uvođenje pojma „zgrada gotovo nulte potrošnje energije“ te obveze državama članicama da izrade nacionalne planove za povećanje izgradnje takvih zgrada te da osiguraju da do 31.12. 2020. godine sve novoizgrađene zgrade imaju gotovo nultu potrošnju energije. Sve nove zgrade koje koriste javne vlasti i ustanove nakon 31.12.2018. moraju biti gotovo nul-energetske;
7. Kako bi se omogućilo ostvarivanje plana povećanja broja zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije, nužno je osigurati financijske poticaje za tu svrhu na nacionalnoj razini te Komisiji prijaviti te mjere i njihovu djelotvornost svake tri godine;
8. Izdavanje energetskog certifikata zgrade postaje obveza za sve zgrade koje su izgrađene za, prodane ili iznajmljene novom stanaru te za sve zgrade koje koristi javni sektor površine veće od 500 m2 (09.07.2015. ova se granica pomiče na 250 m2), koji ujedno ima obvezu i taj certifikat javno izložiti na vidljivo mjesto. Indikacija razreda energetske učinkovitosti iz energetskog certifikata zgrade mora biti sastavni dio oglasa za prodaju ili iznajmljivanje zgrade;
9. Sustavi grijanja s kotlovima većim od 20 kW i sustavi klimatizacije veći od 12 kW u zgradama moraju se redovito pregledavati i izvještaji o tome dati na uvid vlasniku ili stanaru;
10. Energetske certifikate i preglede sustava grijanja i klimatizacije mogu obavljati samo za to ovlaštene osobe te je potrebno uspostaviti sustav neovisne kontrole izdanih certifikata i izvješća o obavljenim pregledima;
11. Države članice dužne su osigurati informacije građanima o njihovim pravima i dužnostima vezanim uz energetske certifikate i preglede sustava grijanja i klimatizacije u zgradama.
12. Jedan od najistaknutijih zahtjeva Direktive jest energetsko certificiranje zgrada (članci 11, 12 i 13). Iako u ovom dijelu nije eksplicitno navedena potreba energetskog pregleda zgrade, iz sadržaja energetskog certifikata evidentno je da je njega jedino moguće izraditi temeljem provedenog energetskog pregleda zgrade (naime, certifikat mora sadržavati prijedlog troškovno djelotvornih mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti, što se upravo i određuje postupkom energetskog pregleda). Energetski certifikat na najslikovitiji način prikazuje energetsko svojstvo zgrade, te je i instrument koji između ostalog služi promociji povećanja energetske učinkovitosti zgrade. Kako bi se taj instrument osnažio, kod prodaje zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade, u medijima je potrebno navesti i pokazatelj energetskog svojstva zgrade ili samostalne uporabne cjeline zgrade koja se prodaje.

13. Javno izlaganje energetskog certifikata zgrade obvezno je za zgrade koje koriste tijela javne vlasti (javni sektor), a preporuka je da se uključe i zgrade drugih namjena s velikim prometom ljudi kao što su trgovački centri, restorani, supermarketi, kazališta, banke i hoteli.
14. Članci 14., 15. i 16. Direktive govore o obvezi država članica da uspostave sustave redovitih pregleda sustava grijanja i sustava klimatizacije zgrade uključuju pregled svih dostupnih dijelova tih sustava.
15. Za sustave grijanja to uključuje generatore topline (kotlove), sustav nadzora i optočne pumpe. Obveza se odnosi na sustave s kotlovima efektivne nazivne snage za potrebe grijanja prostora veće od 20 kW. Pregled obuhvaća i procjenu učinkovitosti kotla i veličine kotla u usporedbi s toplinskim zahtjevima zgrade. Ukoliko postoji sustav elektroničkog nadzora rada sustava, tada se može smanjiti učestalost pregleda. Sustave grijanja s kotlovima nazivne snage veće od 100 kW treba pregledavati najmanje svake dvije godine.
16. Redoviti pregledi sustava klimatizacije uključuju pregled svih dostupnih dijelova tog sustava koji ima efektivnu nazivnu snagu veću od 12 kW. Pregled mora uključiti procjenu učinkovitosti i veličine sustava klimatizacije u usporedbi s potrebama za hlađenje zgrade. Ukoliko postoji sustav elektroničkog nadzora rada sustava, tada se može smanjiti učestalost pregleda.
17. Zahtjev za redovitim pregledom sustava grijanja i klimatizacije može se ispuniti i na način da se poduzimaju mjere kojima se osigurava da korisnici dobiju savjete vezano na zamjenu kotlova odnosno sustava klimatizacije ili poduzimanje drugih promjena na sustavu grijanja odnosno klimatizacije. U tom slučaju, učinak ovog pristupa mora biti jednak onome koji bi se postigao primjenom redovitih pregleda.
18. Svaki pregled sustava grijanja odnosno klimatizacije uključuje i izvješće o tom pregledu koje obuhvaća i preporuke za učinkovito poboljšanje energetskih svojstava tog pregledanog sustava. Izvješće se dostavlja vlasniku ili najmoprimcu, a podliježe i neovisnoj kontroli.
19. Poslove energetskog certificiranja zgrada i provođenja redovitih pregleda sustava grijanja i klimatizacije zgrada provode kvalificirani i/ili ovlašteni stručnjaci na neovisan način (u svojstvu privatnih osoba ili kao zaposlenici u tijelima javne vlasti ili privatnim poduzećima). Javnosti trebaju biti dostupne informacije o osposobljenosti i ovlaštenjima tih stručnjaka, [9].

3. PROVOĐENJE ENERGETSKOG PREGLEDA OBJEKTA

3.1. Vrste energetskog pregleda

Energetski pregled je postupak koji se provodi u cilju utvrđivanja energetskog stanja i identifikacije mjera za povećanje energetske učinkovitosti. Energetski pregled provodi se za zgradu, dio zgrade ili energetski sustav zgrade, ali i na razini naselja, grada ili županije.[1]

Prema opsegu i detaljnosti provedenog istraživanja razlikujemo:

1. Preliminarni energetski pregled – sastoji se od slijedećih koraka: izrada energetske i troškovne bilance; analiza potrošnje energije u ovisnosti o proizvodnji; izrada bilance potrošnje energije po potrošačima; uočavanje potencijala za uštede; vrednovanje prepoznatih potencijala za uštede te izradu završnog izvješća za klijenta.
2. Detaljni energetski pregled – najvažniji čimbenik je mjerenje koje se odvija u razmaku od jednog do nekoliko tjedana

Preliminarni energetski pregled zgrade uključuje kratki uvid u stanje energetskih svojstava zgrade, s ciljem utvrđivanja potencijala za povećanje energetske učinkovitosti, odnosno potrebe za provođenjem detaljnog energetskog pregleda.

3.2. Opis objekta

Analizirani objekt je obiteljska kuća prizemnica, samostojeća, s osiguranim prirodnim provjetravanjem svih prostorija. Osnovni parametri građevine su slijedeći:

Tablica 3.1. *Osnovni parametri građevine*

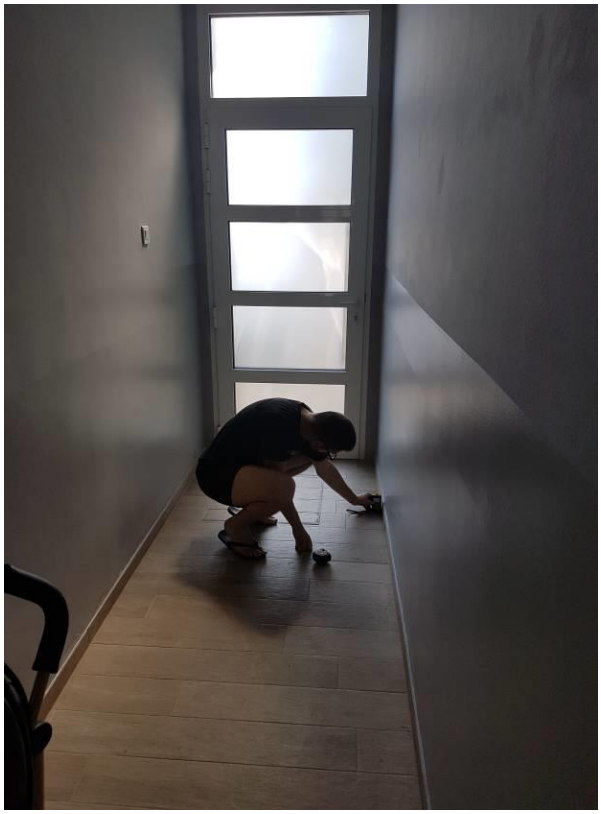
Oplošje grijanog dijela zgrade A [m^2]	300,15
Oplošje vanjske ovojnice bez otvora [m^2]	159,60
Oplošje podova [m^2]	94,58
Oplošje zidova prema negrijanim prostorijama [m^2]	36,46
Oplošje otvora [m^2]	9,50
Obujam grijanog dijela zgrade V_e [m^2]	301,38
Faktor oblika zgrade f_0 [m^{-1}]	0,99
Ploština korisne površine zgrade A_k [m^2]	82,15

Mjerenje dimenzija objekta vršeno je uređajem „Stabila – LD 320“ kojeg možemo vidjeti na slici 3.1. Radi se o preciznom laserskom daljinomjeru koji se koristi u svrhu geodetskih mjerenja. Njegove karakteristike upućuju na sposobnost mjerenja od 0,05 do 40m, uz kontrolu kvalitete mjerenja po normi ISO 16331-1.

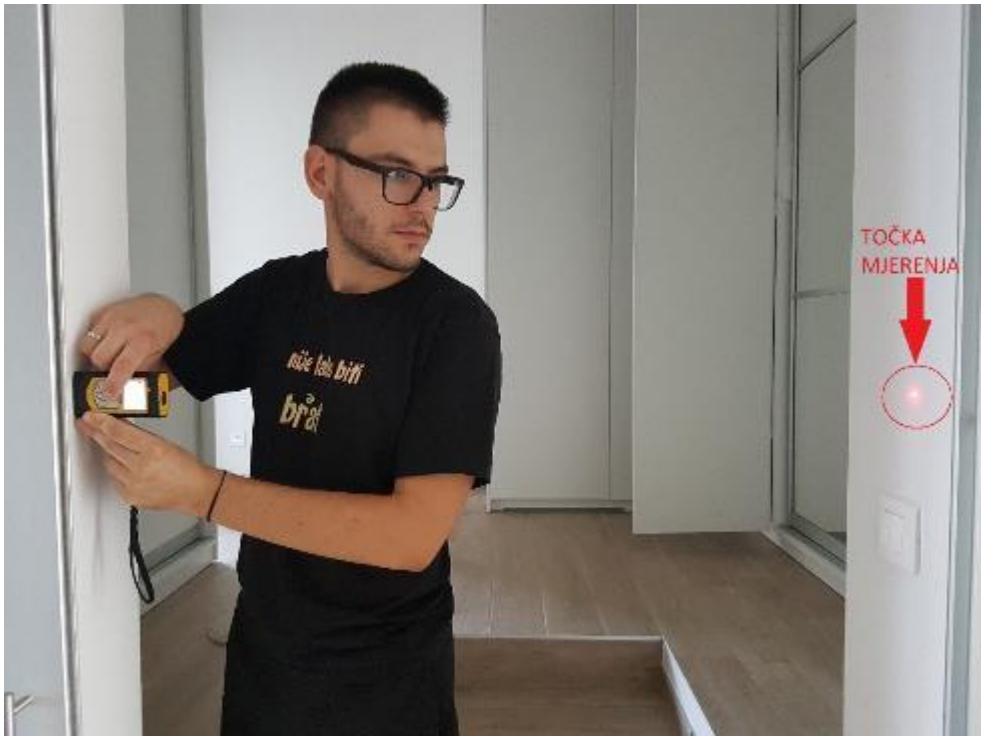


Slika 3.1. *Laserski daljinomjer Stabila – LD 320 ispar*

Sva mjerenja vršila su se precizno po pravilima struke uz prisustvo geodeta. a sam način mjerenja možemo vidjeti na slijedećim slikama.

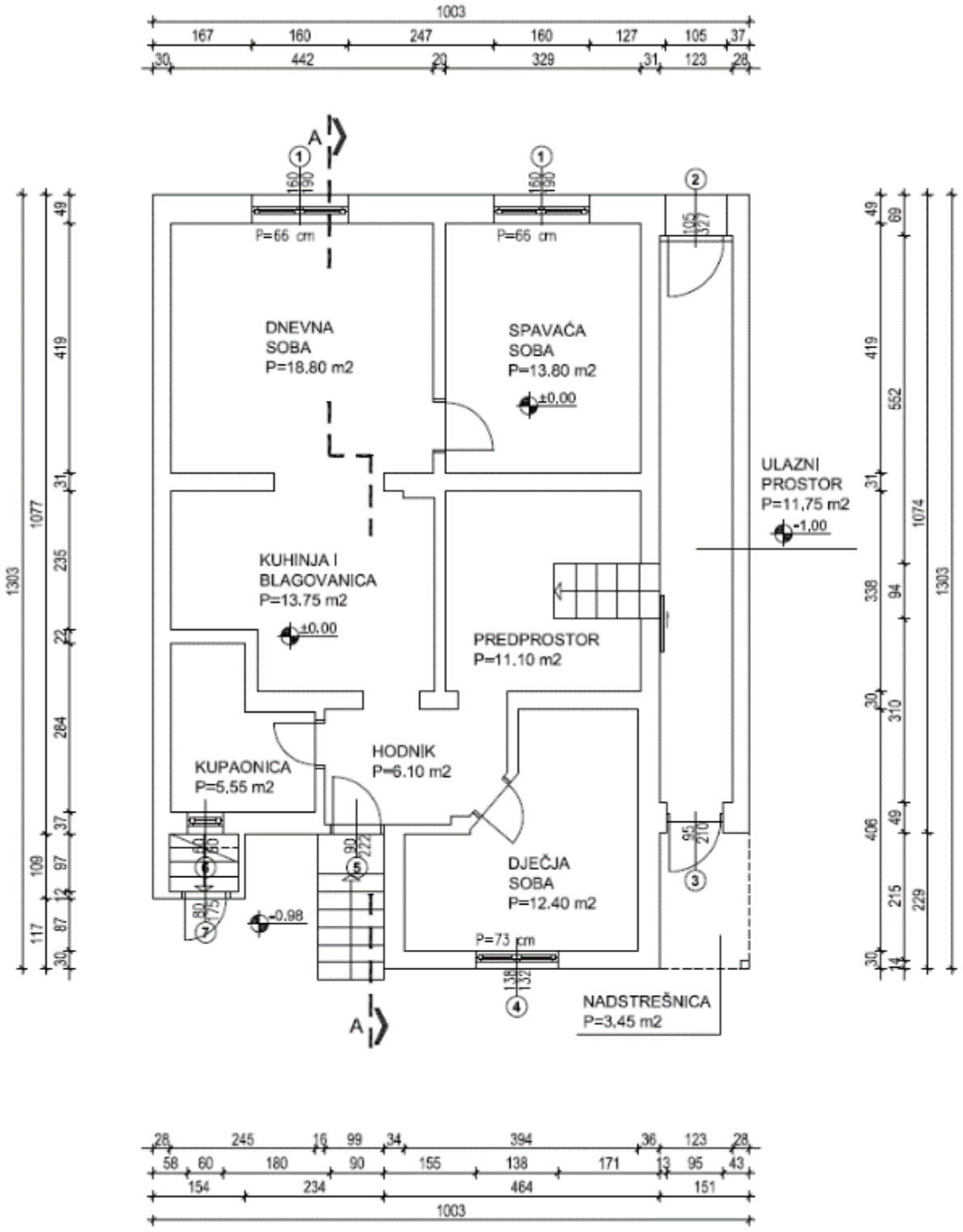


Slika 3.2. *Mjerenje laserskim mjeračem - hodnik*



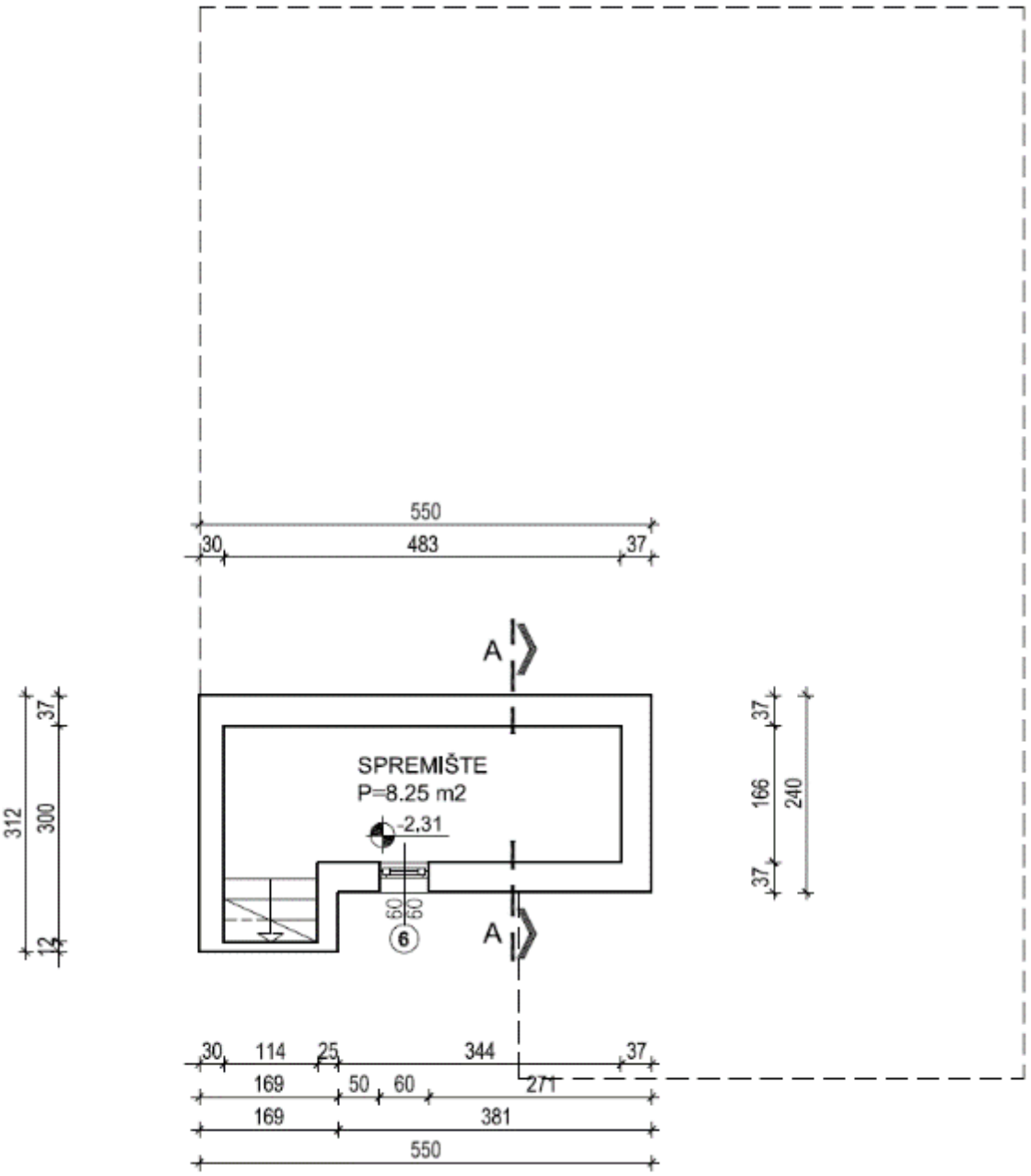
Slika 3.3. *Mjerenje laserskim mjeračem – ulaz u kuću iz hodnika*

Nakon određivanja svih dimenzija objekta pristupilo se crtanju tlocrta, nacrta i bokocrta tj. bočnih presjeka objekta. Kako je poznato razdoblje gradnje kuće pri crtanju bočnih presjeka korištene su standardizirane proporcije. Programom za projektiranje potpomognuto računalom pristupilo se crtanju tlocrta, nacrta i bočnih presjeka, a gotove radove možemo vidjeti na slijedećim slikama.



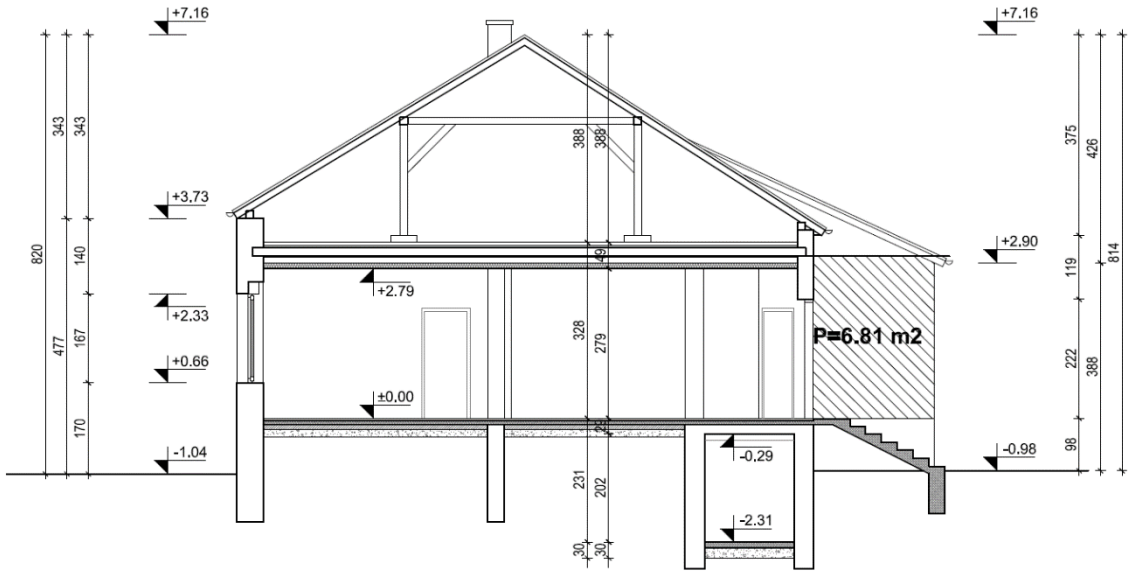
Slika 3.4. *Tlocrtni prikaz objekta nakon provedenih mjera*

Tlocrtom su definirane sve dimenzije vanjskih i unutarnjih zidova kao i njihovi otvori. Kuću karakterizira dugački hodnik koji spaja ulični i dvorišni dio kuće te čiji se vanjski zid naslanja na kuću pored. Također vanjski zid dnevne sobe, kuhinje i kupaonice naslanja se na susjednu kuću što je u konačnici rezultiralo definiranjem stanja bez razmjene toplinske energije među objektima.

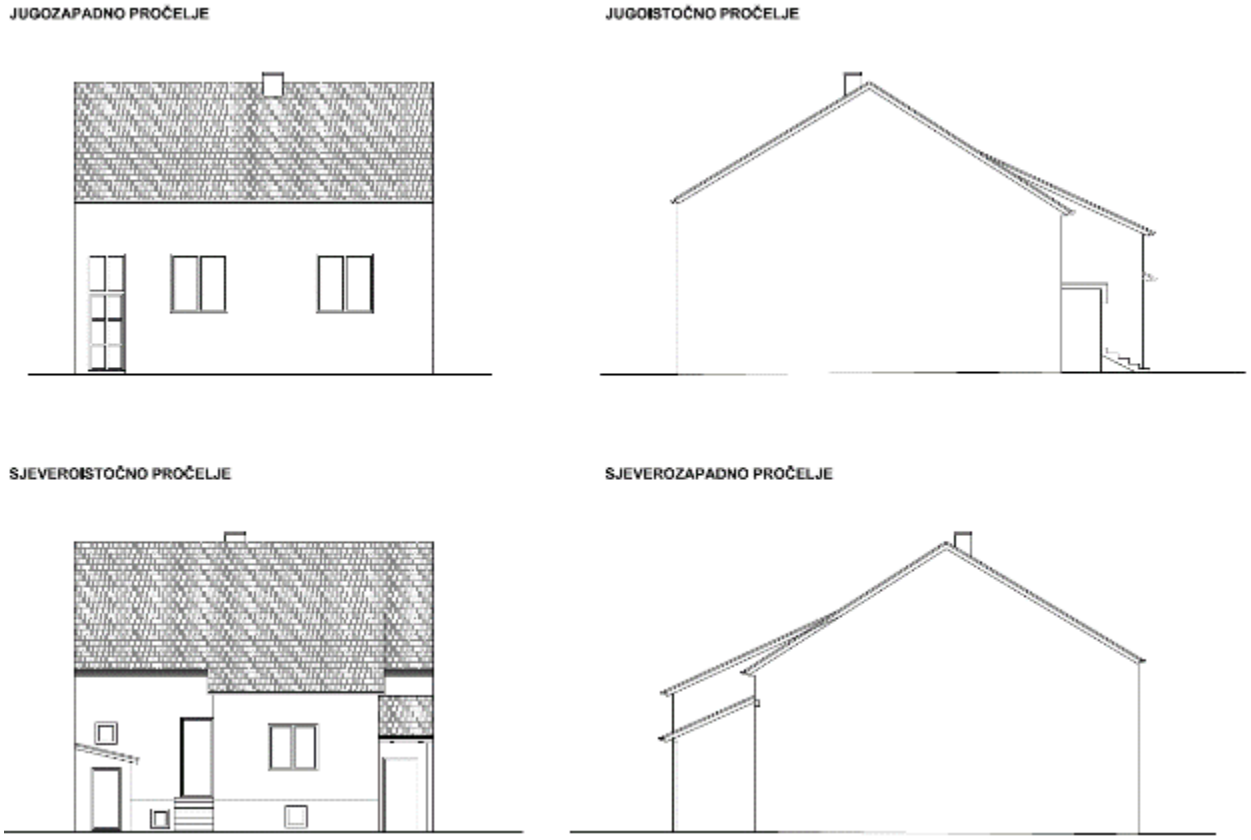


Slika 3.5. *Tlocrtni prikaz podruma*

Podrumsko spremište veličine je 8,25 m^2 te ga karakteriziraju vlažni zidovi od opeke. Spremište ima manji prozor dimenzija 60x60cm kako bi se tokom ljetnih dana vlaga mogla isušivati. Valja naglasiti kako se strop podruma uzima prilikom definiranja gubitaka tla objekta u kojem se boravi.



Slika 3.6. *Bočni presjek objekta*



Slika 3.7. *Prikaz pročelja prema stranama svijeta*

Prikazom pročelja može se primijetiti kako je objekt s vremenom nadograđivan. To možemo posebno istaknuti kod sjeveroistočnog pročelja koje je nadopunjeno dječjom sobom, a na čijoj je površini nekad davno bila terasa.

3.3. Vanjska ovojnica

Zgradu primarno karakterizira njena vanjska ovojnica – udjelom u ukupnoj vrijednosti zgrade kao i dominantnom ulogom u postizanju određene razine energetske potrošnje uz nepromijenjene uvjete korištenja prostora unutar zgrade. Utjecaj loše vanjske ovojnice zgrade moguće je parcijalno kompenzirati drugim sredstvima, ali temeljna karakteristika zgrade – potrebna toplinska energija za grijanje i hlađenje time se neće značajno promijeniti. Iz toga proizlazi potreba za izuzetnom pažnjom u primjeni mjera povećanja energetske učinkovitosti kod energetske obnove zgrada, kao i kod gradnje novih zgrada. Svako dodatno ulaganje u toplinsku zaštitu vanjske ovojnice može rezultirati višestrukim prednostima pri korištenju i održavanju zgrade u budućnosti, [1].

Pod pojmom 'vanjska ovojnica zgrade' podrazumijeva se fasada zgrade, ali i svi ostali dijelovi zgrade koji graniče s negrijanim prostorom, [10].

Zidovi čine u prosjeku najveći pojedinačni element vanjske ovojnice zgrade. Zidovi u pravilu ispunjavaju niz funkcija – od očiglednih, materijalnih - ograđuju prostor, nose konstrukciju krova, sprječavaju infiltraciju zraka, buke, gubitak topline, pa do nematerijalnih preko kojih prepoznajemo karakter zgrade, htijenja graditelja i arhitekata, mogućnosti izvođača i uopće povijesni i društveni trenutak u kojemu je baš takvom zgradom zadovoljena jedna od primarnih ljudskih potreba – potreba za skloništem od nevremena. U svim razdobljima do suvremenog doba sastav konstrukcija je funkcija estetskih i konstruktivnih kriterija, te kriterija održivosti (ako održivost promatramo kroz sposobnost graditelja da izborom materijala postigne osnovni cilj – dovršetak gradnje s raspoloživim resursima). S povećanjem svijesti o održivosti u ukupnom trajanju zgrade, potrošnja energije za ostvarivanje toplinske udobnosti u zgradi pridodala je ostalim kriterijima i energetsku učinkovitost vanjskih zidova, odnosno potrebu za postizanjem određene razine toplinske zaštite vanjskim zidovima. Tradicijski materijali tek uvjetno mogu ostvariti te zahtjeve, najčešće uz značajno povećanu količinu materijala koja nije proporcionalna ostvarenim poboljšanjima. Provođenje topline kroz konstrukciju zida sprječavamo prekidom homogene konstrukcije zida materijalima manje toplinske vodljivosti – toplinskim izolatorima. U povijesti se taj prijenos često onemogućavao prekidanjem homogenog sastava izvedbom šupljina unutar konstrukcije zida, koje su mogle biti kontinuirane, ili samo na dijelu površine zida. Najjednostavniji primjer su dvostruki zidovi od opeke sa zračnom šupljinom, ili dvostruki kameni zid velike debljine, često ispunjen nabačajem kamena ili šute s velikim udjelom zračnih šupljina u sastavu ispune. Suvremeni toplinsko izolacijski materijali na napredniji način vrše tu ulogu, stvarajući niz vrlo malenih šupljina ispunjenih zrakom ili

plinovima manje toplinske vodljivosti, čime se smanjuje utjecaj konvekcije unutar šupljine zida, [1].

Toplinsku izolaciju vanjskog zida, u pravilu, treba izvoditi dodavanjem novog toplinsko izolacijskog sloja s vanjske strane zida, a iznimno s unutarnje strane zida. Izvedba toplinske izolacije s unutarnje strane zida nepovoljna je s građevinsko-fizikalnog stajališta, a često je i skuplja zbog potrebe dodatnog rješavanja problema difuzije vodene pare, strožih zahtjeva u pogledu sigurnosti protiv požara, gubitka korisnog prostora i dr. Postava toplinske izolacije s unutarnje strane zida je fizikalno lošija, jer iako postižemo poboljšanje izolacijske vrijednosti zida, značajno mijenjamo toplinski tijek u zidu i osnovni nosivi zid postaje hladniji. Zbog toga posebnu pažnju treba posvetiti izvedbi parne brane kako bi se izbjeglo nastajanje kondenzata i pojava plijesni. Također, toplinski treba izolirati i dio pregrada koje se spajaju s vanjskim zidom. Sanacija postojećeg vanjskog zida, izvedbom izolacije s unutarnje strane, izvodi se iznimno kod zgrada pod spomeničkom zaštitom, kada se žele izbjeći promjene na vanjskom pročelju zgrade zbog njezine povijesne vrijednosti. Kod izvedbe toplinsko izolacijskog sloja s vanjske strane zida moguća su dva rješenja završnog sloja koji štiti toplinsko izolacijski sloj i ostatak zida od vanjskih atmosferskih utjecaja. Prvo rješenje karakterizira izvedba vanjskog zaštitnog sloja punoplošnim lijepljenjem na toplinsko izolacijski sloj (tzv. ETICS sustav). Kod drugog rješenja zaštitni je sloj u obliku pojedinačnih elemenata učvršćenih na odgovarajuću podkonstrukciju na način da između zaštitne obloge i sloja toplinske izolacije ostane sloj zraka koji se ventilira prema van (tzv. ventilirana fasada). Djelotvorni toplinsko izolacijski sloj završava slojem za provjetravanje kroz koji zrak treba cirkulirati i isušivati vlagu. Ovisno o vrsti žbuke fasade mogu biti tankoslojne i debeloslojne. Toplinsko izolacijski materijal se lijepi za podlogu polimerno-cementnim ljepilom, a po potrebi (ploče obvezno, lamele po potrebi), dodatno učvršćuje mehaničkim spojnicama, pričvrsnicama ili tiplama. Ploče ili lamele postavljaju se s horizontalnim pomakom u odnosu na prethodni red, a uglove i otvore je potrebno pažljivo obraditi kao i cjelokupnu vanjsku površinu tako da se nanosi polimerno-cementno ljepilo i utiskuje tekstilno-staklena mrežica (alkalno otporna). Ponovno se zaglađuje polimerno-cementnim ljepilom. Nakon sušenja nanosi se impregnirajući premaz kako bi se ujednačila upojnost površine. Kao završni sloj za tankoslojni sustav koriste se silikatni, silikonski, silikonsko-silikatni ili akrilatni završni sloj minimalne debljine zrna 1,5-4,00 mm, [1].

Prozori i ostakljene konstrukcije pročelja su najdinamičniji element vanjske ovojnice u izmjeni energije s okolišem zgrade – zbog velikih koeficijenata prolaska topline u odnosu na ostale konstrukcije, kao i činjenice da su prozori dio vanjske ovojnice predviđen za prirodno prozračivanje. Gubici kroz prozore dijele se na transmisijske gubitke, na gubitke ventilacijom, tj.

provjetravanjem te na gubitke radijacijom (zračenjem). Gubici kroz prozore kod starih zgrada često su deset i više puta veći od onih kroz zidove, pa je jasno koliku važnost igra energetska učinkovitost prozora u ukupnim energetskim potrebama zgrada. U skladu s Tehničkim propisom, koeficijent prolaska topline za prozore i balkonska vrata može iznositi maksimalno U =1,80 W/m2K. Dok se na starim zgradama koeficijent U prozora kreće oko 3,00-3,50 W/m2K i više (gubici topline kroz takav prozor iznose prosječno 240-280 kWh/m2 godišnje), europska zakonska regulativa propisuje sve niže i niže vrijednosti i one se danas najčešće kreću u rasponu od 1,40-1,80 W/m2K. Na suvremenim niskoenergetskim i pasivnim kućama taj se koeficijent kreće između 0,80-1,40 W/m2K. Preporuka za gradnju suvremene energetski učinkovite zgrade je koristiti prozore s koeficijentom $U < 1,40$ W/m2K.

Zahtjevi Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama u pogledu zrakopropusnosti su takvi da je pri razlici tlakova od 50Pa potrebno osigurati najmanje 0,2 izmjene zraka u satu u vrijeme kad se zgrada ne koristi, odnosno 0,5 izmjena zraka u vrijeme korištenja zgrade. Ovaj broj izmjena zraka osigurava se primarno prirodnom ventilacijom kroz otvore i infiltracijom kroz konstrukcije vanjske ovojnice. Kod energetskih pregleda postojećih zgrada ocjena zrakopropusnosti bez mjerenja predstavlja značajan problem, jer kontrola zrakopropusnosti mjerenjem nije obvezna danas kao ni u prethodnim razdobljima. Dodatno, stvarna razina zrakopropusnosti u normalnim uvjetima korištenja razlikuje se od traženih vrijednosti kod veće razlike tlakova. Mogućnost ocjene postoji, ali značajno ovisi o ponašanju korisnika i ukupnoj razini prirodnog provjetravanja. Detaljni proračun prirodnog provjetravanja je preopsežan u okvirima energetskih pregleda i energetskog certificiranja zgrada, te je prihvatljiv pristup u korištenju minimalnih vrijednosti izmjena zraka u korištenju zgrade prema regulativi važećoj u razdoblju gradnje.

Poboljšanje energetskih svojstava zgrade rekonstrukcijom prozora moguće je postići nizom mjera, koje se mogu svesti na nekoliko zajedničkih elemenata:

1. smanjenje koeficijenta prolaska topline ostakljenja
2. smanjenje koeficijenta prolaska topline profila
3. smanjenje linijskih toplinskih mostova uzrokovanih načinom ugradnje prozora
4. smanjenje zrakopropusnosti prozora
5. ugradnja pomične zaštite prozora (rolete)
6. zamjena prozora i vanjskih vrata toplinski kvalitetnijim (preporuka U<1,40 W/m2K).

Proračun ostvarivih ušteda zamjenom prozora provodi se prema normi HRN EN ISO 13790:2008, pri čemu se ušteda utvrđuje razlikom potrebne toplinske energije za grijanje prije i poslije zamjene prozora. Prilikom ocjene uštede ostvarive zamjenom prozora, konzervativni

pristup kojim se smanjenje zrakopropusnosti zgrada ne uključuje kao nužna posljedica zamjene prozora daje pouzdaniji rezultat, jer na ukupne toplinske gubitke prirodnim prozračivanjem kroz prozore veći utjecaj ima ponašanje korisnika (prozračivanje otvaranjem prozora) od infiltracije vanjskog zraka kroz reške prozora i ostakljenih konstrukcija. Uz smanjenje toplinskih gubitaka kroz prozore koji su rezultat nižih koeficijenata prolaska topline prozora, važan učinak u ukupnom smanjenju potrebne toplinske energije za grijanje i hlađenje zgrade može imati smanjeni zahvat sunčevog zračenja kroz prozore. Na zahvat sunčevog zračenja direktno utječe faktor prolaska zračenja kroz ostakljenje $g_\perp$ koji daje postotak toplinskog zračenja koje prodire kroz ostakljenje u smjeru okomitom na ravninu ostakljenja. Koeficijent $g_\perp$ daju proizvođači ostakljenja za svaku staklenu ploču, ili za kombinaciju ostakljenja (dvostruko izo staklo, trostruko izo staklo, trostruko LowE ostakljenje...). Ako nisu dostupni podaci proizvođača, mogu se koristiti empirijski podaci prema kojima se za svaku ploču jednostrukog ili višestrukog ostakljenja debljine 4 mm koeficijent propuštanja zračenja smanjuje za približno 10% u odnosu na neometani prolazak zračenja, te dodatnih 5-8% za za svaki niskoemisivni premaz, što bi u slučaju trostrukog niskoemisivnog ostakljenja s dva premaza dalo ukupan koeficijent prolaska zračenja od 0,54 (100-3x10-2x8), ili 0,62 do 0,65 za trostruko ostakljenje s jednim niskoemisivnim premazom. Zamjenom prozora se najčešće utječe na poboljšanje svih karakteristika prozora što je najbolji, ali i najskuplji način poboljšanja jer je vezan s nizom nužnih građevinskih zahvata koji prate ugradnju prozora (obrada špaleta, zamjena prozorskih klupčica, popravak toplinske izolacije i završne obrade pročelja itd.), [1].

Analizom postojećeg stanja definiran je sastav vanjske ovojnice obiteljske kuće. Toplinski gubici kroz vanjski omotač obiteljske kuće su slijedeći:

Tablica 3.2. *Toplinski gubici kroz vanjski omotač obiteljske kuće*

Naziv građevnog dijela	A_w [m^2]	U_w [W/m^{2}K]	H_d [W/K]
Zidovi do dvorišnog dijela kupaonica	8,71	2,35	20,48
Zidovi do dvorišnog dijela dječja soba	24,98	1,70	42,64
Zidovi do uličnog dijela	22,52	1,77	39,93
Stropovi 2	20,68	1,61	33,31
Stropovi	82,72	0,82	68,57
Ukupno			**204,95**

Kako bi dobili bolji uvid u sastav samih građevnih dijelova u slijedećim tablicama možemo vidjeti podatke o debljini zidova i stropova, toplinskoj provodnosti i gustoći materijala. Važno je napomenuti kako su površine stropova podijeljene u dva građevna dijela u omjeru 80/20 %. Takva raspodjela vrši se zbog definiranja nepoznatog sastava stropa uz poznatu godinu građenja objekta.

Tablica 3.3. *Zidovi do uličnog dijela*

Zidovi do uličnog dijela				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,00	1,00	1.800,00
2	1.02 Puna opeka od gline	25,00	0,68	1.600,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,00	1,00	1.800,00

Tablica 3.4. *Zidovi do dvorišnog dijela - dječja soba*

Zidovi do dvorišnog dijela – dječja soba				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,00	1.800,00
2	1.09 Šuplji blokovi od gline	19,00	0,45	1.000,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,50	1,00	1.800,00

Tablica 3.5. *Zidovi do dvorišnog dijela – kupaonica*

Zidovi do dvorišnog dijela – kupaonica				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	4.03 Keramičke pločice	1,00	1,30	2.300,00
2	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,00	0,90	1.650,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,00	1,00	1.800,00
4	1.02 Puna opeka od gline	16,00	0,68	1.600,00
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,00	1,00	1.800,00

Tablica 3.6. *Stropovi s udjelom od 80%*

Stropovi				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0,50	1,00	1.800,00
2	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00
3	4.06 Drvo – tvrdo – bjelogorica	15,00	0,18	700,00
4	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00

Tablica 3.7. *Stropovi s udjelom od 20%*

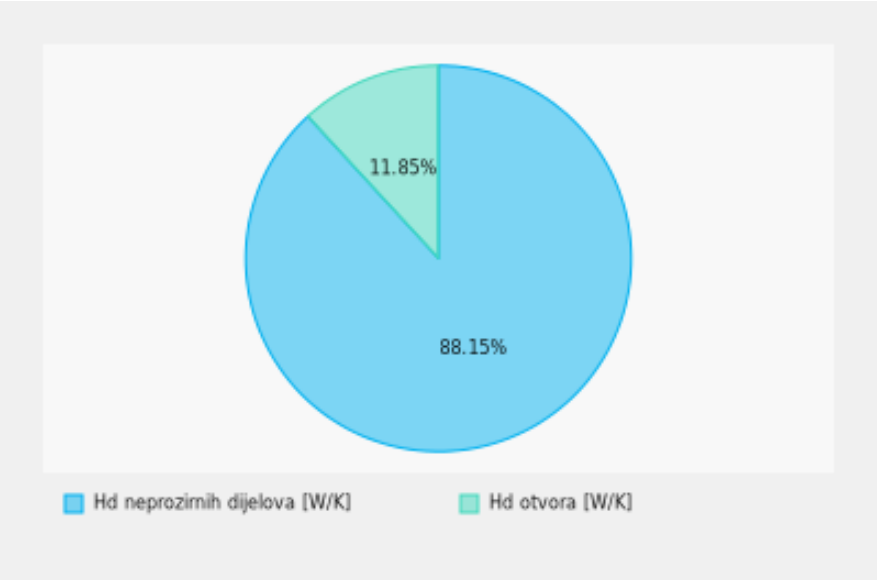
Stropovi 2				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0,50	1,00	1.800,00
2	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00
3	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	10,00	0,81	1.700,00
4	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00

Analizom vanjskih otvora dobiveni su podaci o proizvođaču i modelu prozora, te su po tim podacima istraženi svi parametri postojećih prozora. Radi se o četvero komornim prozorima s dvoslojnim staklom čiji su toplinski gubici definirani u slijedećoj tablici:

Tablica 3.8. *Toplinski gubici kroz vanjske otvore*

Naziv otvora	**A_w [m^2]**	**U_w [W/m^{2}K]**	**HD [W/K]**	Uvjet pregrijavanja zadovoljen
Stari prozor – kupaonica	0,36	2,90	1,04	Ne
Stari prozor – dječja soba	1,24	2,90	3,59	Ne
Balkonska vrata	1,82	2,90	5,27	Ne
Stari prozori do ulične strane	6,08	2,90	17,63	Ne
Ukupno			**27,54**	

U konačnici možemo grafikonom 3.1. prikazati odnos koeficijenata kod gubitaka kroz vanjsku ovojnicu. Njime je dan jasan uvid u postotak Hd neprozirnih dijelova vanjske ovojnice te također postotak Hd otvora. Hd se definira kao koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu.



Slika 3.8. *Odnos koeficijenata kod gubitaka kroz vanjsku ovojnicu*

3.4. Podovi i konstrukcije prema negrijanim prostorima

Podovi i konstrukcije prema negrijanim prostorima specifične su konstrukcije koje je svakako preporučljivo dodatno toplinski izolirati. No često to kod postojećih zgrada, naročito kod podova na tlu zahtijeva velike i skupe građevinske zahvate kao što su promjene podnih obloga, problemi s visinama otvora i slično. Stoga se kod izvedenih objekata izolacija poda na tlu ne razmatra kao ekonomski isplativa varijanta u odnosu na uštede koje se postižu. Međutim u slučaju da se planira detaljna rekonstrukcija poda na tlu, s kompletnom zamjenom podnih obloga i unutarnje stolarije svakako se preporuča i izvedba sloja odgovarajuće toplinske izolacije. Ako se ne izvodi toplinska izolacija poda na tlu, posebno je važno izvesti toplinsku zaštitu temelja ili nadtemeljnog zida, kako bi se smanjio utjecaj toplinskog mosta. Toplinska izolacija podova prema negrijanim ili vanjskim prostorima jednostavna je za izvedbu i svakako se preporuča kao ekonomski povoljna varijanta smanjenja toplinskih gubitaka kroz vanjsku ovojnicu zgrade.[1]

Toplinske gubitke kroz tlo možemo promatrati kroz dva građevna dijela, negrijani podrum i podove na tlu. Negrijani podrum zapravo je pod obiteljske kuće tj. njezinog stambenog dijela, a ujedno i strop podrumske prostorije. Stoga negrijani podrum promatramo kao negrijanu prostoriju. Toplinski gubici kroz tlo dani su u tablici:

Tablica 3.9. *Toplinski gubici kroz tlo*

Naziv i tip građevnog dijela	A_w [m^2]	U_w [W/m^2K]	$H_{g,avg}$ [W/K]
Negrijani podrum	8,25	1,92	9,45
Pod na tlu	75,33	4,43	30,50
Ukupno			**39,96**

Obiteljska kuća cijelom dužinom ima hodnik definiran kao negrijanu prostoriju s obzirom da nema izvora toplinske energije u njemu. Toplinski gubici hodnika prikazani su u tablici:

Tablica 3.10. *Toplinski gubici negrijane prostorije*

Negrijana prostorija	$H_{T,iu}$ [W/K]	$H_{T,ue}$ [W/K]	$H_{V,ue}$ [W/K]	n [h^{-1}]	H_{iu} [W/K]	H_{ue} [W/K]	b_u	H_u [W/K]
Hodnik	61,78	26,25	6,91	0,50	61,78	33,16	0,34	21,58
Ukupno								**21,58**

Prema algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade HRN EN ISO 13790 definiran je koeficijent transmisijske izmjene topline H_{Tr} koji se određuje za svaki mjesec. Prosječni koeficijent $H_{Tr,avg}$ računa se pomoću slijedećeg izraza:

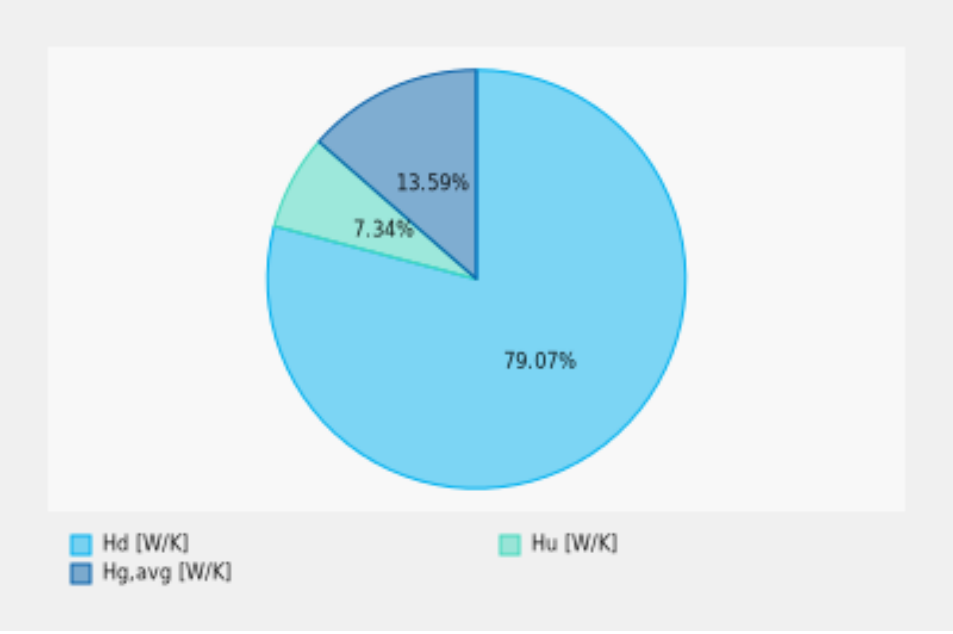
$$H_{Tr,avg} = H_D + H_U + H_A + H_{g,avg}\,[W/K] \qquad (3-1) \quad ,izvor\,[11]$$

Izračune za prosječan koeficijent transmisijske izmjene topline pri stvarnim i referentnim uvjetima možemo vidjeti u tablici 3.11. te odnose koeficijenta prema stvarnim i referentnim klimatskim podacima u grafikonima niže.

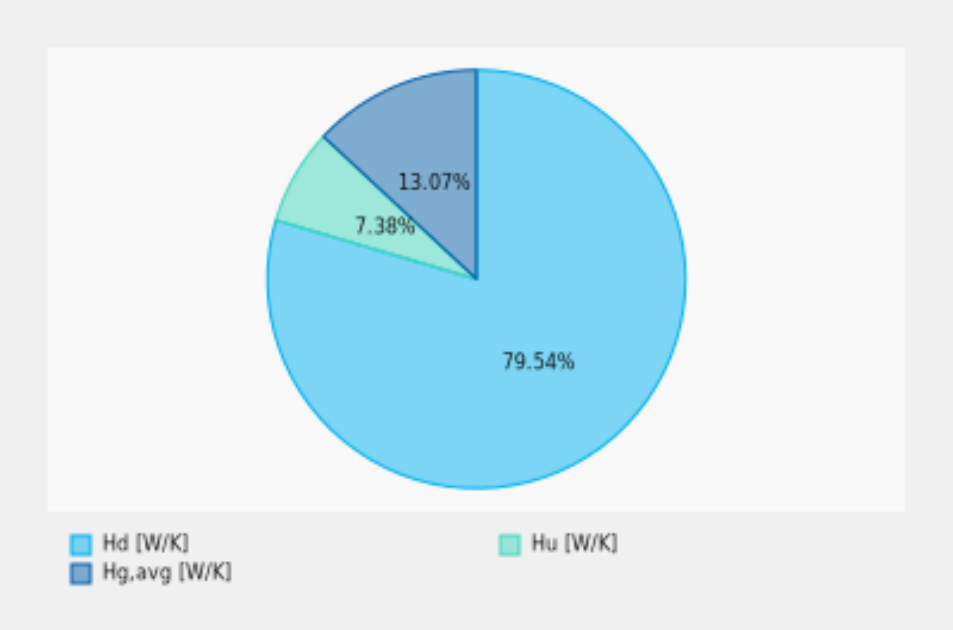
Tablica 3.11. Koeficijent transmisijske izmjene topline H_{Tr}

$H_{Tr,avg} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema vanjskom okolišu	**232,50 [W/K]**
Hg,avg - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu (stvarni klimatski podaci)	**39,96 [W/K]**
Hg,avg - Uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu (referentni klimatski podaci)	**38,20 [W/K]**
H_U - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru	**21,58 [W/K]**
H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednim zonama (stvarni klimatski podaci)	**0,00 [W/K]**
H_A - Koeficijent transmisijske izmjene topline prema susjednim zonama (referentni klimatski podaci)	**0,00 [W/K]**
H_{Tr} (stvarni klimatski podaci)	**294,04 [W/K]**
H_{Tr} (referentni klimatski podaci)	**292,29 [W/K]**

Na slijedećim slikama možemo promotriti odnos koeficijenata transmisijske izmjene topline. Pri promatranju Zaključuje kako najveći udjel ima koeficijent transmisijske topline prema vanjskom okolišu dok je uprosječeni koeficijent transmisijske izmjene topline prema tlu nešto veći od koeficijenta transmisijske izmjene topline prema negrijanom prostoru.



Slika 3.8. *Odnos koeficijenata transmisijske izmjene topline (referentni klimatski podaci)*



Slika 3.9. *Odnos koeficijenata transmisijske izmjene topline (stvarni klimatski podaci)*

3.5. Proračun potrebne toplinske energije za grijanje građevine

Proračun toplinskih gubitaka izvršen je pomoću programa „Thorium A+“ sukladno normi HRN EN ISO 13790. Norma HRN EN ISO 13790 je okosnica „Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade“. U tablici ispod dani su osnovni podaci potrebni za proračun potrebne energije za grijanje.

Tablica 3.12. *Ulazni podaci za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje*

Ulazni podaci	
Oplošje grijanog dijela zgrade A [m^2]	300,15
Obujam grijanog dijela zgrade V_e [m^3]	301,38
Obujam grijanog zraka V [m^3]	229,05
Faktor oblika zgrade f_0 [m^{-1}]	0,99
Ploština korisne površine A_k [m^2]	82,15
Površina kondicionirane (grijane i hlađene) zone računate s vanjskim dimenzijama A_f [m^2]	108,00
Ukupna ploština pročelja A_{uk} [m^2]	169,10
Ukupna ploština prozora $A_{w,uk}$ [m^2]	9,50

Sukladno Algoritmu 13790, sustav grijanja za stambene objekte radi sa prekidom. Za izračun energetskog razreda korišteni su stvarni uvjeti korištenja grijanja od 7 dana u tjedu, dnevno 24 sata te izmjena zraka od 0.5 m3/sat. Temperatura grijanja je za vrijeme sezone grijanja je 23

stupnjeva Celzijusa, a za vrijeme sezone hlađenja 24 stupnjeva Celzijusa. U narednoj tablici prikazani su rezultati proračuna potrebne topline za grijanje po mjesecima za stvarnu klimatsku postaju.

Tablica 3.12. *Potrebna energija za grijanje po mjesecima (stvarna klimatska postaja)*

Mjesec	$Q_{H,tr}$ [kWh]	$Q_{H.ve}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha H,$ red	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
1	4.926,66	660,52	5.587,19	214,80	305,59	520,39	0,09	0,982	1,00	31,00	5.075,96
2	4.074,53	544,26	4.618,79	283,12	276,02	559,14	0,12	0,973	1,00	28,00	4.074,45
3	3.617,59	478,00	4.095,60	435,72	305,59	741,32	0,18	0,951	1,00	31,00	3.390,18
4	2.394,92	308,39	2.703,31	484,20	295,74	779,94	0,28	0,906	1,00	30,00	1.996,47
5	1.389,85	159,33	1.549,18	539,13	305,59	844,73	0,54	0,792	1,00	31,00	879,65
6	721,65	67,28	788,93	526,33	295,74	822,07	1,04	0,611	1,00	30,00	286,43
7	434,02	26,07	460,09	575,15	305,59	880,75	1,91	0,419	1,00	4,40	12,92
8	517,13	37,66	554,79	554,65	305,59	860,25	1,55	0,484	1,00	19,89	88,61
9	1.586,32	187,83	1.774,16	451,93	295,74	747,67	0,42	0,846	1,00	30,00	1.140,97
10	2.557,86	330,26	2.888,12	411,61	305,59	717,21	0,24	0,923	1,00	31,00	2.225,59
11	3.541,11	468,19	4.009,31	207,98	295,74	503,72	0,12	0,971	1,00	30,00	3.519,69
12	4.739,65	634,44	5.374,10	150,04	305,59	455,64	0,08	0,984	1,00	31,00	4.925,39
Ukupno											**27.616,36**

Iz gornje tablice je vidljivo da je modelirana potrebna energija za grijanje spram stvarnih klimatskih podataka i stvarnog režima korištenja iznosa 27.616,36 kWh/god.

Tablica 3.13. *Rezultati proračuna*

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m2]	300,15
Obujam grijanog dijela zgrade Ve	301,38
Faktor oblika zgrade f0 [m-1]	0,99
Ploština korisne površine Ak [m2]	82,15
Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd [kWh/a]	27.616,36
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) QH,nd [kWh/m2a]	336,17 (max=67,88)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj [W/m2K]	0,97 (max=0,45)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka Htr,adj [W/K]	294,04
Ukupni godišnji gubici topline QI [MJ]	123.853,08
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Qi [MJ]	12.953,41
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Qs [MJ]	17.404,99
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Qg [MJ]	30.358,40

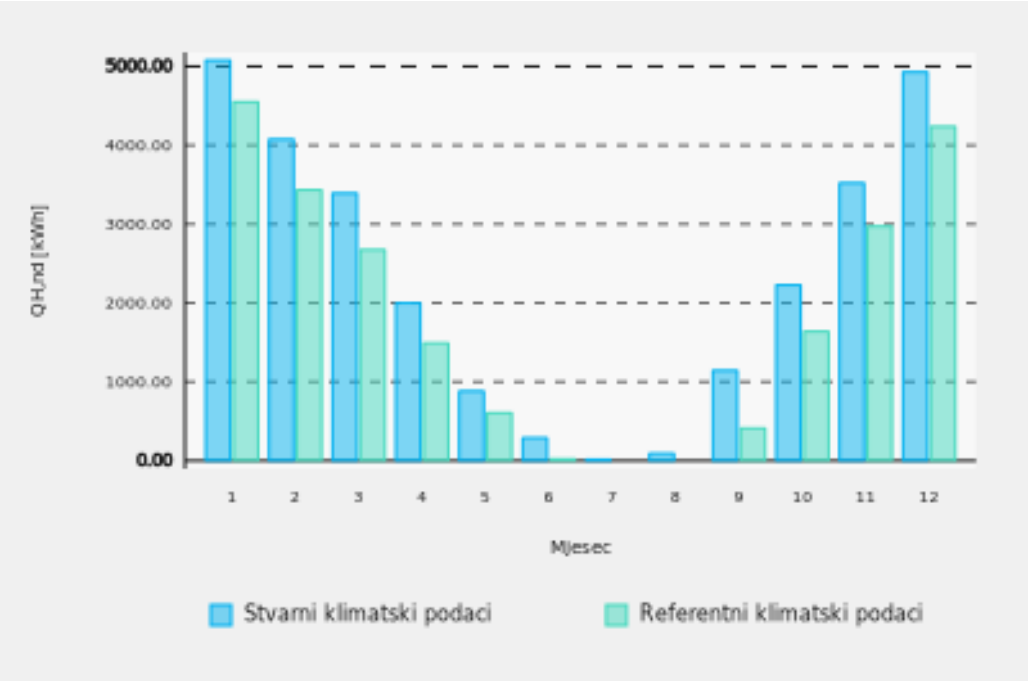
Pregledom potrebne energije za grijanje i hlađenje po mjesecim korišteni su isti uvjeti kao i pri stvarnim klimatskim uvjetima

Tablica 3.14. *Potrebna energija za grijanje i hlađenje po mjesecima (referentni klimatski podaci)*

Mjesec	**$Q_{H,tr}$ [kWh]**	**$Q_{H,ve}$ [kWh]**	**$Q_{H,ht}$ [kWh]**	**$Q_{H,sol}$ [kWh]**	**$Q_{H,int}$ [kWh]**	**$Q_{H,gn}$ [kWh]**	**γ_H**	**$\eta_{H,gn}$**	**$\alpha_{H,red}$**	**$L_{H,m}$**	**$Q_{H,nd}$ [kWh]**
1	4.422,20	596,78	5.018,98	174,84	305,59	480,44	0,09	0,981	1	31,00	4.547,31
2	3.468,74	465,76	3.934,50	242,16	276,02	518,18	0,13	0,970	1	28,00	3.431,81
3	2.946,89	391,09	3.337,99	403,87	305,59	709,47	0,21	0,939	1	31,00	2.671,67
4	1.906,72	246,71	2.153,44	460,68	295,74	756,42	0,35	0,878	1	30,00	1.488,69
5	1.109,56	118,77	1.228,34	547,48	305,59	853,08	0,69	0,731	1	31,00	603,89
6	410,18	22,42	432,61	552,92	295,74	848,66	1,96	0,412	1	6,45	17,83
7	29,05	-31,86	-2,81	586,28	305,59	891,88	-317,34	-0,003	1	0,00	0,00
8	236,84	-2,89	233,94	550,60	305,59	856,20	3,65	0,249	1	0,00	0,00
9	973,22	100,92	1.074,15	486,32	295,74	782,06	0,72	0,718	1	23,93	408,31
10	1.991,06	257,83	2.248,89	373,44	305,59	679,03	0,30	0,900	1	31,00	1.637,24
11	3.032,81	403,71	3.436,52	185,98	295,74	481,72	0,14	0,967	1	30,00	2.970,63
12	4.110,51	553,33	4.663,84	130,57	305,59	436,17	0,09	0,982	1	31,00	4.235,35
Ukupno											**22.012,77**

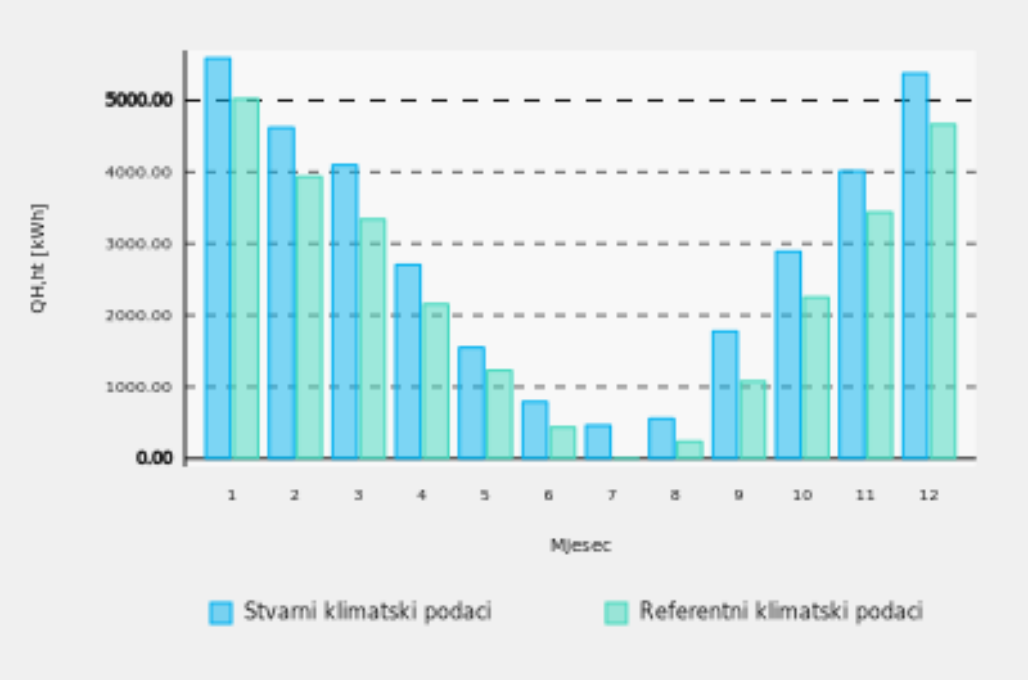
Iz gornje tablice je vidljivo da je modelirana potrebna energija za grijanje spram referentnih klimatskih podataka i stvarnog režima korištenja iznosa 22.012,77 kWh/god.

Može se donijeti zaključak promatranjem potrebne energije za grijanje kako povoljniji iznos dobije se pri referentnim uvjetima što je vidljivo i na slici 3.10.

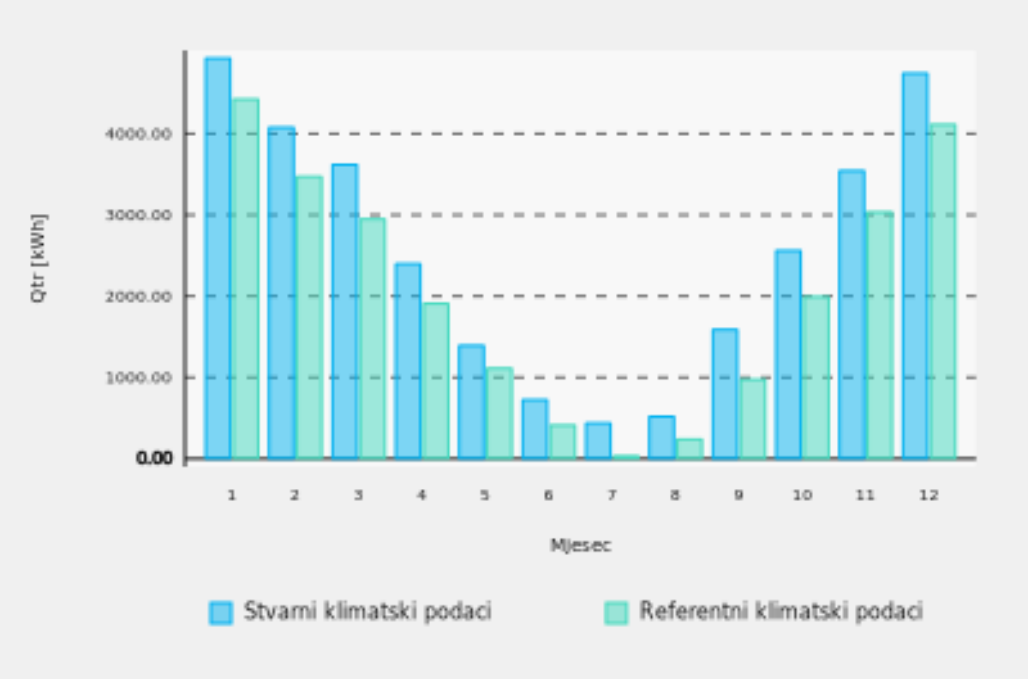


Slika 3.10. *Potrebna toplinska energija za grijanje*

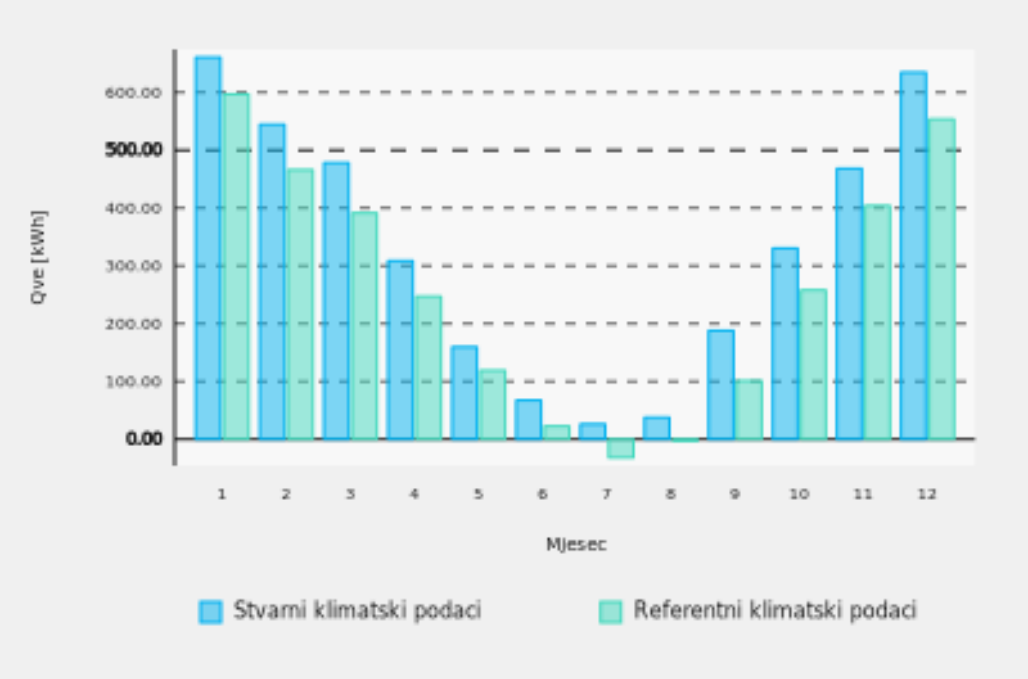
Pri promatranju vrijednosti danih u proračunu potrebne energije za grijanje također možemo usporediti vrijednosti pri stvarnim i referentnim klimatskim uvjetima.



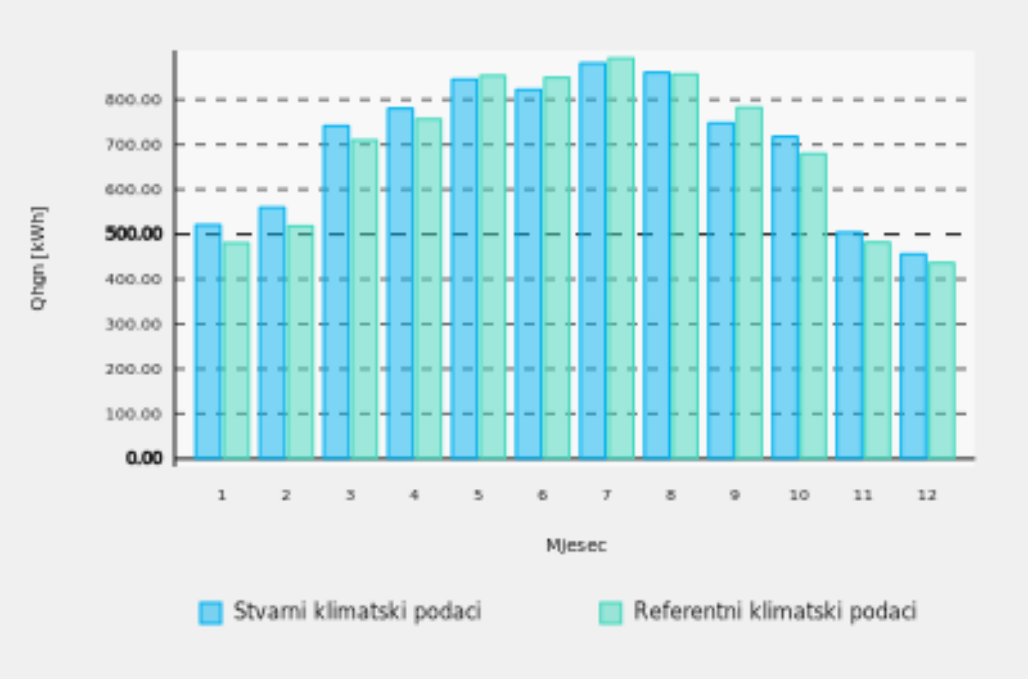
Slika 3.11. *Izmijenjena toplinska energija u periodu grijanja ($Q_{H,ht}$)*



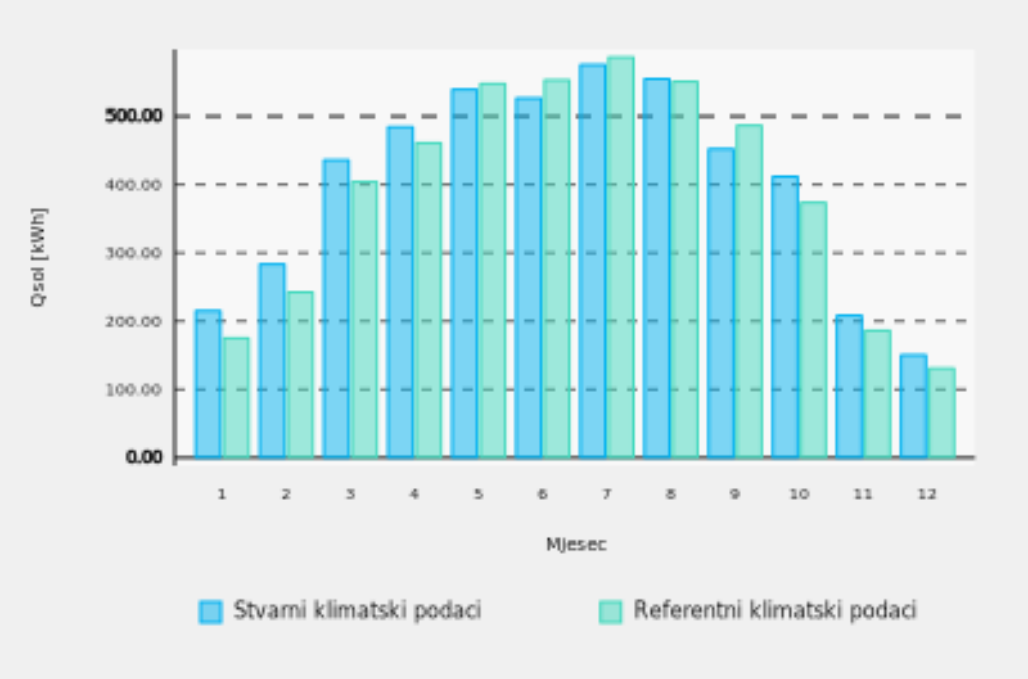
Slika 3.12. *Izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (Q_{tr})*



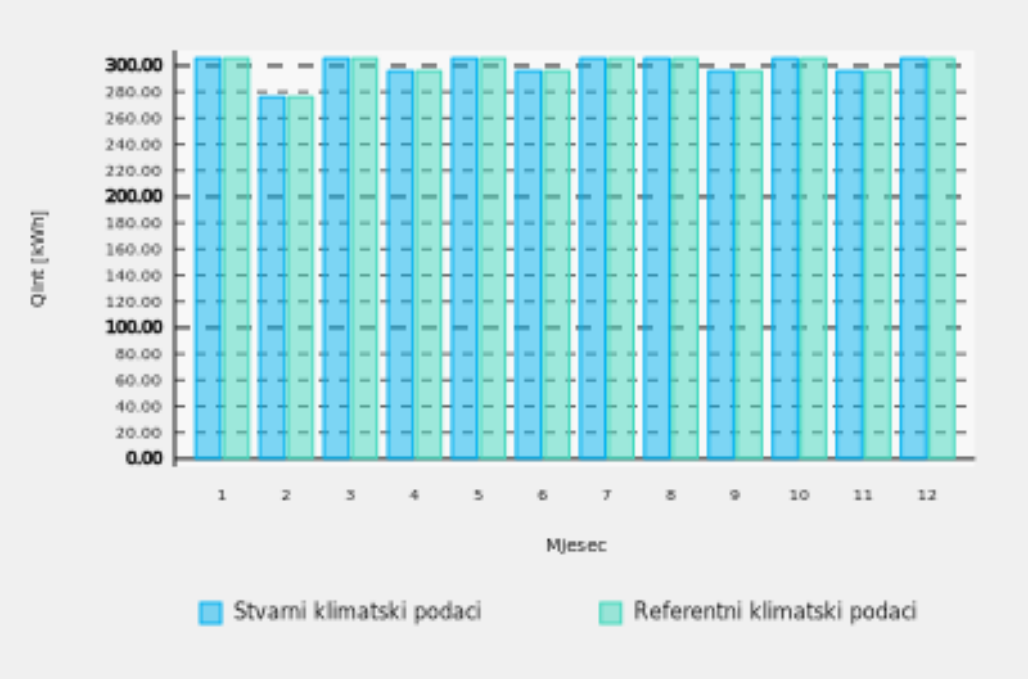
Slika 3.13. *Potrebna toplinska energija za ventilaciju/klimatizaciju za proračunsku zonu (Q_{Ve})*



Slika 3.14. *Toplinski dobici u periodu grijanja ($Q_{H,gn}$)*



Slika 3.15. Toplinski dobici od Sunčeva zračenja (Q_{sol})



Slika 3.16. *Unutarnji toplinski dobici zgrade (Qint)*

Tablica 3.15. *Potrebna energija za hlađenje po mjesecima (referentna klimatska postaja/satna metoda)*

Mjesec	QH,nd,mj
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,31
5	36,37
6	125,24
7	339,60
8	439,91
9	85,72
10	0,00
11	0,00
12	0,00
Ukupno	**1.027,17**

U konačnici definiranjem svih vrijednosti i parametara u programu „Thorium A+“ može se generirati energetski certifikat. Zbog važnosti podataka prikazane su prva i druga stranica energetskog certifikata iako je uobičajeno izlagati prvu i treću stranicu. Certifikatom su prikazani i opći podaci koji u ovom slučaju nisu popunjavani na zamolbu investitora.

prema Direktivi

Zgrada ☒ nova / veća rekonstrukcija ☐ prodaja ☐ iznajmljivanje, zakup, leasing

Vrsta zgrade SZ1

Naziv zgrade Obiteljska kuća - Energetska obnova obiteljske kuće

Adresa SJR 7

Mjesto Osijek

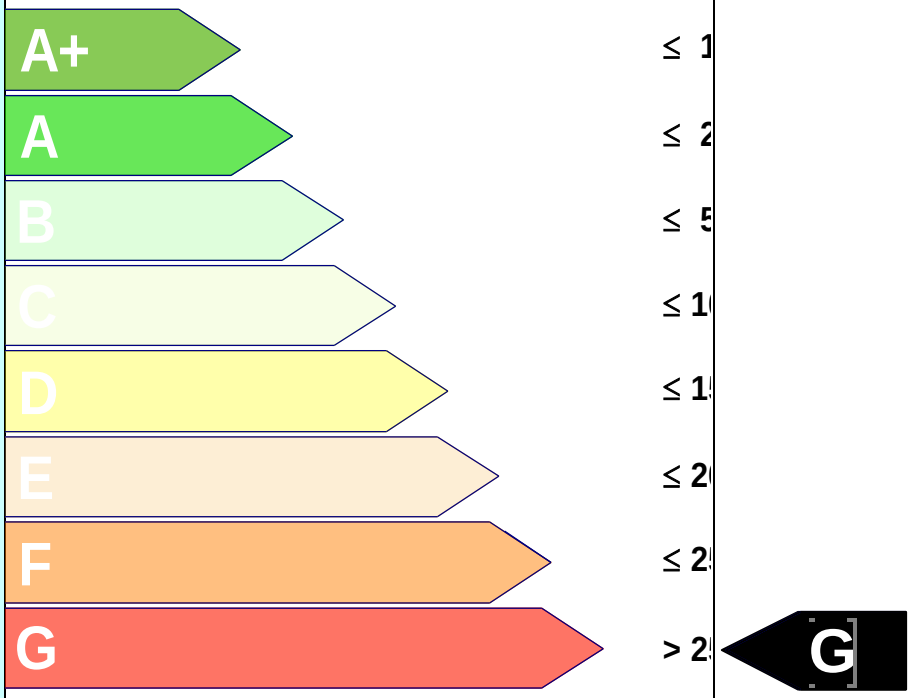
k. č. | k. o.

Vlasnik / investitor MK/

Godina izgradnje xxxx | Izvođač xxxx

Energetski certifikat stambene zgrade

Q'H,nd,ref	kWh/(m²a)	**Izračun**
		267.95



Podaci o zgradi	
AK [m²] 82.15	f0 [m-¹] 1.00
Ve [m³] 301.38	H'tr,adj [W/(m²K)] 0.98

Podaci o osobi koja je izdala certifikat

Ovlaštena fizička ili pravna osoba ---

Imenovana osoba u pravnoj osobi ---

Registarski broj ovlaštene osobe ---

Oznaka energetskog certifikata _20082017_SZ1

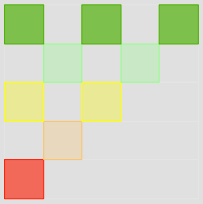
Datum izdavanja / rok važenja 20.08.2017/20.08.2027

Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe

Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog

Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis
Građevinski			
Strojarski			
Elektrotehnički			

Klimatski podaci	
Klimatski podaci (kontinentalna ili primorska Hrvatska)	Kontinentalna
Broj stupanj dana grijanja S_D [Kd/a]	2939.5
Broj dana sezone grijanja Z [d]	178.9
Srednja vanjska temperatura u sezoni grijanja θe [°C]	3.9
Unutarnja projektna temperatura u sezoni grijanja θi	20.0



Podaci o termotehničkim sustavima zgrade	
Način grijanja zgrade (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor,	Centralno
Izvori energije koji se koriste za grijanje i pripremu potrošne tople	prirodni plin
Način hlađenja (lokalno, etažno, centralno, daljinski izvor,	Lokalno
Izvori energije koji se koriste za hlađenje	električna energija
Vrsta ventilacije (prirodna, prisilna bez ili s povratom topline,	Prirodna
Vrsta i način korištenja sustava s obnovljivim izvorima energije	nema
Udio obnovljivih izvora energije u potrebnoj toplinskoj energiji za	0.0

Energetske potrebe						
	Za referentne klimatske podatke		**Za stvarne klimatske podatke**		**Zahtjev**	
	Ukupno [kWh/a]	**Specifično [kWh/m²a]**	**Ukupno [kWh/a]**	**Specifično [kWh/m²a]**	**Dopušteno [kWh/m²a]**	**Ispunjeno DA / NE**
$Q_{H,nd}$	22012.78	267.96	27616.37	336.17	67.88	NE
Q_W	1100.00		1100.00			
$Q_{H,ls}$						
$Q_{W,ls}$						
Q_H						
E_{del}						
E_{prim}						
CO_2	4842.81		6075.60			

Građevni dio zgrade	***U*** **[W/(m²K)]**	U_{max} **[W/(m²K)]**	**Ispunjeno DA / NE**
Vanjski zidovi, zidovi prema garaži, provjetravanom tavanu	1.61	0.3	NE
Ravni i kosi krovovi iznad grijanog prostora, stropovi prema provjetravanom tavanu	0.73	0.25	NE
Zidovi prema tlu, podovi prema tlu	4.43	0.4	NE
Stropovi iznad vanjskog zraka, stropovi iznad garaže	---	---	---
Zidovi i stropovi prema negrijanim prostorijama i negrijanom stubištu temperature više od 0 °C	1.57	None	NE
Prozori, balkonska vrata, krovni prozori, prozirni elementi pročelja	2.90	1.60	NE
Vanjska vrata s neprozirnim vratnim krilom	---	---	---

Objašnjenje: ☐ obavezna ispuna ▭ ispunjava se opcijski

Upisuju se *U* vrijednosti za pretežite građevne dijelove zgrade (najvećih ukupnih ploština).

Uvidom u energetski certifikat zaključujemo da objekt spada u energetski razred „G“ s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) $Q_{H,nd}$ u iznosu 267,95 kWh/m^{2}a. Detaljniji prikaz proračuna za obiteljsku kuću prema referentnoj klimatskoj postaji dan je u tablici 3.16.

Tablica 3.16. *Rezultati proračuna - Obiteljska kuća (referentna klimatska postaja)*

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m2]	300,15
Obujam grijanog dijela zgrade V_e	301,38
Faktor oblika zgrade f_0 [m-1]	0,99
Ploština korisne površine A_k [m2]	82,15
Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd [kWh/a]	22.012,77
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) $Q_{H,nd}$ [kWh/m^{2}a]	267,95(max=67,88)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H'_{tr,adj}$ [W/m2K]	0,97 (max=0,45)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/K]	292,29
Ukupni godišnji gubici topline Q_I [MJ]	121.046,25
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Q_i [MJ]	12.953,41
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Q_s [MJ]	16.902,72
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Q_g [MJ]	29.856,13

Energetski razred određuje se prema specifičnoj godišnjoj potrebnoj toplinskoj energiji za grijanje za referentne klimatske podatke u *kWh/m^{2}a*. Pregled svih energetskih razreda dan je na slici 3.16.

Energetski razred	$Q''_{H,nd,ref}$ – specifična godišnja potrebna toplinska energija za grijanje za referentne klimatske podatke u kWh/(m²a)
A+	≤ 15
A	≤ 25
B	≤ 50
C	≤ 100
D	≤ 150
E	≤ 200
F	≤ 250
G	> 250

Slika 3.16. Energetski razredi, izvor [5]

4. MJERE ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

4.1. Pregled mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz male troškove i brzi povrat investicije (do 3 godine):

– zabrtviti prozore i vanjska vrata;

– provjeriti i popraviti okov na prozorima i vratima;

– izolirati niše za radijatore i kutije za rolete;

– toplinski izolirati postojeći kosi krov ili strop prema negrijanom tavanu;

– reducirati gubitke topline kroz prozore ugradnjom roleta, postavom zavjesa i sl;

– ugraditi termostatske ventile na radijatore;

– redovito servisirati i podešavati sustav grijanja i hlađenja;

– ugraditi automatsku kontrolu i nadzor energetike kuće;

– ugraditi štedne žarulje u rasvjetna tijela;

– zamijeniti trošila energetski učinkovitijima -energetske klase A, [6].

Mjere za povećanje energetske učinkovitosti uz nešto veće troškove i duži period povrata investicije (više od 3 godine). Ove mjere najbolje je izvoditi istovremeno s nužnim mjerama rekonstrukcije:

– zamijeniti prozore i vanjska vrata toplinski kvalitetnijim prozorima;

– toplinski izolirati cijelu vanjsku ovojnicu kuće, dakle zidove, podove, krov te plohe prema negrijanim prostorima;

– izgraditi vjetrobran na ulazu u kuću;

– sanirati i obnoviti dimnjak;

– izolirati cijevi za toplu vodu i spremnik;

– analizirati sustav grijanja i hlađenja u kući i po potrebi ga zamijeniti energetski učinkovitijim sustavom, te ga kombinirati s obnovljivim izvorima energije, [6].

4.2. Procjena isplativosti mjera energetske učinkovitosti

Projekt se može definirati kao poduhvat, organizirani način rada (skup međusobno povezanih aktivnosti) s definiranim vremenom početka i završetka koji ima za cilj proizvodnju određenog proizvoda ili usluge. Svi projekti zahtijevaju određena ulaganja kojima se treba osigurati njihova realizacija (npr. zamjena starog bojlera kondenzacijskim plinskim bojlerom, rekonstrukcija ovojnice zgrade itd.). Budući da se radi o ulaganju financijskih sredstava na bilo kojoj razini (država, regija, lokalna zajednica, poduzetnik, koncesionar) investicijski projekt mora definirati:

• koji su ciljevi projekta;
• izvodljivost projekta;
• isplativost projekta;
• ograničenja projekta.

Investicije su sadašnja ulaganja kapitala u neki poslovni pothvat sa svrhom stjecanja profita u budućnosti. Za uspjeh investicije je od presudne važnosti izbor investicije, usklađenost investicije s gospodarskim, odnosno tržišnim prilikama u zemlji i inozemstvu, dobro provedene pripreme i brzo i uspješno ostvarenje te trenutak kada će se investicija ostvariti. Svrha ekonomske analize je utvrditi:

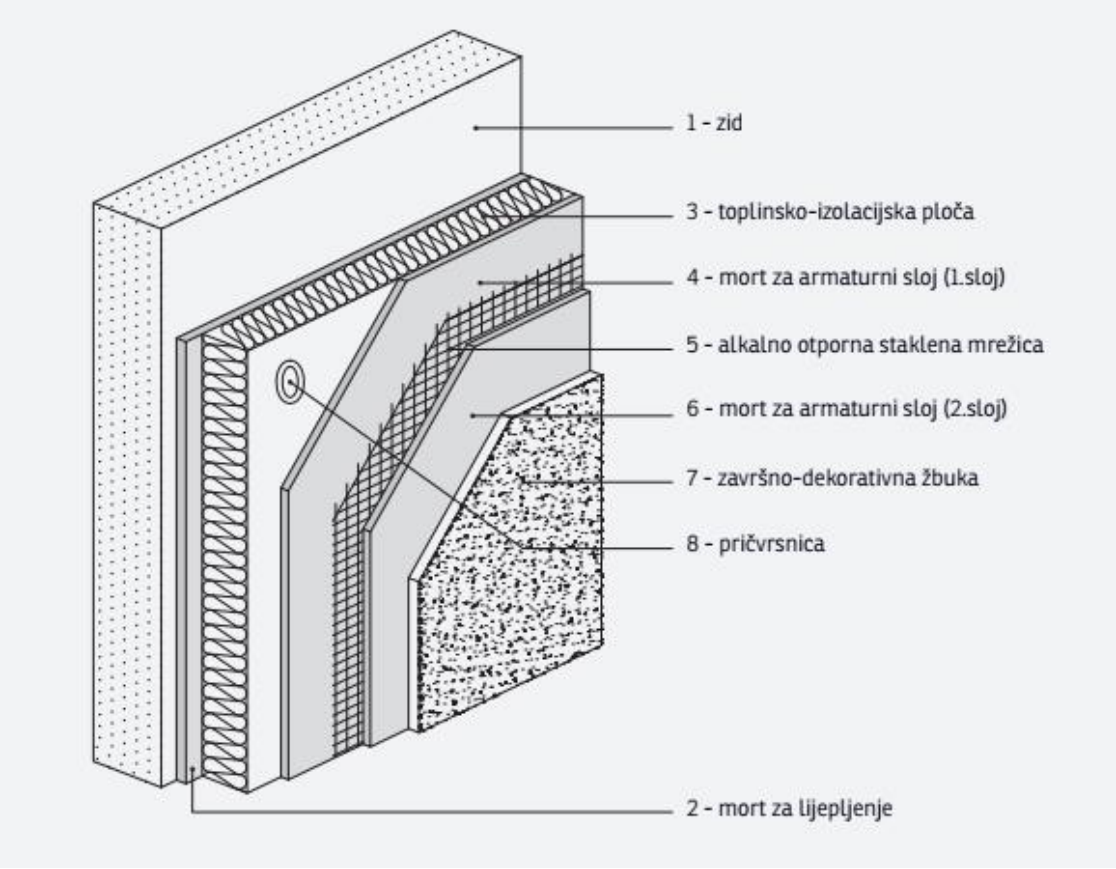
• jesu li koristi veće od uloženih resursa;
• ima li odabrani projekt optimalan odnos koristi i troškova uzimajući u obzir sve razmatrane projekte/scenarije.

Ako je odgovor na oba pitanja pozitivan, projekt je ekonomski prihvatljiv! Ekonomska i financijska analiza mora ponajprije dati odgovor na pitanje: "Zašto ja to radim?“ odnosno predstavlja li predloženi projekt atraktivan ulog kapitala u odnosu na druge mogućnosti ulaganja raspoloživog kapitala. Glavni, a često i jedini cilj investitora jest što veći povrat na uloženi kapital. Povrat se ostvaruje samo iz razlike prihoda i troškova, a oba ta elementa podložna su rizicima. Najčešća korištena metoda odabira projekta vezanih za povećanje energetske učinkovitosti u kućanstvima je jednostavna metoda razdoblja povrata, [12].

4.3. Mjera energetske učinkovitosti – ETICS sustav

U pravilu ETICS sustav nastaje u četiri faze izvođenja (lijepljenje i dodatno učvršćivanje, postavljanje toplinsko–izolacijskog materijala, ugradnja armaturnog sloja i ugradnja završno–dekorativnog sloja), pri čemu ugradnja svake komponente ima važnu ulogu u definiranju konačne kvalitete izvedenog ETICS sustava, [13].

Presjek strukture ETICS sustava možemo vidjeti na slici 4.1.



Slika 4.1. Presjek strukture ETICS sustava, izvor [13]

Lijepljenje se izvodi gotovim, tvornički pripremljenim polimer-cementnim mortom ili pastoznim disperzijskim ljepilom. Funkcija morta za lijepljenje je osigurati dobru čvrstoću prionjivosti na različitim podlogama i stvoriti čvrstu vezu između podloge i toplinsko-izolacijskog materijala. Prema ETAG-u 004, čvrstoća prionjivosti između morta za lijepljenje i podloge ne smije biti niža od 80 kPa (srednja vrijednost). Ovisno o opterećenju vjetrom i specifičnostima podloge i završne obrade, ETICS sustavi mogu se dodatno mehanički učvrstiti. Mehaničko pričvršćivanje pruža i dodatnu stabilnost u slučaju požara, [13].

Funkcija toplinsko-izolacijskog materijala je toplinska izolacija zidova od gubitaka topline zimi i sprečavanje prekomjernog zagrijavanja konstrukcije i unutrašnjosti objekata ljeti. Najčešće korišteni toplinsko-izolacijski materijali za ugradnju u ETICS sustave su:

1. ekspandirani polistiren (EPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13163
2. mineralna vuna u skladu sa zahtjevima HRN EN 13162, [13].

U ovom slučaju koristio se ekspandirani polistiren zbog ekonomskih i estetskih razloga objekta.

U području podnožja izloženih prskanju vode i jačim udarnim opterećenjima koristi se ekstrudirani polistiren (XPS) u skladu sa zahtjevima HRN EN 13164.

Armaturni sloj ETICS sustava čine alkalno postojana staklena mrežica utisnuta u mort za armaturni sloj koji je po svom sastavu polimer-cementno ili pastozno disperzijsko ljepilo, [13]. Važno je napomenuti kako se pastozno disperzijsko ljepilo koristi za lijepljenje EPS i XPS ploča na drvo tj. ivericu, stoga je u ovom primjeru korišteno polimerno-cementno ljepilo.

Funkcija armaturnog sloja je sprečavanje pojave pukotina zbog mehaničkih i higro-termičkih naprezanja nastalih uslijed izloženosti ETICS sustava atmosferilijama, mehaničkim udarima, površinskim naprezanjima. Svojstva armaturnog sloja moraju zadovoljavati zahtjeve visoke fleksibilnosti kako bi se premostila sva gore navedena naprezanja, visoke vodoodbojnosti i paropropusnosti radi sprečavanja nastanka kondenzata unutar konstrukcije tijekom cijele godine. U postizanju tih zahtjeva armaturni sloj zajedno s odabirom završno-dekorativnog sloja ima najvažniju ulogu, [13].

Završno-dekorativni sloj ETICS sustava čine pretpremaz i završno-dekorativna žbuka koja, ovisno o tipu korištenog veziva, može biti: plemenita mineralna žbuka, silikatna, silikatno-silikonska, silikonska i akrilatna žbuka. Odabirom veličine zrna i gore navedenog veziva moguće je dobiti različite tipove tekstura i strukture žbuke. O debljini i vrsti završno-dekorativnog sloja ovise i svojstva i funkcionalnost čitavog ETICS sustava, [13].

Kao prvi izbor pri izradi završno-dekorativnog sloja izabrana je akrilatna žbuka. Razlog odabira akrilatne žbuke su njezina vodoodbojna svojstva, otpornost na UV zrake i atmosferalije te posebnih dodataka od napada algi i plijesni. Granulacija od 2mm izabrana je isključivo iz dekorativnih razloga.

Fasadni sustav obiteljske kuće može se podijeliti u 3 građevna dijela.

Prvi dio je zid do uličnog dijela. Estetski razlozi bili su presudni u odabiru debljine ETICS sustava zbog „starog“ načina izvođenja „cokla“ tj. dijela fasade koji je u kontaktu s podlogom odnosno zemljom. Takvim načinom „cokl“ je istureniji tj. „stariji“ od gornjeg dijela fasade.

Sastav ovog građevnog dijela dan je u tablici 4.1.

Tablica 4.1. *Zidovi do uličnog dijela – mjera EPS*

Zidovi do uličnog dijela - mjera EPS				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,00	1,00	1.800,00
2	1.02 Puna opeka od gline	25,00	0,68	1.600,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,00	1,00	1.800,00
4	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,50	0,90	1.650,00
5	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	16,00	0,03	20,00
6	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,30	0,90	1.650,00
7	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,90	1.700,00

Drugi građevni dio je vanjski zid dječje sobe koji se zbog specifičnih estetskih razloga odrađivao kao dupli ETICS sustav debljine od 5cm bez završnog sloja među sustavima. Sastav ovog građevnog dijela tj. zida prikazan je u tablici:

Tablica 4.2. *Zidovi do dvorišnog dijela – dječja soba mjera EPS*

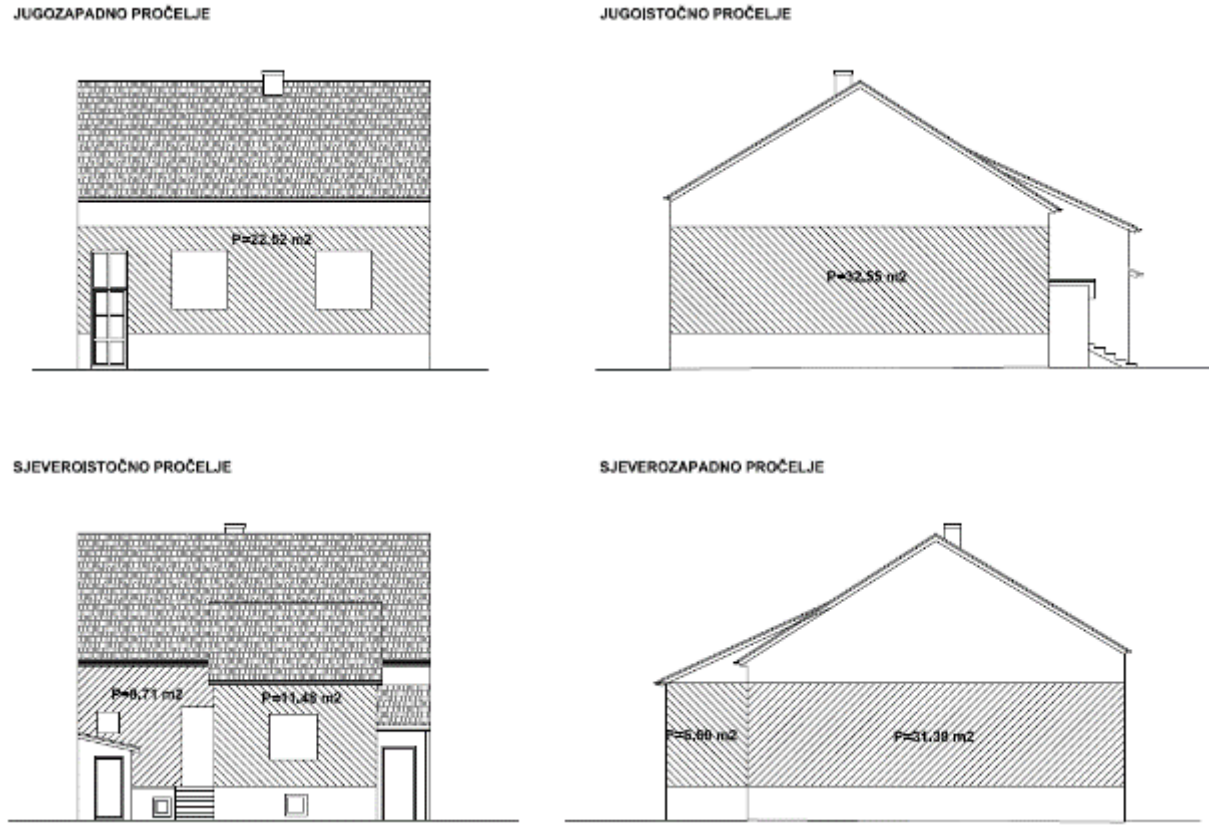
Zidovi do dvorišnog dijela dječja soba - mjera EPS				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m3]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,00	1.800,00
2	1.09 Šuplji blokovi od gline	19,00	0,45	1.000,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,00	1.800,00
4	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,50	0,90	1.650,00
5	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	5,00	0,03	20,00
6	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,50	0,90	1.650,00
7	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	5,00	0,03	20,00
8	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,30	0,90	1.650,00
9	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,90	1.700,00

Kao treći građevni dio preostaje zid kupaonice koji je osim nove vanjske izolacije s unutarnje strane kompletno renoviran uz korištenje kvalitetnijih materijala i keramičkih pločica. Zbog istih estetskih razloga kao u slučaju dječje sobe i u ovom slučaju korišten je dupli ETICS sustav bez završnog sloja između sustava. Sastav građevnog dijela dan je u tablici 4.3.

Tablica 4.3. *Zidovi do dvorišnog dijela kupaonica – mjera EPS*

Zidovi do dvorišnog dijela kupaonica - mjera EPS				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m³]**
1	4.03 Keramičke pločice	1,50	1,30	2.300,00
2	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,00	0,90	1.650,00
3	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,00	1,00	1.800,00
4	1.02 Puna opeka od gline	16,00	0,68	1.600,00
5	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,00	1,00	1.800,00
6	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,50	0,90	1.650,00
7	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	5,00	0,03	20,00
8	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,50	0,90	1.650,00
9	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	5,00	0,03	20,00
10	3.17 Žbuka na bazi akrilata	0,20	0,90	1.700,00
11	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	0,30	0,90	1.650,00

Pri definiranju cijene izvođenja izolacije vanjskih zidova objekta važno je definirati površine. Definiranju površina pristupilo se u programu pomoću kojeg su se vršila sva crtanja s obzirom da su pročelja vizualizirana opisom objekta.



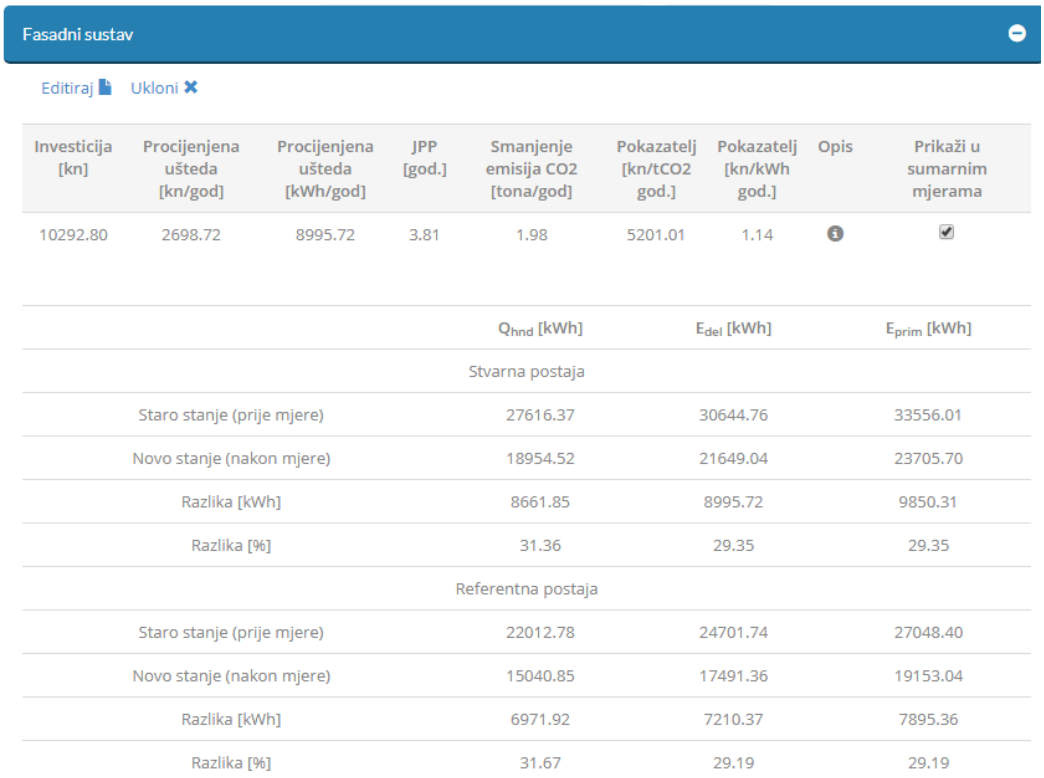
Slika 4.2. *Površine pročelja*

Troškovnik ove mjere možemo vidjeti u tablici 4.4. s cijenama koje uključuju PDV što nije uobičajena praksa pri izradi troškovnika.

Tablica 4.4. *Troškovnik izrade fasadnog sustava*

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jed. Cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
Oblaganje kuće slojem EPS-a debljine 2x 5cm s uključenim završnim slojem. U cijenu je uključen sav potreban materijal i rad.	m^2	34	210	7.140
Oblaganje kuće slojem EPS-a debljine 16cm s uključenim završnim slojem. U cijenu je uključen sav potreban materijal i rad	m^2	22,52	140	3.152,8
UKUPNO:				10.292,8

Radom u programu Thorium A+ ova mjera pokazala se najisplativijom. Jedinstveni povratni period investicije iznosi 3.81 godinu. Procijenjena ušteda iznosi 2698,72 kn/god odnosno 8995,72 kWh/god. Na slici 4.3. možemo vidjeti cjelokupan prikaz ušteda na ovoj investiciji.



Slika 4.3. *Procjena ušteda aplikacijom ETICS sustava*

4.4. Mjera energetske učinkovitosti – izolacija stropa

Obiteljska kuća starije je gradnje i kao takva imala je veću visinu stropa od današnjih standarda. Sam strop objekta rađen je od drvene konstrukcije te je punjen različitim izolacijskim materijalima. Zbog starosti i različitih čimbenika na stropu, promatrajući ga sa stajališta unutarnjeg dijela objekta, pojavile su se pukotine. Pukotine kao takve ne mogu se trajno sanirati te je u konzultaciji sa izvođačima radova donesena odluka izolacije stropa s nutarnje strane objekta. Toj odluci doprinijela je i konstatacija o stanju poda u tavanskom dijelu objekta. Pod tavanske prostorije tj. gornji dio stropa u lošem je stanju te bi iziskivao puno veći trošak obnove. Sanacija stropa sastojala se od slijedećih koraka:

1. Postavljanje metalne konstrukcije na odgovarajuću visinu stropa što možemo vidjeti na slici 4.4.



Slika 4.4. *Postavljanje metalne konstrukcije*

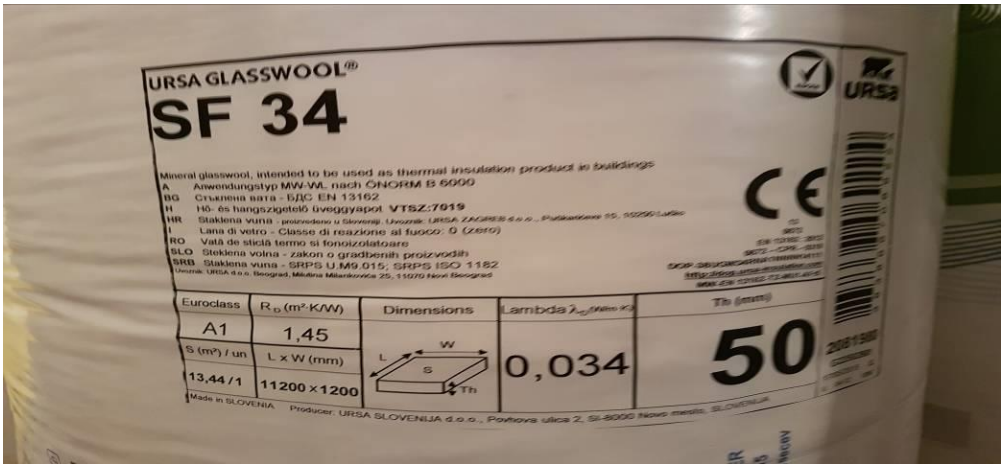
Na strop su postavljane metalne vodilice na koje će se pričvrstiti Knauf vodonepropusne ploče. Na mjesto budućeg rasvjetnog tijela postavljena je drvena podloga za pričvršćivanje. Svi kablovi koji se nalaze iznad stropa izolirani su plastičnim bužirima kako ne bi došlo do oštećenja izolacije prilikom montaže.

2. Postavljanje mineralne staklene vune prema HRN EN 13162.



Slika 4.5. *Postavljanje mineralne staklene vune prema HRN EN 13162*

Vuna je pravilno raspoređena cijelom površinom stropa. Možemo primijetiti štednu žarulju sa sadržajem žive na koju su monteri posebno morali obratiti pažnju prilikom montiranja. Karakteristike korištene mineralne vune dane su na fotografiji ispod.



Slika 4.6. Karakteristike korištene mineralno staklene vune

3. Postavljanje paronepropusne folije



Slika 4.7. *Postavljanje paroneporpusne folije*

4. Postavljanje vodonepropusnih gipskartonskih ploča debljine 15mm



Slika 4.8. *Postavljanje vodonepropusnih gipskartonskih ploča*

Pri postavljanju metalne konstrukcije vodilo se računa o debljini nove izolacije te je unatoč tome ostavljen zračni raspor od 5cm. U konačnici dobiven je novi građevni dio u sastavu danom u tablici:

Tablica 4.5. *Stropovi 2 - mjera*

Stropovi 2 - mjera				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m³]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0,50	1,00	1.800,00
2	4.05 Drvo	3,00	0,15	550,00
3	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	10,00	0,81	1.700,00
4	4.05 Drvo	3,00	0,15	550,00
5	Zrak	5,50	0,02	1,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	5,00	0,03	70,00
7	4.01 Gipskartonske ploče	1,50	0,25	900,00

Kako je navedeno pri energetskom pregledu postojećeg objekta stropovi su podijeljeni u dva dijela. Drugi dio stropa koji ima udjel od 20 % ostao je isti i to u sastavu danom u tablici:

Tablica 4.6. *Stropovi*

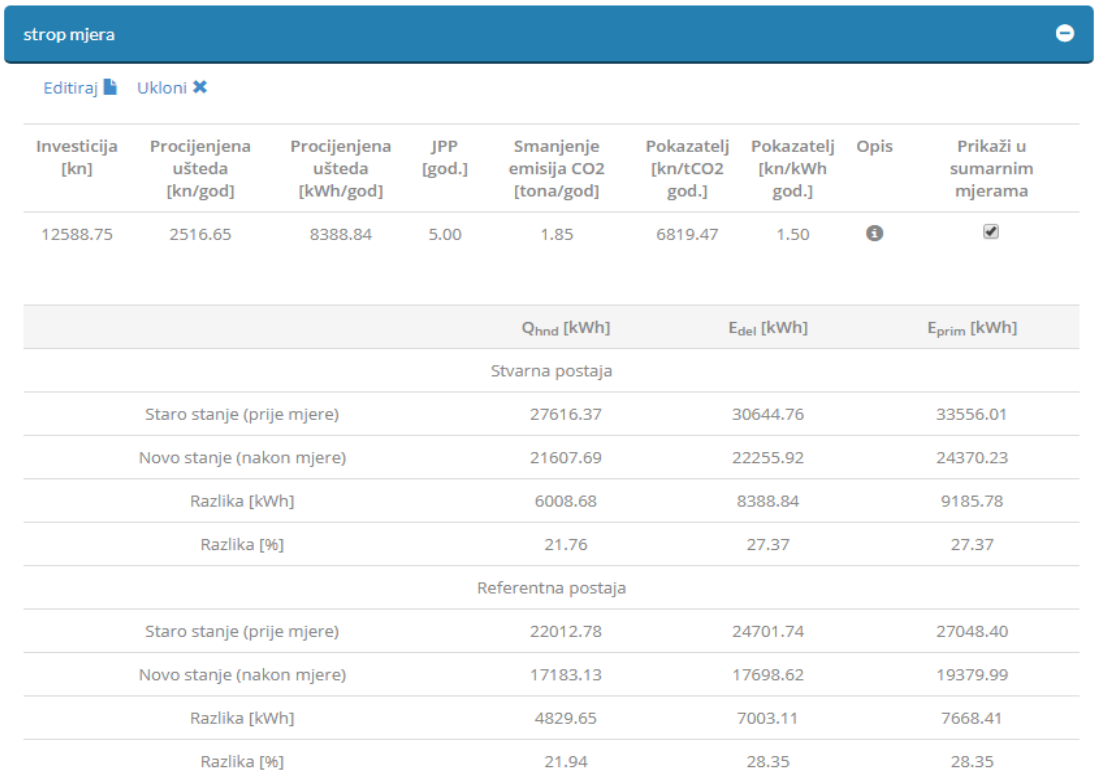
Stropovi				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m³]**
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0,50	1,00	1.800,00
2	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00
3	4.06 Drvo – tvrdo – bjelogorica	15,00	0,18	700,00
4	4.05 Drvo	2,50	0,15	550,00

Pri promatranju stropova mora se u obzir uzeti i izolirani strop negrijane prostorije tj. hodnika. Razlika izolacije stropa u hodniku u odnosu na ostatak obiteljske kuće ističe se u količini ostavljenog zračnog raspora. Zračni raspor u ovom slučaju višestruko je veći unatoč većoj visini prostorije. Strop hodnika također je podijeljen u dva dijela od kojih je izolirani dio dan u tablici:

Tablica 4.7. *Strop hodnik - mjera*

strop 2 mjera u hodniku				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m³]**
1	4.01 Gipskartonske ploče	1,50	0,25	900,00
2	7.01 Mineralna vuna (MW) prema HRN EN 13162	5,00	0,03	70,00
3	Zrak	33,50	0,02	1,00
4	4.05 Drvo	3,00	0,15	550,00
5	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	10,00	0,81	1.700,00
6	4.05 Drvo	3,00	0,15	550,00
7	3.03 Vapneno-cementna žbuka	0,50	1,00	1.800,00

Prilikom analize investicije u programu Thorium A+ dobivene su zadovoljavajuće vrijednosti jedinstvenog povratnog perioda u trajanju od 5 godina. Procijenjena godišnja ušteda iznosi 2516,65 kn odnosno 8388,84 kWh prema definiranoj cijeni energenta korištenog za grijanje i pripremu tople vode objekta.



Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [kn/tCO2 god.]	Pokazatelj [kn/kWh god.]	Opis	Prikaži u sumarnim mjerama
12588.75	2516.65	8388.84	5.00	1.85	6819.47	1.50		

	Q_{hnd} [kWh]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]
Stvarna postaja			
Staro stanje (prije mjere)	27616.37	30644.76	33556.01
Novo stanje (nakon mjere)	21607.69	22255.92	24370.23
Razlika [kWh]	6008.68	8388.84	9185.78
Razlika [%]	21.76	27.37	27.37
Referentna postaja			
Staro stanje (prije mjere)	22012.78	24701.74	27048.40
Novo stanje (nakon mjere)	17183.13	17698.62	19379.99
Razlika [kWh]	4829.65	7003.11	7668.41
Razlika [%]	21.94	28.35	28.35

Slika 4.9. Procjena uštede izolacijom stropa

Troškovnik izolacije stropova rađen je na osnovu svih dostupnih računa. Ukupan iznos investicije iznosi 12.588,75 kn te uključuje PDV što nije uobičajena praksa pri izradi troškovnika.

Tablica 4.8. Troškovnik investicije izolacije stropa

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jed. Cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
Postavljanje metalne konstrukcije, mineralno staklene vune, paronepropusne folije, Knauf gispkartonskih ploča debljine 15mm. U cijenu je uključen sav potrebni materijal i rad. U cijenu su uključene sve predradnje i postavljanje toplinske izolacije.	m^2	93.25	135	12.588,75
UKUPNO:				12.588,75

4.5. Mjera energetske učinkovitosti – izolacija podova

Podovi u ovom objektu podijeljeni su u dva dijela:

- Podovi prema tlu
- Podovi prema negrijanom prostoru ispod (tj. stropovi iznad vanjskog zraka)

Promatramo li podove prema tlu kao građevni dio on se sastoji od segmenata danih u tablici:

Tablica 4.8. *Podovi prema tlu*

Podovi prema tlu				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	2.01 Armirani beton	10,00	2,60	2.500,00
2	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,00	0,90	1.650,00
3	4.03 Keramičke pločice	0,80	1,30	2.300,00

Izolacija podova investicija je rađena zbog postavljanja podnog grijanja. Najprije je bilo potrebno ukloniti slojeve polimerno-cementnog ljepila te keramičke pločice. Sam postupak uklanjanja može se promotrit na fotografiji.



Slika 4.10. *Uklanjanje postojećeg poda*

Nakon uklanjanja postojećeg poda izolacija podova može se podijeliti u slijedeće etape:

1. Postavljanje preklopljene PE folije
2. Postavljanje ekstrudirane polistirenske pjene (XPS)
3. Postavljanje rastera za podno grijanje od ekspandiranog polistirena
4. Izrada cementnog estriha
5. Postavljanje keramičkih pločica

Postavljanje preklopljene PE folije

Folija je postavljena u dva sloja preklapanjem kako bi se podloga dodatno izolirala od vlage i ostalih utjecaja. Folija nije lijepljena na podlogu već je za njezino prianjanje dovoljna težina cementnog estriha.



Slika 4.11. *Postavljanje PE folije*

Postavljanje ekstrudirane polistirenske pjene (XPS)

Postavljanje ekstrudirane polistirenske pjene rađeno je slaganjem ploča debljine 3cm i 2cm. Ploče su postavljane unakrsno kako bi se izbjegli toplinski mostovi, a način postavljanja dan je na slici 4.12.



Slika 4.12. *Postavljanje ekstrudirane polistirenske pjene*

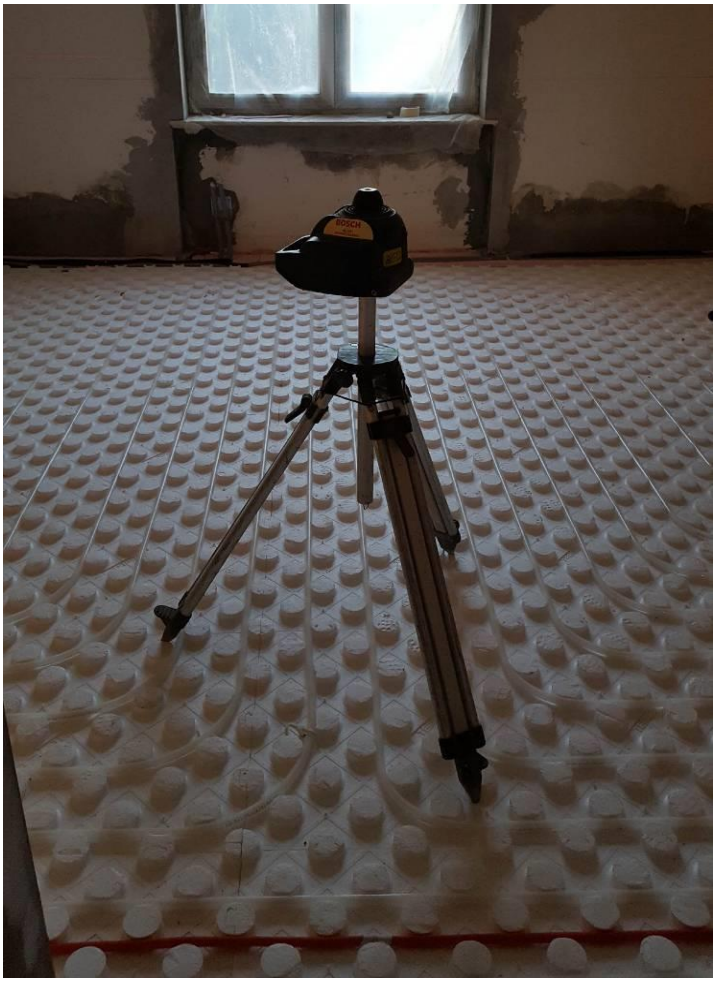
Postavljanje rastera za podno grijanje od ekspandiranog polistirena



Slika 4.13. *Postavljanje rastera za podno grijanje od ekspandiranog polistirena*

Izrada cementnog estriha

Prije same izrade cementnog estriha potrebno je laserskim mjeračem postaviti željenu visinu poda. Pri pripremanju cementnog estriha zbog postavljenog podnog grijanja potrebno je dodati aditiv za grijani estrih HV 05. Na pola visine novog estriha postavlja se aluminijska mrežica kako bi se dobila veća čvrstoća i povezanost estriha. U konačnici estrih je potrebno izravnati i nabiti vibrirajućim strojem. Svi postupci mogu se promotriti na slikama ispod.



Slika 4.14. *Laserski uređaj za određivanje „vagresa“ tj*. referentne linije za određivanje visine estriha



Slika 4.15. *Pumpa za izljevanje estriha*



Slika 4.16. *Izrada estriha i postavljanje mrežice od pocinčanog željeza*



Slika 4.17. *Vibrirajući stroj za nabijanje i zaglađivanje estriha*

Postavljanje keramičkih pločica



Slika 4.18. *Postavljanje keramičkih pločica*

Konačni sastav građevnog dijela poda na tlu dan je u tablici 4.9. u kojoj je također vidljiva debljina pojedinog segmenta kao i toplinska provodljivost te gustoća.

Tablica 4.9. *Izolacija poda na tlu*

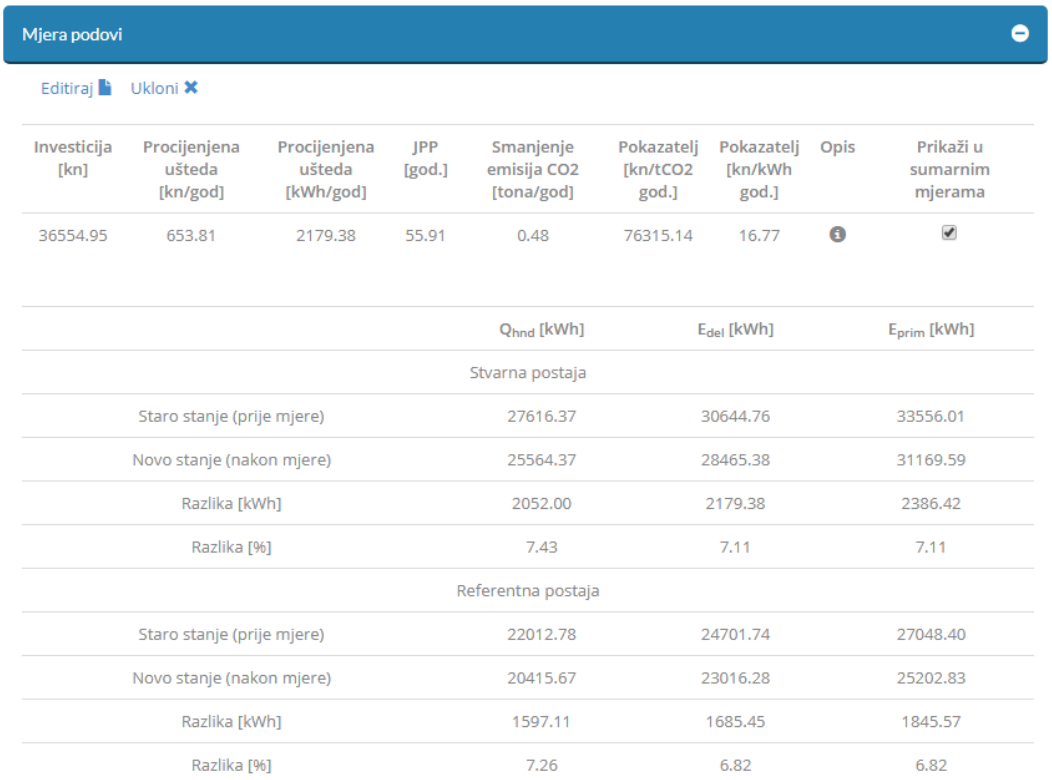
Pod na tlu - mjera				
Redni br.	**Materijal**	**d (cm)**	**λ [W/mK]**	**ρ [kg/m^3]**
1	2.01 Armirani beton	10,00	2,60	2.500,00
2	5.12 PE folija, preklopljena	0,02	0,19	1.000,00
3	7.03 Ekstrudirana polistirenska pjena (XPS) prema HRN EN 13164	3,00	0,03	35,00
4	7.02a Ekspandirani polistiren (EPS)	2,00	0,03	20,00
5	3.19 Cementni estrih	12,00	1,60	2.000,00
6	3.22 Polimerno-cementno ljepilo	1,00	0,90	1.650,00
7	4.03 Keramičke pločice	1,00	1,30	2.300,00

Troškovnik izolacije podova rađen je na osnovu svih dostupnih računa. Iznosi po zasebnim stavkama dani su tablici 4.10. koja sadrži cijene s PDV-om što nije praksa pri izradi troškovnika.

Tablica 4.10. *Troškovnik izolacije podova*

Stavka	Jedinica mjere	Količina	Jed. cijena (kn)	Ukupna cijena (kn)
Ekstrudirani polistiren debljine 3cm	m^2	83,58	29,9	2.499,04
Ekstrudirani polistiren debljine 2cm	m^2	83,58	19,9	1.633,24
Raster za podno grijanje (EPS)	m^2	83,58	47,5	3.907,05
Izrada cementnog estriha. U cijenu uključen sav potrebni materijal i rad.	m^2	83,58	75	6.268,5
Keramičarski radovi. Uključen sav potrebni materijal i rad, osim keramičkih pločica.	m^2	83,58	80	6.686,4
Keramičke pločice	m^2	83,58	184	15.378,72
UKUPNO:				36.554,95

Dobiveni iznos investicije iznosi 36.554,95 kn te se unosi u program Thorium A+ s ciljem izračunavanja isplativosti. Obradom podataka program računa isplativost tj. planirani povrat investicije vidljiv na slici 4.19. Dobiveni rezultati nisu zadovoljavajući s obzirom da jednostavni povratni period iznosi 55.91 godinu. Procijenjena ušteda u kunama godišnje iznosi 653.81 kn što bi bilo jednako 2179.38 Kwh/god računajući prema cijeni energenta korištenog za grijanje i pripremu tople vode.



Slika 4.19. *Procjena uštede – izolacija podova na tlu*

4.6. Mjera energetske učinkovitosti – zamjena otvora

Zatečena stolarija unatoč solidnom koeficijentu toplinske provodljivosti nije bila zadovoljavajuća. Većina prozora je bila uništena mehaničkim putem te nije postojala mogućnost popravka istih. Ulazna vrata su također mehanički bila neispravna te se pristupilo zamjeni uz uvođenje elektronske brave koja je također uračunata u cijenu izmjene vrata.

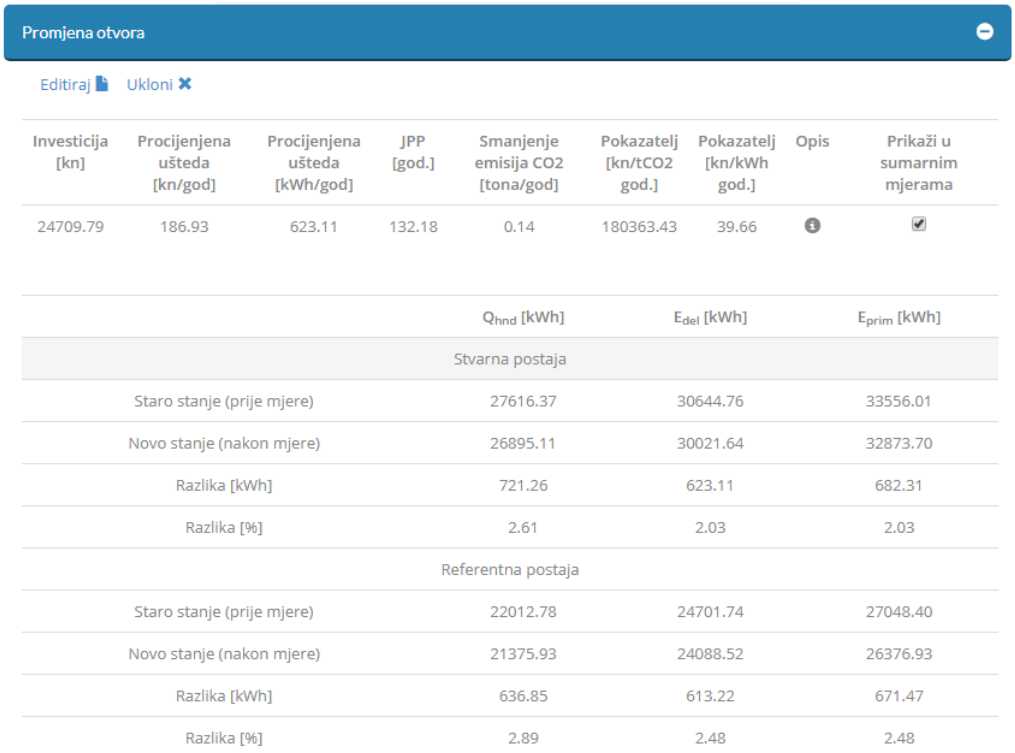
Ulazna vrata zamijenjena su vratima profila naziva Feal TERMO 85. Ispuna vrata u iznosu 70% rađena je od stakla slijedećeg sastava: STAKLO 4+14+4+14+4 LOW-E ARGON (0,6) SATINATO. Ovakva struktura stakla govori da su prostori od 14mm punjeni s 90% argonom. Ukupan koeficijent prolaska topline za vrata dimenzija 1070x3270 mm iznosi Uw=1,05 W/m^{2}K. Novi prozori rađeni su po važećim standardima te zadovoljavaju sve uvjete i normu o sukladnosti HRN EN 14351-1:2006+A1:2010. Tehnička svojstva profila prozora dana su u tablici.

Salamander streamline 76 energetski učinkovit profil s 5 komora i dvostrukim brtvljenjem te troslojnim izolacijskim staklom s koeficijentom prolaza topline 0,5 W/m²K može se vidjeti na slici 4.20.



Slika 4.20. *Profil Salamander streamline 76,* izvor[14]

Nakon definiranja građevnih dijelova u programu Thorium A+ te promatranja mjere zamjene prozora i vanjskih otvora utvrdila se neisplativost investicije. Jednostavni povratni period iznosi velikih 132.18 godina. Procijenjena ušteda godišnje iznosi 186.93 kn odnosno 623.11 kWh. Usporedba stanja prije i poslije poduzimanja mjere energetske učinkovitosti dana je na slici 4.21.



Slika 4.21. *Pregled ušteda promjenom otvora*

4.7. Mjera energetske učinkovitosti – sumarne mjere

Nakon definiranja svih mjera energetske učinkovitosti možemo uočiti očekivane promjene vrijednosti potrebne energije za grijanje. Promatrajući potrebnu energiju za grijanje po mjesecima pri stvarnim klimatskim podacima dobili smo slijedeće podatke:

Tablica 4.12. *Potrebna energija za grijanje pri stvarnim klimatskim podacima*

Mjesec	$Q_{H,tr}$ [kWh]	$Q_{H,ve}$ [kWh]	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$ [kWh]	$Q_{H,int}$ [kWh]	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{H,red}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
1	2.304,52	660,52	2.965,04	134,25	305,59	439,84	0,14	0,988	1	31,00	2.530,41
2	1.909,53	544,26	2.453,79	176,95	276,02	452,97	0,18	0,981	1	28,00	2.009,24
3	1.704,77	478,00	2.182,78	272,33	305,59	577,92	0,26	0,962	1	31,00	1.626,79
4	1.143,08	308,39	1.451,48	302,63	295,74	598,37	0,41	0,914	1	30,00	904,31
5	685,36	159,33	844,70	336,96	305,59	642,55	0,76	0,779	1	31,00	343,88
6	377,66	67,28	444,95	328,96	295,74	624,70	1,40	0,568	1	16,23	48,58
7	247,46	26,07	273,53	359,47	305,59	665,06	2,43	0,376	1	0,00	0,00
8	285,54	37,66	323,20	346,66	305,59	652,25	2,01	0,437	1	2,99	3,63
9	773,81	187,83	961,65	282,46	295,74	578,20	0,60	0,842	1	30,00	474,77
10	1.219,26	330,26	1.549,53	257,26	305,59	562,85	0,36	0,931	1	31,00	1.025,19
11	1.668,20	468,19	2.136,40	129,99	295,74	425,73	0,19	0,978	1	30,00	1.719,91
12	2.218,84	634,44	2.853,29	93,78	305,59	399,37	0,13	0,989	1	31,00	2.458,11
Ukupno											**13.144,88**

Iz gornje tablice je vidljivo da je modelirana potrebna energija za grijanje spram stvarnih klimatskih podataka i stvarnog režima korištenja iznosa 13.144,88 kWh/god.
Dobiveni rezultati proračuna su slijedeći:

Tablica 4.13. *Rezultati proračuna pri stvarnim klimatskim uvjetima*

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m^2]	300,15
Obujam grijanog dijela zgrade V_e	301,38
Faktor oblika zgrade f_0 [m^{-1}]	0,99
Ploština korisne površine Ak [m^2]	82,15
Godišnja potrebna toplina za grijanje QH,nd [kWh/a]	13.144,88
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) $Q_{H,nd}$ [kWh/m^2a]	160,01 (max=67,88)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade H'tr,adj [W/m^2K]	0,46 (max=0,45)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/K]	138,43
Ukupni godišnji gubici topline Q_I [MJ]	66.385,38
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Q_i [MJ]	12.953,41
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Q_s [MJ]	10.878,12
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Q_g [MJ]	23.831,53

Uspoređujući sustav prije i poslije poduzimanja mjera energetske učinkovitosti može se definirati razlika ukupnog $Q_{H,nd}$ u vrijednosti 176,16 kWh/m^2a. međutim promatrajući potrebnu energiju za grijanje pri referentnim klimatskim uvjetima vrijednosti su puno povoljnije.

Tablica 4.14. *Potrebna energija za grijanje pri referentnim klimatskim uvjetima*

Mjesec	**$Q_{H,tr}$ [kWh]**	**$Q_{H,ve}$ [kWh]**	**$Q_{H,ht}$ [kWh]**	**$Q_{H,sol}$ [kWh]**	**$Q_{H,int}$ [kWh]**	**$Q_{H,gn}$ [kWh]**	**γ_H**	**$\eta_{H,gn}$**	**$\alpha_{H,red}$**	**$L_{H,m}$**	**$Q_{H,nd}$ [kWh]**
1	2.065,56	596,78	2.662,35	109,28	305,59	414,87	0,15	0,987	1	31,00	2.252,86
2	1.624,91	465,76	2.090,68	151,35	276,02	427,37	0,20	0,977	1	28,00	1.672,97
3	1.389,66	391,09	1.780,76	252,42	305,59	558,01	0,31	0,948	1	31,00	1.251,68
4	911,84	246,71	1.158,55	287,93	295,74	583,67	0,50	0,880	1	30,00	644,48
5	550,33	118,77	669,11	342,18	305,59	647,77	0,96	0,703	1	24,81	171,05
6	228,56	22,42	250,99	345,58	295,74	641,31	2,55	0,360	1	0,00	0,00
7	55,31	-31,86	23,44	366,43	305,59	672,02	28,66	0,034	1	0,00	0,00
8	150,50	-2,89	147,61	344,13	305,59	649,72	4,40	0,220	1	0,00	0,00
9	486,52	100,92	587,44	303,95	295,74	599,69	1,02	0,684	1	18,76	110,57
10	951,75	257,83	1.209,59	233,40	305,59	538,99	0,44	0,902	1	31,00	723,01
11	1.427,75	403,71	1.831,46	116,24	295,74	411,98	0,22	0,972	1	30,00	1.430,76
12	1.922,77	553,33	2.476,10	81,61	305,59	387,20	0,15	0,986	1	31,00	2.093,96
Ukupno											**10.351,37**

Iz gornje tablice je vidljivo da je modelirana potrebna energija za grijanje spram referentnih klimatskih podataka i stvarnog režima korištenja iznosa 10.351,37 kWh/god. U slijedećoj tablici možemo promotriti potrebnu energiju za hlađenje po mjesecima po satnoj metodi.

Tablica 4.15. *Potrebna energija za hlađenje po mjesecima (referentna klimatska postaja/satna metoda)*

Mjesec	**$Q_{H,nd,mj}$**
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,07
5	23,70
6	88,68
7	238,67
8	310,84
9	62,15
10	0,00
11	0,00
12	0,00
Ukupno	**724,14**

prema	**Zgrada**	☐ nova / veća rekonstrukcija	☐ prodaja	☐ iznajmljivanje, zakup, leasing
	Vrsta zgrade SZ1			
	Naziv zgrade Obiteljska kuća - Energetska obnova obiteljske kuće			
	Adresa SJR 7			
	Mjesto Osijek			
	k. č.	k. o.		
	Vlasnik / investitor MK/			
	Godina izgradnje	Izvođač Mario Krešo		

Energetski certifikat stambene zgrade

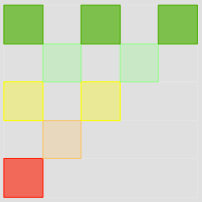
Q''H,nd,ref	kWh/(m²a)	**Izračun**
		126.00

A+	≤ 15	
A	≤ 25	
B	≤ 50	
C	≤ 100	
D	≤ 150	D
E	≤ 200	
F	≤ 250	
G	> 250	

Podaci o zgradi			
AK [m²] 82.15		f0 [m-¹] 1.00	
Ve [m³] 301.38		H'tr,adj [W/(m²K)] 0.46	
Podaci o osobi koja je izdala certifikat			
Ovlaštena fizička ili pravna osoba ---			
Imenovana osoba u pravnoj osobi ---			
Registarski broj ovlaštene osobe ---			
Oznaka energetskog certifikata _19111_SZ1			
Datum izdavanja / rok važenja 21.08.2017/21.08.2027			
Potpis ovlaštene fizičke ili imenovane osobe			
Podaci o osobama koje su sudjelovale u izradi energetskog certifikata			
Dio zgrade	Ovlaštena osoba	Registarski broj	Potpis
Građevinski			
Strojarski			
Elektrotehnički			

Prijedlog mjera

- Prijedlog ekonomski opravdanih mjera za poboljšanje energetskih svojstava zgrade temeljem Izvješća o energetskom pregledu zgrade
- Za nove zgrade i zgrade nakon veće rekonstrukcije daju se preporuke za korištenje zgrade vezano na ispunjenje temeljnog zahtjeva gospodarenja energijom i očuvanja topline i ispunjenje energetskih svojstava zgrade



Mjera / preporuka	Jednostavni period povrata ulaganja
1. Uvođenje sustava gospodarenja energijom	
2. Fasadni sustav	3,81
3. strop mjera	5
4. Promjena otvora	132,18
5. Mjera podovi	3,81

Detaljnije informacije

(uključujući one koje se odnose na troškovnu učinkovitost prijedloga mjera ili preporuka)

Tablica 4.16. *Rezultati proračuna pri referentnim klimatskim podacima*

Oplošje grijanog dijela zgrade A [m^2]	300,15
Obujam grijanog dijela zgrade V_e	301,38
Faktor oblika zgrade f_0 [m^{-1}]	0,99
Ploština korisne površine A_k [m^2]	82,15
Godišnja potrebna toplina za grijanje $Q_{H,nd}$ [kWh/a]	10.351,37
Godišnja potrebna toplina za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) $Q_{H,nd}$ [kWh/m^2a]	126,00 (max=67,88)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka po jedinici oplošja grijanog dijela zgrade $H'_{tr,adj}$ [W/m^2K]	0,45 (max=0,45)
Koeficijent transmisijskog toplinskog gubitka $H_{tr,adj}$ [W/K]	137,57
Ukupni godišnji gubici topline Q_I [MJ]	63.578,55
Godišnji iskoristivi unutarnji dobici topline Q_i [MJ]	12.953,41
Godišnji iskoristivi solarni dobici topline Q_s [MJ]	10.564,20
Ukupni godišnji iskoristivi dobici topline Q_g [MJ]	23.517,61

Uvidom u gornju tablicu te sam energetski certifikat možemo zaključiti da objekt spada u energetski razred „D“ s godišnjom potrebnom toplinom za grijanje po jedinici ploštine korisne površine (za stambene zgrade) $Q_{H,nd}$ u iznosu 126 kWh/m^2a. Ukupna razlika stanja prije izoliranja objekta iznosi 141,94 kWh/m^2a. Promatra li se cjelokupna renovacija tj. primjena svih mjera sumarno može se zaključiti da je investicija na granici isplativosti. Jedinstveni povratni period iznosi 19.87 godina. Godišnje uštede u novčanim jedinicama iznose 4233,93 kn/god. Usporedbu stanja prije i poslije poduzimanja mjera može se promotriti na slici 4.22.

totalne mjere

Editiraj Ukloni

Investicija [kn]	Procijenjena ušteda [kn/god]	Procijenjena ušteda [kWh/god]	JPP [god.]	Smanjenje emisija CO2 [tona/god]	Pokazatelj [kn/tCO2 god.]	Pokazatelj [kn/kWh god.]	Opis	Prikaži u sumarnim mjerama
84146.29	4233.93	14113.11	19.87	3.11	27100.25	5.96		

	Q_{hnd} [kWh]	E_{del} [kWh]	E_{prim} [kWh]
Stvarna postaja			
Staro stanje (prije mjere)	27616.37	30644.76	33556.01
Novo stanje (nakon mjere)	14004.63	16531.65	18102.16
Razlika [kWh]	13611.74	14113.11	15453.85
Razlika [%]	49.29	46.05	46.05
Referentna postaja			
Staro stanje (prije mjere)	22012.78	24701.74	27048.40
Novo stanje (nakon mjere)	11044.01	13359.02	14628.12
Razlika [kWh]	10968.77	11342.72	12420.28
Razlika [%]	49.83	45.92	45.92

Slika 4.22. *Pregled isplativosti cjelokupne investicije*

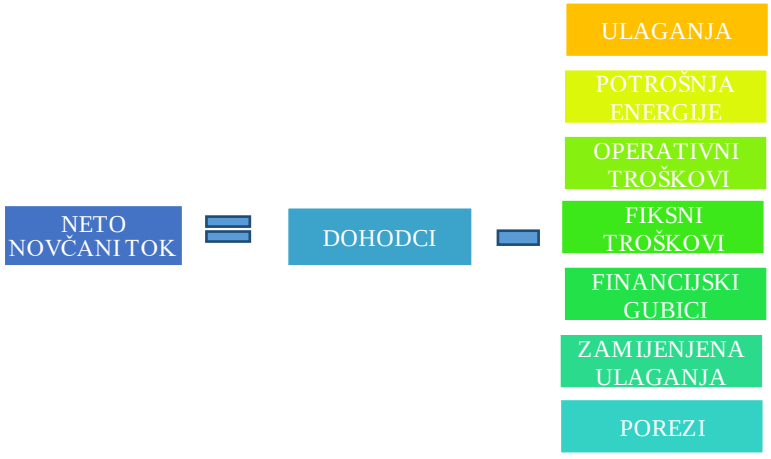
5. FINANCIJSKI POKAZATELJI MJERA ENERGETSKE UČNIKOVITOSTI

5.1. Financijski pokazatelji

Financijski pokazatelji odgovaraju stvarnim, mjerljivim (u novčanim jedinicama) financijskim podacima, kao što su povećani prihodi, uštede troškova, novčani tok, povećani kapital i ostali financijski ishod koji proizlazi iz provedbe projekta. Mnogi financijski pokazatelji mogu se koristiti u standardnim analizama troškova i koristi kao dodatni kriteriji vrednovanja, kao što su novčani tok, interna stopa povrata, jednostavni povratni period, povrat ulaganja i neto sadašnja vrijednost, [15].

Financijski pokazatelji daju značajan doprinos analizi troškova i koristi kada je glavna svrha donijeti odluku isplati li se ulaziti u troškove i odrediti financijski ishod projekta. Primjeri financijskih pogodnosti uključuju smanjenje troškova nabave, smanjenje troškovi isporuke, smanjenje vremena i troškova rada, smanjeni uvjet za povremeni rad, povećano korištenje kapitalnih sredstava, i povećana proizvodnja naknada za klijente. Razmatranje takvih financijskih pokazatelja može biti iznimno korisno pri odabiru između različitih opcija predloženih rješenja, [15].

Novčani tok osnova je ulaganja iako valja naglasiti da razina novčanih tokova nije dobar pokazatelj izvodljivosti projekta jer visoka razina novčanih tokova nije znak većih profita ili obrnuto. Pozitivan novčani tok moguće je postići smanjivanjem troškova ulaganja, brzinom prikupljanja zbog uštede energije, sporijom otplatom te realizacijom kredita ili poticaja. U konačnici novčani tok možemo prikazati slikom 5.1.



Slika 5.1. *Neto novčani tok*

Valja naglasiti kako su prilikom investiranja korištena samo vlastita sredstva tj. nikakvih realizacija kredita ili poticaja nije bilo.

Interna stopa povrata (IRR) je pokazatelj učinkovitosti ili kvalitete ulaganja, za razliku od neto sadašnje vrijednosti, što ukazuje na vrijednost ili veličinu. IRR je godišnja efektivna složena stopa povrata koja se može zaraditi na uloženom kapitalu, tj. prinos na investiciju. Projekt je dobar investicijski prijedlog ako je njezin IRR veći od stope povrata koja bi se mogla ostvariti drugim investicijama (ulaganjem u druge projekte). IRR treba stoga usporediti s alternativnim kapitalnim troškovima, uključujući odgovarajuću premiju rizika. Općenito, ako je IRR veći od kapitalnog troška projekta, projekt će dodati vrijednost za organizaciju, [15].

$$0 = \sum_{t=0}^{t} \frac{(SAVING_t - INV_t)}{(1 + IRR)^t} - INV_{base} \qquad (5-1)$$

Gdje su:

INV_{base} : Prvobitni ulog tj. trošak opreme na „lokaciji“+ radna snaga – preostala vrijednost opreme)

$SAVING_t$: Uštede za godinu „t“ (ekonomska ušteda na računu)

INV_t : Dodatna ulaganja „t“

n : Broj godina u periodu promatranja

Prilikom analize nije bilo u mogućnosti pristupiti računima u prijašnjim stanjima zbog ne korištenja analiziranog objekta u posljednjih nekoliko godina.

Povrat ulaganja (ROI) je omjer novca stečen ili izgubljen (realiziran ili nerealiziran) na ulaganje u odnosu na iznos uloženog novca. Iznos novca stečen ili izgubljen može se nazivati kamata, dobit/gubitak ili neto prihod/gubitak. Investirani novac može se nazvati imovinom, kapitalom, glavnicom ili troškovnim osnovom ulaganja. ROI se obično izražava kao postotak, a ne kao frakcija. Financijske koristi daju vrijednosni ulaz za analizu troškova i koristi kada je glavna svrha vagati koristi od troškova i odrediti financijski ishod projekta, [15].

$$ROI\ (\%) = \frac{(SAVING - INV)}{SAVING} \qquad (5-2)$$

Gdje je:

SAVING : Dobici od ulaganja

INV : Trošak ulaganja

5.2. Usporedba jednostavnog povratnog perioda i neto sadašnje vrijednosti

Jednostavni povratni period vremensko je razdoblje potrebno da se povrati trošak ulaganja u projekt. Računa se iz ukupne investicije i ostvarenih ušteda nakon provedbe mjera energetske učinkovitosti. Većina projekata energetske učinkovitosti imaju relativno kratko razdoblje povrata i dobro povratno ulaganje. U programu „Thorium A+“ prilikom definiranja svake mjere zasebno dobiven je proračun jednostavnog povratnog perioda.

$$JPP = \frac{Investicija\ (kn)}{Procijenjena\ godišnja\ ušteda\ (kn)} \qquad (5-3)$$

Gdje su:

Investicija: trošak opreme „na lokaciji“ + radna snaga

Procijenjena godišnja ušteda: ekonomska ušteda na računima ili zbog promjene opreme

Prilikom računanja jednostavnog povratnog perioda s obzirom na trošak investicije i procijenjenu godišnju uštedu jednostavni povratni period iznosi 19,87 godina.

Jednostavni povratni period nije primjeren za projekte s većim ulaganjima jer se u obzir ne uzima vremenska vrijednost novca, analiza je ograničena na trajanje otplate, te se u obzir ne uzimaju naknadna izdavanja za neplanirane troškove koji mogu produžiti rok otplate ili dodatne uštede za slučaj da se smanji cijena energenta koja bi utjecala na smanjenje roka otplate.

Neto sadašnja vrijednost (NPV) mjeri pozitivne ili negativne novčane tijekove u sadašnjoj vrijednosti nakon što se izračuna trošak financiranja (tzv. Diskontna stopa). Drugim riječima, NPV predstavlja trenutnu vrijednost budućih godišnjih novčanih tokova (dobit) umanjen za ukupne investicijske troškove. Ovaj alat može biti koristan pri predviđanju neto prihoda i financijskih ishoda za predloženi projekt. Pozitivna NPV ukazuje na sadašnju vrijednost cjelokupne koristi projekta. NPV od 0 označava da su koristi i neto troškovi projekta jednaki sadašnjoj vrijednosti. Konačno, negativni NPV sugerira da će troškovi projekta nadmašiti njegove koristi i ne bi trebali poduzimati mjere, osim ako nije drugačije naznačeno nefinancijskim koristima projekta, [15].

$$NPV = \sum_{n=0}^{t} INV_{base} - \frac{(SAVING_t - INV_t)}{(1+k)^t} \qquad (5-4)$$

Gdje su:

INV_{base}: Prvobitni ulog (Trošak opreme „na lokaciji“ + radna snaga + preostala vrijednost opreme)

$SAVING_t$: Uštede za godinu „t“ (ekonomska ušteda na računima)

INV_t : Dodatna investicija za godinu „t“

n : Vrijeme razmatranja u godinama

k : Diskontna (eskontna) stopa

Rangiranje investicija po NPV ne uspoređuje apsolutne razine ulaganja. NPV gleda na novčane tokove, a ne na dobit i gubitke na način na koji rade računovodstveni sustavi. NPV je vrlo osjetljiv na postotak popusta, a to može biti teško odrediti, [16].

Uspoređujući jednostavni povratni period i neto sadašnju vrijednost da se zaključiti da neto sadašnjom vrijednošću obuhvaćamo vremensku vrijednost novca i novčanih tokova, te se riziku i profitabilnosti daje veliki prioritet. Također, pri promatranju neto sadašnje vrijednosti u ovom slučaju teško je odrediti diskontnu stopu prvenstveno jer je projekt namiren u potpunosti vlastitim sredstvima i određivanje koeficijenta k predstavlja veliki problem tj. nagađanje.

6. ZAKLJUČAK

Ulaskom u Europsku Uniju Republika Hrvatska preuzela je zakonske regulative te ih implementirala u svoj zakonodavni sustav. Pravilnikom o energetskom pregledu zgrade i energetskom certificiranju donesene su mjere koje su doprinijele pozitivnim trendovima smanjenja potrošnje energije. Stoga u ovom radu prikazan je energetski pregled objekta koji se sastojao od ispitivanja dimenzija i građevnih dijelova objekta te same primjene mjera energetske učinkovitosti. Radom u programu „Thorium A+“ definiran je energetski razred „G“ što je sasvim jasno s obzirom na godinu izgradnje objekta i njegovo stanje. Investitor je cijeli projekt financirao vlastitim sredstvima što je doprinijelo težem promatranju financijskih pokazatelja i određivanju same diskontne stope neto sadašnje vrijednosti. Prilikom analiziranja isplativosti mjera najviše pozornosti se pridonijelo jednostavnom povratnom periodu koji definira ulaganje u fasadni sustav kao najisplativijom investicijom te uz mjeru izolacije stropa jedinom koja je prihvatljiva. Kako se renovaciji objekta pristupilo ne samo iz energetskih razloga poduzele su se i mjere izolacije podova i promjene otvora te je u konačnici dobiven energetski razred „D“, što je sasvim zadovoljavajuće. Gledajući energetsku obnovu kao proces renovacije stambenog objekta može se zaključiti kako je važno izraditi analizu svih financijskih pokazatelja, ako je to moguće, svake investicije zasebno kako bi se optimizirala ulaganja u proces renovacije.

LITERATURA

[1] B. Pavković; V. Zanki; Ž. Hrs Borković; K. Lenić; D. Franković; M. Grozdek; V. Bukarica, Priručnik za energetsko certificiranje zgrada DIO2, Zagreb, 2012.

[2] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost, članak na web stranici, http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/enu_u_zgradarstvu/energetska obnova_obiteljskih_kuca/ , pristupljeno 28.lipnja 2017.

[3] Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske, Energija u Hrvatskoj 2015, Zagreb, 2015. godina.

[4] Europska komisija, članak na web stranici, https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings, pristupljeno 28.lipnja 2017.

[5] Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, članak na web stranici, http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14754, pristupljeno 28.lipnja 2017.

[6] Ž. Tomšić, predavanje FER 2014. godina, https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/MAPE_13-predavanje_2014-ho.pdf, pristupljeno 28. lipnja 2017.

[7] Narodne novine, Pravilnik o energetskom certificiranju zgrade NN 36/10, godina 2010.

[8] Narodne novine, Pravilnik o energetskom certificiranju zgrade NN 48/14, godina 2014.

[9] Ž.Tomšić, Ciljevi energetske politike EU i energetska efikasnost u Europskoj uniji, Zagreb, godina 2014.

[10] Alfa inženjering, članak na web stranici, https://alfa-inzenjering.hr/index.php/2015-01-26-07-55-59/energetska-obnova#što-je-vanjska-ovojnica-zgrade, pristupljeno 26.lipnja 2017.

[11] Fakultet strojarstva i brodogradnje, V. Soldo; S. Novak; I. Horvat, Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, Zagreb, godina 2017.

[12] Fond za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost i Program Ujedinjenih naroda za razvoj, T. Bautović; M. Capek; Z. Kordić; A. Pajić, Priručnik za energetske savjetnike, godina 2016.

[13] Hrvatska udruga proizvođača toplinsko fasadnih sustava, K. Stunja; D. Vilenica; LJ. Karač, I. Prskalo; L. Gobo; J. Šimunec; M. Matanović; T. Preglej, Smjernice za izradu ETICS sustava, godina 2016.

[14] Inoprem, preuzeta fotografija s web stranice, https://i2.wp.com/www.inoprem.hr/wp/wp-content/uploads/2016/02/salamander-streamline.jpg?resize=400%2C700, pristupljeno 26.lipnja 2017.

[15] Treasury Board of Canada Secretariat, Business case guide, Kanada, godina 2009.

[16] G. Anthes, članak na web stranici, https://www.computerworld.com/article/2581461/it-management/roi-guide--net-present-value.html, pristupljeno 8.rujna 2017.

SAŽETAK

Praktični dio rada zasniva se na provedbi i implementaciji mjera energetske učinkovitosti. Kako bi se dobio uvid u važnost provedbe energetskog pregleda i same energetske obnove dana su trenutna stanja potrošnje u RH te važeći pravilnici odnosno direktive. Opisan je postupak energetskog pregleda po zasebnim segmentima. Nakon poduzimanja mjera energetske učinkovitosti promatrana je svaka mjera zasebno te donesen zaključak kako je obnova vanjske ovojnice ETICS sustavom najisplativija. Također, pozornost se obratila na energetski certifikat koji je direktni pokazatelj prijašnjeg i sadašnjeg stanja objekta i ujedno njegovog energetskog razreda. Isplativost je dobivena pomoću jednostavnog povratnog perioda za koji se pokazalo da nije najbolji financijski pokazatelj te ga se usporedilo s neto sadašnjom vrijednošću. Pri definiranju razlika opisani su i ostali financijski pokazatelji.

Ključne riječi: energetski pregled, direktive, mjere energetske učinkovitosti, energetski certifikat, energetski razred, financijski pokazatelji

ABSTRACT

The practical part of the work is based on the implementation and implementation of energy efficiency measures. In order to gain insight into the importance of the implementation of the energy review and the energy renewal itself, the current state of consumption in the Republic of Croatia and the current regulations or directives are given. The energy review process is described by separate segments. After taking measures of energy efficiency, each measure was observed separately and the conclusion was reached that restoring the outer sheath with the ETICS system is the most cost-effective. Also, attention was drawn to the energy certificate which is a direct indicator of the former and present state of the object and its energy grade. Profitability was obtained by a simple return period which proved to be not the best financial indicator and compared to the net present value. Other financial indicators are also described in defining the differences.

Key words: energy review, directives, energy efficiency measures, energy certificate, energy class, financial indicators

ŽIVOTOPIS

Mario Krešo rođen je 27.5.1993. u Osijeku, te mu je Osijek trajno prebivalište. U Osijeku je 2008. godine, sa izvrsnim uspjehom, završio osnovnu školu „Dobriše Cesarića“, te upisuje „III. gimnaziju Osijek“. Vrlo dobar uspjeh i zainteresiranost prema tehničkim područjima usmjeravaju ga prema elektrotehnici. Stoga se na preddiplomski studij elektrotehnike na Elektrotehničkom fakultetu u Osijeku upisuje 2012. godine. Tijekom studija redovito polaže sve ispite u zakonski propisanim rokovima, te je ostvario prosjek ocjena tijekom studija od 3.1. Otac je sina Duje kojeg odgaja u braku sa ženom Tamarom.

Paralelno sa školovanjem bavio se sportom u koji je uložio puno vremena i truda. Od zapaženih rezultata može se spomenuti 40 odličja, od kojih su najvažnije tri brončane i jedna srebrna medalja sa Državnog prvenstva Hrvatske u veslanju. Svoj doprinos u veslanju dao je i braneći boje fakulteta na Elektrijadi održanoj u Bečićima 2015. godine osvojivši treće ekipno mjesto. Nakon prestanka aktivnog bavljenja veslanjem bavio se kickboxing-om, te u posljednje tri godine crossfit-om.

Aktivno se služi engleskim jezikom, računalom i informatički je pismen (MS Word, MS Excel, MS PowerPoint, MS Visio).

Nakon završetka diplomskog studija namjera mu se zaposliti kao ovlašteni inženjer za provedbu energetskih certifikata.

U Osijeku, 26. lipnja 2017. Mario Krešo

Potpis: 