

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Antonio Jambrač

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, lipanj 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET



**Energetska obnova do zgrade gotovo nulte
energije**

Antonio Jambrač

Kolegij: Građevinska fizika

Mentor: prof. dr. sc. Ivana Banjad Pečur

Zagreb, lipanj 2016.

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Energetska politika: opća načela	3
2. ENERGETSKA UČINKOVITOST.....	6
2.1. Opći okvir.....	6
2.2. Energetske usluge	7
2.3. Energetska učinkovitost zgrada	7
2.4. Regulativa.....	9
2.5. Energetska efikasnost	10
3. ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE (G0EZ).....	13
3.1. Regulativa.....	13
3.2. Stanje građevinskog fonda	15
3.3. Zgrada gotovo nulte energije.....	19
3.4. Čimbenici primarne energije	21
4. OPĆENITO O ZGRADI.....	22
4.1. Situacija	22
4.2. Funkcionalnost prema glavnom projektu	23
5. VIZUALNI PREGLED.....	25
6. PRORAČUN TRENUTNOG, PROJEKTIRANOG STANJA.....	32
6.1. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ prema HRN EN ISO 1379 ...	32
6.2. Potrebni podaci za proračun	32
6.2.1. <i>Klimatski podaci</i>	33
6.2.2. <i>Proračunska zona</i>	34
6.2.3. <i>Vanjska ovojnica</i>	35
6.2.4. <i>Geometrijske karakteristike</i>	36
6.2.5. <i>Opis i sastav pojedinih dijelova vanjske ovojnice.....</i>	37
6.2.5.1. <i>Zidovi u tlu</i>	37
6.2.5.2. <i>Vanjski zidovi</i>	39
6.2.5.3. <i>Poda i stropna konstrukcija</i>	41
6.2.5.4. <i>Strop prema vanjskom prostoru, ravan i kosi krov</i>	45
6.2.5.5. <i>Prozori</i>	47
6.3. Proračunati toplinski gubici i dobici.....	49

6.3.1. <i>Izmijenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom</i>	49
6.3.2. <i>Koeficijent transmisijske izmjene topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu.....</i>	50
6.3.3. <i>Koeficijent prolaska topline za negrijani podrum.....</i>	52
6.3.4. <i>Broj izmjena zraka uslijed infiltracije ako nema mehaničke ventilacije ili je mehanička ventilacija balansirana.....</i>	53
6.4. Ukupni gubici topline	55
6.5. Ukupni toplinski dobici za proračunski period	56
6.6. Potrebne energije za grijanje	62
6.7. Potrebna energija za hlađenje	64
6.8. Potrebna energija za zagrijavanje vode	65
6.9. Proračun potrošnje i cijene energenata.....	65
6.10. Proračun godišnje emisije CO ₂	66
7. PRIJEDLOG TEHNIČKI OPRAVDANIH MJERA ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE DO RAZINE ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE	67
7.1. Predložene mjere za poboljšanje energetskih svojstava.....	67
7.2. Rezultati proračuna i usporedba	74
LITERATURA	81
Popis tablica.....	83
Popis slika.....	87

Sažetak:

Rad analizira moguću energetska učinkovitost već izgrađene zgrade tj. njezinom rekonstrukcijom dovođenje u stanje zgrade gotovo nulte energije. Analiza se temelji na preuzetim direktivama Europske unije, primijenjenim kroz donesene zakone i strategije o smanjenju ukupne potrošnje energije i povećanju broja zgrada gotovo nulte energije u Hrvatskoj za razdoblje do 2020. Nalaz stanja izgrađenog objekata pokazuje znatne razlike izvedenog u odnosu na usvojeni projekt te vidna oštećenja konstrukcije uslijed nedovršenosti objekta. Za utvrđivanje moguće energetske učinkovitosti izrađeni su proračuni potrebne energije projektiranog stanja i proračun poželjnog stanja racionalne uporabe energijom. Proračunom se utvrdilo da bi se konstrukcija postojeće zgrade uz odgovarajuću promjenu u projektu objekta i primjenu adekvatnih materijala mogla staviti u stanje zgrade gotovo nulte energije. Proračun također pokazuje da bi se uz navedene promjene i primjenu odgovarajućih materijala te uz odgovorno korištenje energije, ostvarile znatne uštede ukupne potrošnje energije.

Ključne riječi: zgrada gotovo nulte energije, energetska učinkovitost, smanjenje ukupne potrošnje energije, odgovornost, proračun.

1. UVOD

Hrvatska je započela proces pridruživanja Europskoj uniji 2001., potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju. Tri godine kasnije, 2004., Odlukom Vijeća Europe Hrvatska postaje zemlja kandidat. Već u listopadu iste godine utvrđena je pretpristupna strategija za Hrvatsku, na čijem su temeljima započeli pregovori u listopadu 2005. godine. četiri mjeseca kasnije, u veljači 2006., Hrvatska postaje pretpristupni partner. Time su se državi, njezinim institucijama, javnom i privatnom sektoru, otvorila vrata za moguće aplikacije na niz programa. Naime, pretpristupna pomoć obuhvaćala je pružanje financijske pomoći te sudjelovanje u programima EU-a na mnogim područjima. Međutim, od 35 pregovaračkih poglavlja koje je Hrvatska na svom putu prema članstvu Europske unije trebala „otvoriti i zatvoriti“, jedno je predmet ovog diplomskog rada – energetika.

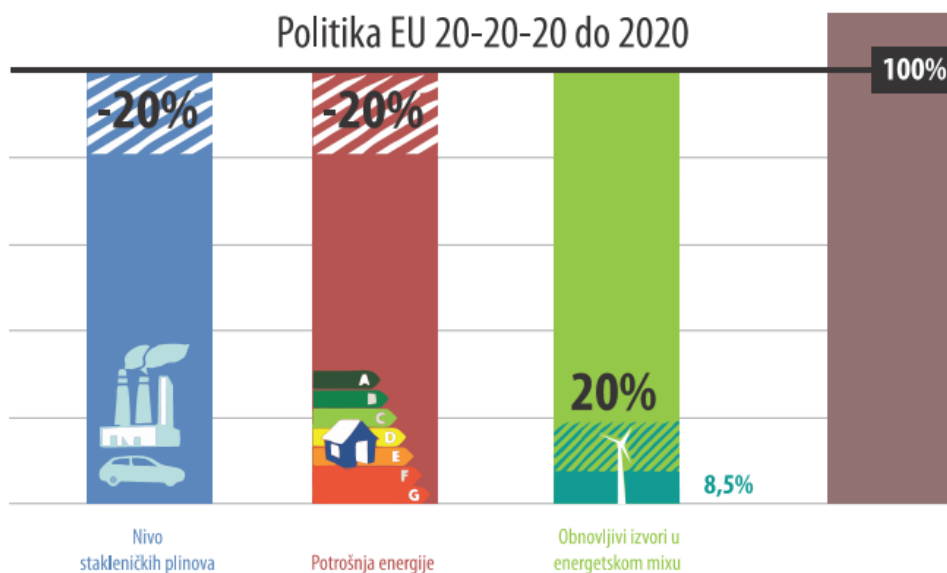
Poglavlje 15. – Energetika, otvoreno je 2008., i zatvoreno krajem 2009. godine. između ostalih uvjeta navedenih u poglavlju 15., Hrvatska je prihvatila primijeniti direktive o unutarnjem tržištu električnom energijom i plinom te usklađivanje s ciljem EU-a, da se do 2020. godine 20 posto električne energije proizvede iz obnovljivih izvora.

Europska unija je 2007. godinu obilježila kao godinu koju smatra prekretnicom u svojoj energetske i klimatske politici, u koju je uključila i Hrvatsku, premda je država bila tek u fazi procesa konvergencije tj. prilagodbama i ispunjavanju uvjeta za pristupanje u članstvo.

Krajem 2008., Europska unija je usvojila energetske paket poznat pod nazivom „20 20“, vidi sliku 1., koji bi poduprt s više propisa trebao do 2020. godine rezultirati sa ispunjavanjem slijedećim ciljeva: a) 20 posto manjim emisijama stakleničkih plinova; b) 20 posto udjela obnovljivih izvora energije u ukupnoj energetske potrošnji; c) 20 posto manjom potrošnjom energije.

Ovi, za sve članice pa i za Hrvatsku vrlo ambiciozni ciljevi, trebali bi se ostvariti s pomoću pet ključnih načela: 1. Ciljevi trebaju biti konkretni i dovoljno motivirajući te moraju uključivati i mehanizme za praćenje ostvarenja i usklađivanje, 2. Trud koji svaka od zemalja članica poduzima mora biti u skladu s njezinim mogućnostima za ulaganje u definirane ciljeve, 3. Ciljevi će se odrediti prema početnoj poziciji koju zemlja zauzima na početku razdoblja, 4. Troškovi koji nastaju prilikom prelaska na manje emisije (druge izvore energije),

veću energetska učinkovitost i veću ulogu obnovljivih izvora energije, moraju u prvom planu voditi računa o konkurentnosti, razini zaposlenosti i socijalnoj politici Europske unije u cjelini tj. svake pojedine zemlje i 5. Europska unija će učiniti sve kako bi promovirala sveobuhvatni pristup na međunarodnom planu o smanjenju stakleničkih plinova. [1]



Slika 1. Ciljevi energetske politike do 2020. godine u EU [2]

Posljedice prihvaćenih obveza u pretpristupnom procesu rezultirale su i usvajanjem Strategije energetskog razvoja Republike Hrvatske u listopadu 2009. godine. [3] usvojenom Strategijom Republika Hrvatska uključila je u njezin sadržaj i nekoliko važnih elemenata. Naime, od 2002., i usvajanja prijašnje Strategije [3], Hrvatska je postala kandidat za punopravno članstvo u Europskoj uniji, prihvatila sporazum o Energetskoj zajednici, potpisala i ratificirala Kyotski protokol uz Okvirnu konvenciju UN o promjeni klime, te činjenice da je potpisivanje Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju preuzela i određene obveze u energetskom sektoru. Slijedom iznesenog, Kyotskim protokolom Hrvatska se obvezala smanjiti emisiju stakleničkih plinova za pet posto u razdoblju od 2008. do 2012. godine.

Strategijom, Hrvatska se opredjeljuje za povećanje energetske učinkovitosti u svim segmentima energetskog sektora, posebice u neposrednoj potrošnji energije. Stoga se na energetska učinkovitost gleda s jedne strane kao na dodatan izvor energije i s druge, kao temeljno načelo u skladu s kojim će se razvijati energetski sustav. Strategija se donosi za razdoblje do 2020. godine. [3]

Slijedom toga, Hrvatska je u Strategiji i odredila svoje ciljeve politike energetske učinkovitosti usklađene s ciljevima EU-a. Prvo, smanjit će neposrednu potrošnju energije za devet posto u razdoblju do 2016. godine u odnosu na prosjek razdoblja od 2001. do 2005. Drugo, za 20 posto će smanjiti emisije stakleničkih plinova do 2020. godine. Treće, 20 posto će iznositi udio obnovljivih izvora energije u 2020. godini u bruto neposrednoj potrošnji, a deset posto će iznositi udio obnovljivih izvora energije 2020., korištenih u svim oblicima prijevoza te ukupne električne energije korištene u prijevozu. Četvrto, za 20 posto će se smanjiti ukupna potrošnja energije na temeljnu projekciju u 2020. godini, i već spomenutog devet postotnog smanjenja neposredne potrošnje električne energije.

1.1. Energetska politika: opća načela

Izazovi s kojima se Europa suočava na području energetike –zajedničke politike, uključuju i pitanja ovisnosti o uvozu, ograničena diversifikacija, cijene energije, rastuće potražnja za energijom, ali i sigurnosne rizike koji utječu na zemlje proizvođače i tranzitne zemlje, klimatske promjene, spori napredak u pogledu energetske učinkovitosti. Ali, k tomu treba dodati i izazove koje donosi sve veći udio obnovljivih izvora energije i potreba za većom transparentnošću, daljnjom integracijom i međusobnim povezivanjem tržišta energije. Srž europske energetske politike čine raznovrsne mjere kojima se nastoji postići integrirano energetske tržište, sigurnost opskrbe energijom i održivost energetske sektora. [4]

Svoju zajedničku energetske politiku EU temelji na pravnom okviru koji je sadržan u članku 194. Ugovora o funkcioniranju Europske unije (UFEU) i drugim posebnim odredbama koje se odnose na sigurnost, energetske mreže, nuklearnu energiju te naravno unutarnje tržište i vanjsku energetske politiku.

S tim u vezi su i određeni ciljevi koji se žele doseći, prije svega osigurati funkcioniranje energetske tržišta, izvjesnost opskrbe energijom i promicanje sada već mantre EU-a, energetske učinkovitost i štednju energije te razvoj novih i obnovljivih oblika energije. Dakako, da EU i njezina tijela ne bi u svemu tomu bila promatrač, neka su područja energetske politike stavljena pod podijeljenu nadležnost europskih institucija. Takva pozicija europskih institucija omogućava stvaranje zajedničke energetske politike zemalja članica EU-a. Treba reći da je pitanje energije, osobito u zemljama članicama s nedostatnim vlastitim izvorima, postalo prije svega političko pitanje, posebice u traženju izvora dobave nedostajućeg energenta. Globalni odnosi u kojima je Europska unija nezaobilazan čimbenik, u

prošlih nekoliko godina EU je svojim odlukama utjecala ne samo na energetske tokove, već i na ostale gospodarske tokove prema zemljama koje su tim odlukama postale “nepoželjne“. Dakle, pokazalo se da je energetska politika poslužila i u druge svrhe osim navedenih u temeljnim dokumentima EU-a, što posljedično nije jednako utjecalo na ekonomije pojedine zemlje, pa ni kad su u pitanju ostvarenja ciljeva energetske strategije.

Nit vodilja trenutnog programa politika, iscrpna je integrirana klimatska i energetska politika koju je u ožujku 2007. usvojilo Europsko vijeće. Postoje i drugi različiti dugoročni scenariji opisani su u Komunikaciji Komisije pod nazivom „Energetski plan za 2050.“ (COM(2011)0885) u kojoj se osvrće na izazove i prilike s kojima se suočava EU na putu prema dugoročnoj dekarbonizaciji.

Europsko je vijeće 4. veljače 2011. postavilo ambiciozan cilj uspostave cjelovitog unutarnjeg energetskog tržišta do 2014., naglasivši i potrebu za dokidanjem „energetskih otoka“ u EU-u. Taj je cilj ponovno potvrdilo Europsko vijeće u ožujku 2014. Neki od glavnih zakonodavnih instrumenata čiji je cilj doprinijeti boljem funkcioniranju unutarnjeg energetskog tržišta su Treći energetski paket, Uredba o smjernicama za transeuropsku energetska infrastrukturu (Uredba (EU) br. 347/2013) i Uredba o cjelovitosti i transparentnosti veleprodajnog tržišta energije (Uredba (EU) br. 1227/2011) (vidi također informativni članak (5.7.2 o unutarnjem energetskom tržištu). [4]

Komunikacija Komisije po nazivom „O sigurnosti opskrbe energijom i međunarodnoj suradnji – energetska politika EU-a: povezivanje s partnerima izvan naših granica“ (COM(2011) 539) usvojena je 7. rujna 2011. s ciljem promicanja daljnje prekogranične suradnje EU-a sa susjednim zemljama i stvaranja šireg regulatornog područja redovitom razmjenom informacija o međuvladinim sporazumima i suradnjom na području tržišnog natjecanja, sigurnosti, pristupa mrežama i sigurnosti opskrbe. Nadovezujući se na tu komunikaciju, 25. listopada 2012. donesena je odluka o uspostavi mehanizma razmjene informacija o međuvladinim sporazumima između država članica i trećih zemalja na području energetike (T7-0343/2012).

Okosnica politike energetske učinkovitosti EU-a Direktiva je 2012/27/EU od 25. listopada 2012. o energetske učinkovitosti čiji je cilj pomoći državama članicama u ostvarenju ciljeva za 2020. Drugi važni instrumenti politike uključuju mjere označivanja proizvoda i mjere usmjerene na energetska učinkovitost zgrada (vidi također informativni članak (5.7.3 o energetske učinkovitosti).

Plan SET, koji je Komisija usvojila 22. studenog 2007., ima cilj ubrzati uvođenje učinkovitih energetske tehnologije s niskim udjelom ugljika na tržište i širenje njihove uporabe. Planom se promiču mjere pomoći EU-u pri razvoju tehnologija potrebnih za ispunjavanje njegovih političkih ciljeva, a kojima se istodobno poduzećima iz EU-a osiguravaju mogućnosti korištenja prednostima novog pristupa energetici. U Komunikaciji Komisije o „Ulaganju u razvoj tehnologija s niskim razinama ugljika (Plan SET)” (COM(2009)0519) ocijenjena je provedba Plana SET i zaključeno je da treba razmotriti snažnije djelovanje na razini EU-a kako bi planovi za razvoj širokog tehnološkog resora mogli uspjeti. Komisija je 2. svibnja 2013. predstavila komunikaciju o „Energetskim tehnologijama i inovacijama” (COM(2013)0253) u kojoj je izložila strategiju kojom će se nastojati stvoriti preduvjeti za razvoj sektora vrhunske tehnologije i inovacija u EU-u koji će biti spreman za izazove do 2020. i nadalje. [4]

2. ENERGETSKA UČINKOVITOST

2.1. Opći okvir

Komisija je 2006. objavila svoj „Akcijski plan za energetske učinkovitost: ostvarivanje potencijala” (COM(2006)0545). Njime se namjeravalo pokrenuti širu javnost, tvorce politike i tržišne sudionike te uvesti promjene na unutarnjem energetske tržištu kojima bi se građanima Europske unije osigurala infrastruktura (uključujući zgrade), proizvodi (uključujući uređaje i automobile) i energetske sustavi s najvišom razinom energetske učinkovitosti na svijetu. Cilj je Akcijskog plana kontrolirati i smanjiti potražnju za energijom te poduzeti ciljne mjere u pogledu opskrbe i potrošnje kako bi se do 2020. ostvarila ušteda od 20 posto godišnje potrošnje primarne energije (u odnosu na prognoze o potrošnji energije za 2020.). Međutim, kada su nedavne procjene pokazale da će Europska unija uspjeti ostvariti samo polovicu planirane uštede od 20 posto, Komisija je na to reagirala izradom novog i sveobuhvatnog Plana energetske učinkovitosti za 2011. (COM(2011)0109).

Direktiva o energetske učinkovitosti (2012/27/EU) stupila je na snagu u prosincu 2012. Njome se države članice obvezuju na postavljanje okvirnih nacionalnih ciljeva u pogledu energetske učinkovitosti za 2020. temeljenih na potrošnji bilo primarne bilo konačne energije. Direktivom se također utvrđuju pravno obavezujuća pravila za krajnje korisnike i dobavljače energije. Države članice mogu te minimalne zahtjeve postrožiti radi što veće uštede energije. Direktiva uključuje, među ostalima, sljedeće zahtjeve:

- godišnje renoviranje barem 3 posto ukupne površine zgrada u posjedu središnjih vlasti počevši od 2014. te kupnju zgrada, usluga i proizvoda s visokom razinom energetske učinkovitosti, pri čemu će javni sektor biti predvodnik;
- pokretanje dugoročnih nacionalnih strategija za promicanje ulaganja u renoviranje stambenih i poslovnih zgrada te sastavljanje nacionalnih programa kojima se utvrđuju obveze u pogledu energetske učinkovitosti ili odgovarajuće mjere za osiguranje godišnje uštede energije za krajnje korisnike od 1,5 posto;
- procjenu mogućnosti primjene kogeneracije visoke razine učinkovitosti te učinkovitog područnog grijanja i hlađenja u svim državama članicama do 2015.;
- obvezno redovito provođenje energetskih provjera za velika poduzeća, najmanje svake četiri godine, uz izuzetak poduzeća s certificiranim energetske i ekološki prihvatljivim sustavima;

- uvođenje pametnih mreža i ugradnju pametnih brojila te pružanje točnih informacija o energetske troškovima kako bi se poboljšao položaj potrošača i potakla učinkovitija potrošnja energije.

Komisija će do 30. lipnja 2014. ocijeniti može li EU ostvariti svoj cilj za uštedu primarne energije do 2020. te će, ako bude potrebno, predložiti obvezujuće nacionalne ciljeve u pogledu energetske učinkovitosti. Države članice morat će svake godine izvještavati o napretku ostvarenom u postizanju tih ciljeva. Komisija je u studenome 2013. objavila komunikaciju i sedam smjernica u pogledu provedbe raznih točaka Direktive o energetske učinkovitosti.

2.2. Energetske usluge

Direktivom o energetske uslugama 2006/32/EZ (kojom se stavlja izvan snage Direktiva Vijeća 93/76/EEZ) države članice se potaknulo da poboljšaju energetske učinkovitost u krajnjoj potrošnji te da iskoriste moguću isplativu uštedu energije na ekonomski učinkovit način. Ona je stavljena izvan snage stupanjem na snagu novije Direktive o energetske učinkovitosti (uz izuzetak stavaka 1. do 4. članka 4. te priloga I., III. i IV., koji će biti stavljeni izvan snage tek 1. siječnja 2017.) jer su se neke njihove odredbe preklapale. Odredbe koje su ostale na snazi tiču se postizanja okvirnih ciljeva uštede energije od devet posto u konačnoj potrošnji u svakoj državi članici do 2017. Direktivom o energetske učinkovitosti dodatno se pojednostavnjuju zahtjevi za mjerenje uštede energije utvrđeni u Direktivi o energetske uslugama, te se njome doprinosi pojednostavljenju odredaba postojećeg zakonskog okvira.

2.3. Energetska učinkovitost zgrada

Direktivom 2002/91/EZ o energetske učinkovitosti zgrada (naročito izolaciji, klimatizacijskom sustavu i korištenju obnovljivim izvorima energije) utvrđeni su način izračuna energetske učinkovitosti zgrada, minimalni zahtjevi za nove i postojeće velike zgrade te izrada energetske certifikata. Direktiva je stavljena izvan snage 1. veljače 2012. preinačenom Direktivom 2010/31/EU, koja je stupila na snagu u srpnju 2010. Glavni cilj preinačene direktive bio je pojednostavniti neke odredbe prethodne direktive i postrožiti zahtjeve u pogledu energetske učinkovitosti s obzirom na:

- zajednički opći okvir za metodologiju izračunavanja integrirane energetske učinkovitosti zgrada i građevinskih cjelina;
- primjenu minimalnih zahtjeva na energetske učinkovitost novih zgrada i novih građevinskih cjelina uvođenjem, na primjer, odredbe da do 31. prosinca 2020. sve nove zgrade moraju biti imati gotovo nultu potrošnju energije;
- primjenu minimalnih zahtjeva na energetske učinkovitost, naročito postojećih zgrada, dijelova zgrada na kojima se obavljaju radovi renoviranja u većim razmjerima i tehničkih sustava u zgradama prilikom svake ugradnje, zamjene ili nadogradnje;
- energetski certifikat zgrade ili građevinske cjeline, redovitu provjeru sustava za grijanje i klimatizaciju u zgradi te sustave neovisnih kontrola energetskih certifikata i izvješća o inspekcijskom pregledu.

Preinačenom Direktivom utvrđuju se minimalni zahtjevi, ali svaka država članica može zagovarati ili uvesti dodatne mjere. Kao mjere praćenja na temelju preinačene Direktive, Komisija je u travnju 2013. objavila izvješće o ocjeni učinkovitosti trenutačne financijske potpore u ostvarivanju energetske učinkovitosti u zgradama (COM(2013)0225). Tim se izvješćem također nastoji pomoći državama članicama u provedbi zahtjeva utvrđenog Direktivom o energetske učinkovitosti u vezi s uvođenjem dugoročne strategije za pokretanje ulaganja u renoviranje nacionalnog stambenog fonda do travnja 2014. U veljači 2014. objavljeno je drugo izvješće kojim se osiguravaju tehničke smjernice za financiranje energetske obnove zgrada u okviru financiranja kohezijske politike.

S obzirom na energetske učinkovitost proizvoda, na razini Europske unije uvedeno je nekoliko mjera, među ostalim i mjere za:

- navođenje podataka, označivanjem ili u okviru uobičajenih informacija o proizvodu, o potrošnji energije i korištenju ostalim resursima za sve proizvode povezane s energijom koji imaju velik izravan ili posredan utjecaj na potrošnju energije, što je uređeno Okvirnom direktivom 2010/30/EU. Izvješće o učinkovitosti te Direktive Komisija će objaviti do kraja 2014. Posebnim direktivama i uredbama utvrđuju se zahtjevi za razne kućanske uređaje. Označivanje uredske opreme i označivanje guma propisuju se različitim uredbama;

- zahtjeve ekološkog dizajna za proizvode za čiji je rad potrebna energija uređene Okvirnom direktivom 2009/125/EZ kojom se preinačuje Direktiva 2005/32/EZ kako je izmijenjena Direktivom 2008/28/EZ. Provedbenim pravilima obuhvaća se širok raspon proizvoda, uključujući grijače, usisivače, računala, klimatizacijske uređaje, perilice posuđa, svjetlosne uređaje, hladnjake i zamrzivače, televizore i električne motore. [4]

2.4. Regulatorika

Područje učinkovitog korištenja energije, donošenja planova za poboljšanje energetske učinkovitosti i provođenje mjera energetske učinkovitosti i druge obveze uređene su Zakonom o energetske učinkovitosti. [5]

Zakon o energetske učinkovitosti objašnjava čak 73 pojma koja se mogu pojaviti u području koje pokriva zakon. Za nas su u ovo radu nekoliko pojmova bitnih. Donose se redom kojim se pojavljuju u zakonu:

10. energetska učinkovitost – odnos između ostvarenog korisnog učinka i energije potrošene za ostvarenje tog učinka, kao i proizvodnja energije iz obnovljivih izvora energije i /ili kogeneracije za koju se ne ostvaruje poticajna cijena temeljem posebnih propisa,

11. energetske pregled – sustavan postupak stjecanja odgovarajućeg znanja o postojećem profilu potrošnje energije zgrade ili skupine zgrada, industrijskog ili komercijalnog procesa ili postrojenja ili privatne ili javne usluge, utvrđivanja i kvantificiranja troškovno učinkovitih mogućnosti ušteda energije te izvješćivanja o rezultatima,

44. poboljšanje energetske učinkovitosti – smanjenje potrošnje energije uz iste referentne uvjete i jednak učinak kao prije provedbe mjere za poboljšanje energetske učinkovitosti ili projekta energetske učinkovitosti, a koje je posljedica primjene energetske učinkovitih tehnologija, sustava i proizvoda, primjene obnovljivih izvora energije za pretežno ili potpuno pokrivanje vlastite potrošnje energije u građevini i/ili promjena u ponašanju korisnika,

60. sustav gospodarenja energijom – skup međusobno povezanih i djelujućih elemenata plana u kojem su određeni cilj povećanja energetske učinkovitosti i strategija za njegovo ostvarivanje,

61. ugovor o energetske učinku– ugovor između korisnika i pružatelja energetskih usluga, verificiran i praćen tijekom cijelog svog trajanja, pri čemu se investicija u radove, opremu i usluge za provedbu mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti obuhvaćenih energetske uslugom otplaćuje prema ugovorenom stupnju poboljšanja energetske učinkovitosti ili drugim ugovorenim kriterijima, kao što su financijske uštede,

62. učinkovito centralizirano grijanje i hlađenje – sustav centraliziranog grijanja ili hlađenja koji upotrebljava najmanje 50 % obnovljive energije, 50 % otpadne topline, 75 % topline dobivene kogeneracijom ili 50 % kombinacije takve energije i topline,

63. učinkovito grijanje i hlađenje – sustav grijanja i hlađenja koji, u odnosu na ishodišni scenarij koji odražava uobičajenu situaciju, mjerljivo smanjuje utrošak primarne energije potrebne za opskrbu jedne jedinice isporučene energije unutar relevantne granice sustava na troškovno učinkovit način, u skladu s procjenom iz analize troškova i koristi sukladno Zakonu o tržištu toplinske energije i uzimajući u obzir energiju potrebnu za ekstrakciju, pretvorbu, prijevoz i distribuciju,

64. učinkovito individualno grijanje i hlađenje – sustav opskrbe za individualno grijanje i hlađenje koji u odnosu na učinkovito centralizirano grijanje i hlađenje mjerljivo smanjuje utrošak neobnovljive primarne energije potrebne za opskrbu jedne jedinice isporučene energije unutar relevantne granice sustava ili zahtijeva jednak utrošak neobnovljive primarne energije, ali uz niže troškove, uzimajući u obzir energiju potrebnu za ekstrakciju, pretvorbu, prijevoz i distribuciju.

2.5. Energetska efikasnost

Projekt *Poticanje energetske efikasnosti u Hrvatskoj* (EE projekt) započet je u srpnju 2005. godine, kao zajednički projekt tadašnjeg Ministarstva gospodarstva, rada i poduzetništva i Programa Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) uz financijsku podršku Globalnog fonda za okoliš (GEF). Tijekom provedbe EE projekta financiranju aktivnosti pridružio se i Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU). Danas projekt

uspješno provode Program Ujedinjenih naroda za razvoj u Hrvatskoj (UNDP Hrvatska) i Ministarstvo gospodarstva (MINGO) te Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja (MGIPU) uz potporu Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost (FZOEU) te Globalnog fonda za okoliš (GEF), u sklopu zajedničkih aktivnosti poticanja energetske efikasnosti u Hrvatskoj. Primarni cilj projekta je poticanje primjene ekonomski isplativih, energetske efikasne (EE) tehnologije, materijala i usluga, kako u javnom sektoru tako i u kućanstvima, a sve kako bi se smanjila nepotrebna potrošnja energije i emisije štetnih stakleničkih plinova u atmosferu. Okosnica intervencije projekta je izgradnja kapaciteta za primjenu i provedbu sustavnog i kontinuiranog upravljanja energijom u svim zgradama javnog sektora u Hrvatskoj. Kroz aktivnosti *EE projekta*, radilo se na razvoju ljudskih, organizacijskih i proceduralnih resursa potrebnih za upravljanje energijom, njihovoj edukaciji te opskrbljivanju potrebnim alatima za sustavan pristup gospodarenju energijom. Ovakav pristup prepoznat je kao jedan od najambicioznijih u Europi, budući da se radi o izuzetno kompleksnom, dugotrajnom te tehnički i financijski zahtjevnom poduhvatu, koji obuhvaća dugoročnu edukaciju i tehničku podršku te organizaciju i koordiniranje aktivnosti različitih aspekata poslovanja u više od 100 jedinica javne uprave (gradske, županijske, nacionalne) u Hrvatskoj. Upravo taj pristup, usmjeren na edukaciju lokalnih stručnjaka, ne samo u javnom sektoru, već i u sektoru tehničkih eksperata, upravitelja zgrada, nevladinih organizacija i ostalih lokalnih dionika – osigurava dugoročno održive kapacitete odnosno održiv sustav za gospodarenje energijom. [6]

Efikasno korištenje energije podrazumijeva primjenu energetske efikasne materijala, uređaja, sustava i tehnologije koji su dostupni na tržištu, s ciljem smanjenja utroška energije uz postizanje istog efekta (toplinskog, rashladnog, rasvjete, procesa kuhanja, pranja...). Više od 80 posto energije u kućanstvima troši se na grijanje i potrošnu toplu vodu. Prilikom kupnje kuće ili stana, kućanskih uređaja i opreme, treba imati u vidu da svaka od tih investicija ima dvije cijene. Jedna je cijena kupnje, a druga je cijena korištenja i održavanja. Premda većina energetske efikasne (EE) uređaja ima veću početnu cijenu, njima se ostvaruju uštede kroz manje mjesečne troškove za energente. Obzirom da će kuća koja se gradi ili renovira vjerojatno 'živjeti' i više od 50 godina, a životni vijek uređaja koji koristite može biti 10, 15 ili čak 20 godina, uštede koje se u tom razdoblju mogu ostvariti kupnjom energetske efikasne materijala ili uređaja bit će puno veće od razlike u početnoj cijeni između efikasnog i manje efikasnog uređaja.

Danas u Hrvatskoj više od 85 posto građevina ne zadovoljava važeće propise o toplinskoj zaštiti. Postoji niz faktora koji utječu na potrošnju energije u kućanstvu. Neki od njih su: vrsta građevine, godina izgradnje, materijal gradnje, postojanje toplinska izolacije, lokacija, klima, postojanje energetske efikasne tehnologije, broj električnih uređaja kao i njihova efikasnost te broj, navike i ponašanje ukućana. Međutim, većinu energije mogla bi se uštedjeti samo promjenom ponašanja korisnika. Način na koji trošimo energiju ima izravan i neizravan utjecaj na okoliš/okolinu i posljedično na klimatske promjene, i kroz emisije stakleničkih plinova.

S obzirom da se u radu najviše koristi riječ učinkovitost, vrijedi razdvojiti pojmove. Efikasnost je pojam koji izuzetno često koristi. Općenito se može reći da je efikasnost sposobnost postizanja željenih rezultata uz najmanje moguće gubitke (vremena, novca, energije). Prema tome, efikasno upotrebljavati energiju znači upotrebljavati je uz najmanje moguće gubitke, odnosno ostvariti željeni rezultat uz najmanji utrošak energije. Uz pojam "efikasnost" u hrvatskom se jeziku u istom smislu najčešće koriste pojmovi "učinkovitost" ili "djelotvornost". No, ovi se pojmovi također koriste i za opisivanje radnje koja donosi željeni rezultat, bez obzira na karakteristike te radnje, odnosno uz nju vezane gubitke. Objašnjenje pojma nije bilo radi detaljne jezikoslovne rasprave o ispravnosti uporabe pojedinih pojmova. Suprotno, vrijedilo je istaknuti da energetska efikasnost i energetska učinkovitost uvijek znače isto – uporabiti što manje energije za istu aktivnost ili za željeni rezultat. [7] Ovisi tko što i u kojem trenutku mjeri.

3. ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE (G0EZ)

U Hrvatskoj, potrošnja energije u zgradama čini 43 posto konačne energije, odnosno 6.1 milijuna tona CO_{2eq} (od 14.1 milijuna tona ukupno). Približno tri četvrtine zgrada su stambene zgrade s oko 1.7 milijuna stanova. Najveći broj zgrada u gradovima su višestambene zgrade. Najveći broj zgrada izgrađen je u razdoblju naglog rasta broja stanovnika i zgrada početkom druge polovice 20. stoljeća – 60-ih, 70-ih i ranih 80-ih godina, što se podudara i s još nepostojećim propisima u pogledu uštede topline i toplinske zaštite u zgradama. [8]

Hrvatska je jedna od 11 zemalja članica Europske unije koja je ispunila obvezu definiranja standarda zgrade koja je gotovo nula energetska. Ta je činjenica utvrđena u Bruxellesu na sastanku dionika na projektu CA EPBD (Usmjerena akcija za implementaciju Direktive o energetske svojstvima zgrada - Concerted Action Energy Performance of Buildings Directive). Sve europske države bez izuzetka opredijelile su se da u svoje strategije energetskog razvitka i zaštite okoliša ugrade planove za poboljšanje učinkovitosti potrošnje energije i uporabu obnovljivih izvora energije i da implementiraju zakonodavni okvir u kojemu će ti planovi biti ostvareni. Sama Europska unija se u nizu dokumenata strateški opredijelila za poboljšanje energetske učinkovitosti, a posebice Akcijskim planom za energetske učinkovitost (ACTION PLAN FOR ENERGY EFFICIENCY: Realising the potential - Saving 20% by 2020).

3.1. Regulatorika

Direktiva o energetske svojstvima zgrada 2010/31/EU definira zahtjeve koje u pogledu energetske svojstava zgrada mora ispuniti svaka zemlja članica. Jedan dio Direktive odnosi se na zgrade približno nulte energije koje su Direktivom definirane kao zgrade koje imaju vrlo visoku energetske učinkovitost. Ta približno nulta odnosno vrlo niska količina energije trebala bi se u vrlo značajnoj mjeri pokrivati energijom iz obnovljivih izvora, uključujući energiju iz obnovljivih izvora koja se proizvodi u krugu zgrade ili u blizini zgrade. Visoka energetske učinkovitost utvrđuje se prema Prilogu 1 spomenute Direktive.

Hrvatska je standarde projektiranja i gradnje stambenih i nestambenih zgrada približno nulte energije te rokove do kojih ih je potrebno primjenjivati propisala izmjenama i dopunama

Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [9]. Države članice dužne su osigurati da do 31. prosinca 2020. sve nove zgrade budu zgrade koje su gotovo nula energetske, a sve nove zgrade u kojima borave i koje posjeduju tijela javne vlasti ta su svojstva dužne imati nakon 31. prosinca 2018. [10]

U tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama [8], čl.10., pod (1) kaže: „Nestambena zgrada mora biti projektirana na način da godišnja toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q''_{H,nd}$ [$kWh/(m^2 \cdot a)$], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0 , nije veća od vrijednosti:

$$- \text{za } f_0 \leq 0,20 \quad Q''_{H,nd} = 40,50 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

$$- \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q''_{H,nd} = (32,39 + 40,58 \cdot f_0) \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

$$- \text{za } f_0 \geq 1,05 \quad Q''_{H,nd} = 75,00 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$;

(2) Nestambena zgrada mora biti projektirana i izgrađena na način da godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade,

$Q''_{H,nd}$ [$kWh/(m^2 \cdot a)$], ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0 , nije veća od vrijednosti:

$$- \text{za } f_0 \leq 0,20 \quad Q''_{H,nd} = 21,60 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

$$- \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q''_{H,nd} = (17,27 + 21,65 \cdot f_0) \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

$$- \text{za } f_0 \geq 1,05 \quad Q''_{H,nd} = 40,00 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Međutim, za rekonstrukciju zgrade vrijede sljedeći uvjeti: Rekonstrukcija postojeće zgrade kojom se obnavljaju, djelomično ili potpuno zamjenjuju dijelovi ovojnice grijanog dijela zgrade, te ako ti radovi obuhvaćaju jednako ili više od 75% ovojnice grijanog dijela zgrade, osim ispunjenja zahtjeva iz stavka 1. [11] ovog članka, mora biti projektirana i izvedena, ovisno o kategoriji zgrade što je u slučaju ovoga rada nestambena zgrada ostale kategorije, na način da:

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q''_{H,nd}$ [$kWh/(m^2 \cdot a)$], nije veća od:

$$- \text{za } f_0 \leq 0,20 \quad Q_{H,nd} = 50,63 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$- \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q_{H,nd} = (40,49 + 50,73 \cdot f_0) \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$- \text{za } f_0 \geq 1,05 \quad Q_{H,nd} = 93,75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$;

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q_{H,nd} [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})]$, nije veća od:

$$- \text{za } f_0 \leq 0,20 \quad Q_{H,nd} = 27,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$- \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q_{H,nd} = (21,59 + 27,06 \cdot f_0) \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

$$- \text{za } f_0 \geq 1,05 \quad Q_{H,nd} = 50,00 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Propis je posebno naveo ograničenja za rekonstrukciju ostalih nestambenih zgrada za godišnju primarnu energiju koja uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, primarnu potrošnju tople vode i rasvjetu nije veća od vrijednosti:

– $E_{prim} = 180 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz Priloga »B«[11], odnosno,

– $E_{prim} = 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $> 3 \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz Priloga »B«[11].

3.2. Stanje građevinskog fonda

Građevinski fond moguće je ocijeniti kroz definicije referentnih zgrada, za koje su korišteni najnoviji podaci o izdanim energetske certifikatima te registar javnih zgrada formiran 2013. godine. Podaci koje Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja (MGiUP) u Planu za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije do 2020. godine (u daljnjem tekstu PBZ_0_2020.), čine ukupno oko 125 tisuća zgrada, od kojih je javnih nešto više od 80 tisuća. Nešto od trećine su komercijalne nestambene zgrade (tablica. 1.), kojih je 50 posto izgrađeno između 1970.-ih do 2005., dakle, u proteklih 30 godina.

Plan PBZ = 2020., primjenjuje se za nove zgrade izgrađene prema zahtjevima navedenim u poglavlju 6.[8], prema određenim namjenama. Svojstva zgrada gotovo nulte energije određena su prema karakteristikama fonda utvrđenim za definiciju referentnih zgrada, uz optimizaciju geometrijskih karakteristika s ciljem postizanja što niže razine potrebne energije za zadovoljavanje energetske potreba zgrada.

Tablica 1. Komercijalne nestambene zgrade [8]

Godina izgradnje	Broj	Površina x 1.000 m²
- 1940	2,338	1.498,16
1941 - 1970	12,587	8.064,60
1971 - 1980	6,733	5.251,93
1981 - 1987	4,323	5.108,28
1988 - 2005	10,596	8.107,29
2006 - 2009	6,199	6.352,00
2010 - 2011	1,952	2.158,20
UKUPNO	44,728	36.540,46

Zgrada gotovo nulte energije definirana je potrošnjom primarne energije za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu, te minimalnim udjelom obnovljivih izvora energije u zadovoljavanju energetske potreba zgrade.

Definicija zgrade gotovo nulte energije u RH primjenjuje se za nove zgrade izgrađene prema navedenim zahtjevima u sljedećim namjenama:

- jednoobiteljska zgrada
- višestambena zgrada
- uredska zgrada
- zgrada za obrazovanje
- zgrada za trgovinu (maloprodaja i veleprodaja)
- zgrada hotela i restorana
- zgrada bolnica
- zgrada sportskih dvorana

Drugim Nacionalnim akcijskim planom energetske učinkovitosti za razdoblje 2011. – 2013. nije bio postavljen cilj za zgrade s gotovo nultom potrošnjom energije zbog

nepostojanja definicije zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije. Izmjenama i dopunama relevantnog zakonodavno-regulatornog okvira postavljani su novi stroži uvjeti na energetske svojstvo kod zgrada koje će se tek graditi (novih) i kod postojećih koje će se rekonstruirati.

Izmjenama Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 76/07, 38/09, 55/11, 90/11, 50/12, 55/12, 79/13 i 90/13) uvedeno je ograničenje primarne energije za nove jednoobiteljske zgrade koje iznosi 90 kWh/m² godišnje za gradove i mjesta koji imaju manje od 2200 stupanj dana grijanja godišnje, odnosno 160 kWh/m² godišnje za gradove i mjesta koji imaju više ili jednako 2200 stupanj dana grijanja godišnje. Isto ograničenje primjenjuje se i na veće rekonstrukcije postojećih zgrada.

Tehničkim propisom o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama (NN 97/14) određena je granična vrijednost i udio obnovljivih izvora energije za jednoobiteljsku zgradu gotovo nulte energije. Izmjene propisa donose i zahtjeve za nove zgrade gotovo nulte energije za višestambene zgrade, uredske zgrade, zgrade za obrazovanje, zgrade hotela i restorana, zgrade za trgovinu, bolnice i zgrade sportskih dvorana.

Program energetske obnove komercijalnih nestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2020. godine s detaljnim planom energetske obnove komercijalnih nestambenih zgrada za razdoblje od 2014. do 2016. godine (od 1. 4. do 15. 4. 2014.) definira, između ostalih, i cilj za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije rekonstrukcijom postojećih komercijalnih nestambenih zgrada.

Program je usmjeren na zgrade izgrađene do 1987. godine, s ciljevima definiranim za 2050. godinu i međuciljem za 2030. godinu, te očekivanim uštedama od 2,97 PJ do 2030. odnosno 7,46 PJ do 2050. godine kumulativno od 2013. godine. Povećanje broja gotovo nula energetskih zgrada predviđeno je u razini 10% novogradnje za stambene i višestambene zgrade.

Drugim Nacionalnim planom povećanja energetske učinkovitosti kao nova mjera, međutim, samim planom osim izrade detaljnog plana obnove stambenih zgrada i financiranja energetske obnove nisu predviđena sredstva namijenjena za povećanje broja zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije – očekivano je da će se razvojem programa financiranja Fonda za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost – FZOEU i strožim zahtjevima u propisima povećavati broj NZEB zgrada te nisu definirani među ciljevi do 2016. godine.

Trećim Nacionalni plan povećanja energetske učinkovitosti poziva na produženje roka za dostavu plana za povećanje broja zgrada gotovo nulte energije od kraja 2014. godine, te

Plan za povećanje broja jednoobiteljskih zgrada gotovo nulte potrošnje energije do 2020. godine.

Budući da ne postoje definirani zahtjevi u planskim dokumentima, kao ni međuciljevi za 2016. godinu, nepotrebna je raščlamba zahtjeva za novogradnje kao ni za rekonstrukcije postojećih zgrada. Specifični globalni trošak zgrada s gotovo nultom potrošnjom energije i referentnih zgrada građenih iza 2006. godine u životnom vijeku zgrada je osim kod višestambenih zgrada niži za zgrade gotovo nulte energije u odnosu na novogradnju iza 2006. godine. U nestambenim zgradama, za razliku od stambenih, ne postoji takav tehnički raskorak između novogradnje i zgrade gotovo nulte energije, te su razlike u cijeni manje, a specifični globalni trošak zgrada gotovo nulte energije u pravilu je niži od specifičnog globalnog troška novogradnje. Iznosi povećanja specifične vrijednosti investicije značajno variraju ovisno o vrsti zgrade i regiji, te se kreću između 56 i 1539 kn/m² za nestambene zgrade, te 1191 i 1833 kn/m² za višestambene zgrade.

Od ukupne površine nestambenih zgrada koja je energetska certificirana do početka 2014. godine, na hotele i restorane otpada 22 posto, uredske zgrade 30 posto, zgrade za trgovinu 32 posto, bolnice 7 posto, sportske dvorane 2 posto te zgrade za obrazovanje 6 posto površine. Raspodjela zgrada u ukupnom fondu određena je prema trendovima novogradnje od 2000. do 2013. godine, koji donekle ocrtavaju potrebe za zgradama pojedine namjene. Prema tome, nakon izdvajanja zgrada za industriju i skladišta te ostalih nestambenih zgrada koje nisu obuhvaćene podjelom referentnih zgrada, u fond nestambenih zgrada spada 25.059.661 m² zgrada.

Planom povećanja broja zgrada gotovo nulte energije potrebno je obuhvatiti najmanje 65.000 m² nestambenih zgrada godišnje s raspodjelom prema namjeni prikazanoj u sljedećoj tablici 2.

U specifičnom porastu troška za zgrade gotovo nulte energije prepoznatljiv je trend značajnog povećanja troška kod zgrada gdje standardna izvedba podrazumijeva nižu razinu opremljenosti od očekivane za zgrade gotovo nulte energije – dok je kod zgrada koje već u osnovnoj razini opremljenosti na tržištu danas imaju mehaničku ventilaciju, dodatna investicija kreće se od 214 do 691 kn/m²; s druge strane, višestambene zgrade kod kojih se ne izvode sustavi mehaničke ventilacije s povratom topline, školske sportske dvorane ili zgrade za obrazovanje imaju dodatni trošak tih sustava, koji se ukupno kreće od 1.211 do 1.512 kn/m² (tablica 2.).

Tablica 2. Ciljana površina zgrada gotovo nulte energije prema namjeni godišnje [8]

Namjena	Ciljana površina godišnje [m ²]	Specifični dodatni trošak u odnosu na novogradnju [kn/m ²]	Ukupni dodatni trošak u odnosu na novogradnju [kn]
višestambene zgrade	90.700	1.512	137.138.400
hoteli i restorani	14.630	214	3.133.870
uredi	19.736	337	6.660.033
zgrade za trgovinu	20.879	408	8.528.265
zgrade bolnica	4.723	691	3.264.192
sportske dvorane	1.428	1.496	2.136.297
zgrade za obrazovanje	3.612	1.211	4.375.061

3.3. Zgrada gotovo nulte energije

Zakonodavac je tehničkim detaljima za definirao i minimalna svojstva referentnih zgrada gotovo nulte energije kroz svojstva vanjske ovojnice i geometrijske karakteristike zgrade, efikasnost sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode te rasvjete, prema namjeni zgrade i referentnoj klimi (kontinentalna i primorska Hrvatska). Maksimalna specifična primarna energija za višestambene zgrade iznosi $E_{prim} = 51-75 \text{ kWh/m}^2$ a za kontinentalnu Hrvatsku, te $E_{prim} = 82-119 \text{ kWh/m}^2$ a za primorsku Hrvatsku. [8] također je opisao višestambene zgrade gotovo nulte energije za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku.

S obzirom da se rad bavi zgradom zdravstvene namjene, zgrade ovakve namjene posebno su detaljno opisane. Za bolnice su definirana minimalna svojstva referentnih zgrada gotovo nulte energije kroz svojstva vanjske ovojnice i geometrijske karakteristike zgrade, efikasnost sustava grijanja, hlađenja i pripreme potrošne tople vode te rasvjete, prema namjeni zgrade i referentnoj klimi (kontinentalna i primorska Hrvatska). Maksimalna specifična primarna energija za zgrade bolnica iznosi $E_{prim} = 200-232 \text{ kWh/m}^2$ a za kontinentalnu Hrvatsku, te $E_{prim} = 188-255 \text{ kWh/m}^2$ a za primorsku Hrvatsku.

Gotovo nula energetska zgrada u osnovnim geometrijskim karakteristikama podudara se u primorskoj i kontinentalnoj Hrvatskoj. Razlike se očituju u razini toplinske izolacije vanjske ovojnice i načinu i kvaliteti zaštite od prekomjernog osunčanja. Za obje klime optimirana je zgrada u pogledu pasivnog zahvata toplinske energije i sprečavanje pregrijavanja kroz optimalne koeficijente prolaska topline i prolaska sunčevog zračenja kroz ostakljenje. Definirane su tri varijante zgrade na koje globalno najveći utjecaj imaju ventilacijski gubici. Dodatno, u kontinentalnoj klimi je uz tri varijante zgrade provjerena i mogućnost variranja vanjske ovojnice (toplinska izolacija vanjskog zida) koja je rezultirala

zanemarivim pomacima u odnosu na inženjerski optimirano rješenje vanjske ovojnice i sustava.

Specifičnost odnosa vanjske ovojnice i termotehničkih sustava te visoki investicijski troškovi i značajna razlika među troškovima sustava unosi nesigurnost u rezultate troškovno optimalne analize, te se definira raspon troškovno optimalnih vrijednosti i minimalni udio obnovljivih izvora energije kako bi se osiguralo dovoljno prostora za primjenu različitih rješenja s ukupnim ciljem ostvarivanja gotovo nula energetske zgrade.

Od 31. prosinca 2020. godine, nove zgrade u Europskoj uniji će morati biti „zgrade gotovo nulte energije – ZGNE, i energije koja će u velikoj mjeri biti iz obnovljivih izvora. Dodatno, tijela javnih vlasti koja posjeduju ili će iznajmljivati zgradu, trebat će postati primjer u najmu ili kupnje ZGNE i to već od početka 2019. godine. Gotovo nulta ili vrlo niska količina energije trebala bi biti u značajnom opsegu pokrivena iz obnovljivih izvora, uključujući i obnovljive izvore energije proizvedene na licu mjesta ili u blizini same građevine(a).

S obzirom na veliki broj javnih objekata koji su starijih godišta, očekuje se rekonstrukcija zgrada. Ona za sobom povlači ponajprije izbor energetske učinkovitih materijala, komponenata i sustava te kvalitetnu izvedbu. Treći čimbenik o kojem ovisi rezultat ZGNE je svakako korisnik. O korisniku i održavatelju zgrade, dakle, o bihevioralnim aspektima, znatno ovisi ukupan učinak. Naime, čak i najnapredniji dijelovi zgrade ili *smart* zgrada u cjelini, ne mogu pružiti očekivane rezultate ako se ne koriste ili ne održavaju na odgovarajući način.

Niz je koraka koji se trebaju poduzeti da bi se dosegla planirana razina energetske učinkovitosti, ne samo u javnom već i u privatnom sektoru. Svijest i znanje o okolišnim i energetskim učincima, njihovim financijskim efektima, neće biti dovoljni kroz standardne oblike informiranja ili educiranja. Nužan preduvjet je podizanje razine individualnog bogatstva. Jer, izgradnja i rekonstrukcija zgrada zahtijeva korištenje skupih materijala i tehnologija, što si mogu priuštiti samo prihodima bogatija društva i pojedinci. S druge strane, za ovakav poduhvat nužna je osposobljen građevinski sektor pod pretpostavkom da projektni već je na toj razini. I treći čimbenik, proizvođači su građevinskog materijala i komponenata, koji bi se trebali u vrlo kratkom vremenu osposobiti za proizvodnju materijala i komponenata visoko energetske učinkovitih. U suprotnom ćemo ostati bez građevinske industrije i svega što ona donosi u struci i ekonomiji.

Cjelokupna integrirana rješenja nude i imaju široku lepezu mogućnosti ušteda s obzirom na profil nestambene zgrade. S obzirom da su takve zgrade većih energetske potreba, zajedničkom kontrolom svih sustava potrošnje i upravljanja mogu se smanjiti troškovi, povećati sigurnost, ali i brže identificirati i ukloniti kvarovi. Općenito, poznato je, najveći potencijali uštede leže u središnjem nadzornom upravljanju. Dakle, povezani različiti podsustavi građevine tako budu integrirani automatizacijom i naprednim programima vođena optimizirana potrošnja.

3.4. Čimbenici primarne energije

Određeni su faktori za izračun primarne energije za sve energente i energetske sustave koji se u Republici Hrvatskoj koriste za opskrbu zgrada energijom. Pod primarnom energijom podrazumijeva se ona potrošnja energije u strukturi ukupne potrošnje energije, odnosno na primarnoj strani energetske bilance, koja je nastala kao posljedica korištenja određene količine energije u zgradi, odnosno na razini finalne potrošnje energije u energetskej bilanci.

Korišteni su odnosi iz hrvatskog energetskeg sustava i to na taj način da su u izračunu faktora primarne energije primijenjeni trogodišnji prosjeci iz ostvarenih godišnjih energetskeh bilanci Republike Hrvatske u razdoblju od 2009. do 2011. godine. Sve veličine i svi odnosi iz energetskeh bilanci koji su korišteni u izračunu faktora primarne energije određeni su primjenom metodologije izrade energetskeh bilanci koje je postavio Eurostat.

Za opskrbu zgrada potrebnom energijom u Hrvatskoj koriste se mrki ugljen, lignit, prirodni plin, ogrjevno drvo, energija Sunca, geotermalna energija, drveni briketi, drveni peleti, drvna sječka, drveni ugljen, ukapljeni naftni plin, petrolej, ekstra lako loživu ulje, loživu ulje, električna energija i daljinska toplina. Kada je riječ o daljinskej toplini radi se o većim ili manjim sustavima u kojima se toplinska energija proizvodi u osnovi na dva sljedeća načina: a) u javnim toplanama (javnim kogeneracijskim sustavima) i b) u javnim kotlovnica. Faktori primarne energije definirani su po teritorijalnom principu.

4. OPĆENITO O ZGRADI

U naselju Jarun planirana je izgradnja Centra crvenog križa Trešnjevka u kojoj bi se nalazili svi sadržaji neophodni za život tjelesno invalidnih osoba, osim smještajnih kapaciteta. U objektu su planirani sadržaji koji bi se koristili za okupljanje, kulturno-umjetnički i društveni život, radionice za radnu terapiju i socijalizaciju, savjetovašta sa odgovarajućim stručnjacima, ambulanta za fizikalnu medicinu, te praonica rublja i restoran za prehranu.

Kako u okviru Centra crvenog križa nije riješeno pitanje smještaja invalidnih osoba već samo sadržaji koji im pružaju mogućnost korištenja preostalih radnih sposobnosti, predložena je izgradnja objekta na susjednoj lokaciji za specifično stanovanje, odnosno stanovanje prilagođeno potrebama invalidnih osoba u smislu sprječavanja arhitektonskih barijera, udaljenosti, nepristupačnosti i sl. „Dom invalidnih osoba“ i „Centar Crvenog križa“ spojio bi se toplom vezom u nivou podruma. Centar Crvenog križa izgrađen je ali se danas ne koristi za svrhu zadanu glavnim projektom, Dom invalidnih osoba je krenu u izgradnju ali je došlo do zastoja te zgrada nikad nije završena. Trenutno stanje objekta biti će detaljnije obrađeno u poglavlju – vizualni pregled.

4.1. Situacija

Zgrada koja se nalazi na Jarunu, vidi sliku 2.[12], definirana je sa zapadne strane Jarunskom ulicom, sa istočne strane zgradom čija je prvotna namjena bila „Centar crvenog križa“, sa sjeverne strane zgrada graniči sa ulicom don Petra Šimića, a na južnoj strani sa stambenom zgradom.



Slika 2. Situacija [12]

4.2. Funkcionalnost prema glavnom projektu

Stambene jedinice projektirane su kao dvokrevetne, jednokrevetne i trokrevetne sa kupaonicama te ulaznim prostorom sa čajnom kuhinjom. Maksimalni broj soba ima dvostranu orijentaciju zbog optimalnog osunčanja i zanimljivosti vizura. Jedinice u kutevima riješene su na način da po mogućnosti služe za smještaj obitelji. Podrumski prostor sadrži garažu sa pet garažnih mjesta i radionicom, spremištem stanara, dvoranu za fizikalnu terapiju, toplinsku stanicu, te kuhinju za restoran. Pristup u podrumsku etažu moguć je liftom, stepenicama i podrumskog dvorišta u koje se dolazi rampom iz ulice don Petra Šimića (nagib 70°).

Prizemlje je obavijeno niskim zidovima koji definiraju prostor vrtova tako da sobe imaju vanjski prostor, a sadrži dvokrevetne i trokrevetne sobe, ulazni prostor te atrij za mogućnost druženja u zimskim danima, koji je osvijetljen frontalno i nadsvjetlom, a vizualno povezan sa galerijom prvog kata. Taj centralni dio sa puno zelenila i svjetla trebao bi stvoriti ugođaj boravka u prirodi za situaciju o nemogućnosti odlaska u vanjski prostor ili situacije druženja. Prizemlje je povezano sa katom liftom, stepenicama i rampom prilagođenom osobama u kolicima.

Prvi kat sadrži dvokrevetne sobe i sobu za dežurnu osobu te galerijsko proširenje komunikacija za mogućnost okupljanja. Galerija je vizualno povezana sa vrtom u prizemlju. Sobe imaju terase kao vanjski prostor.

U potkrovlju se nalaze jednokrevetne, dvokrevetne i trokrevetne sobe. U centru etaže ostvarena je zajednička terasa, koja je sa tri strane obavijena fasadom potkrovlja, a otvorena samo sa istočne strane. Potkrovlje je povezano sa prvim katom liftom i stepenicama.

5. VIZUALNI PREGLED

Vizualni pregled je osnovna metoda u postupku utvrđivanja postojećeg stanje građevine. Može služiti i kao prethodni pregled prije nerazornih ispitivanja, u tom slučaju se pri nerazornom pregledu odrede reprezentativna mjerna mjesta za provedbu nerazornih ispitivanja. [13]

Za svrhu ovog rada pod vizualnim pregledom smatra se pregleda građevinskih elemenata zgrade i energetske pregled zgrade. Ova dva pregleda definirana su prema pravilniku o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju na sljedeći način [14]:

- građevinski element zgrade - je tehnički sustav zgrade ili dio ovojnice zgrade,
- energetske pregled zgrade - je sustavan postupak za stjecanje odgovarajućeg znanja o postojećoj potrošnji energije i energetske svojstvima zgrade ili skupine zgrada koje imaju zajedničke energetske sustave, za utvrđivanje i određivanje isplativosti primjene mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti te izradu izvješća o energetske pregledima zgrade s prikupljenim informacijama i predloženim mjerama, a obavlja ga ovlaštena osoba.

Na temelju dobivene dokumentacije određeni su slojevi vanjske ovojnice zgrade. Tokom vizualnog pregleda uočena su odstupanja u odnosu na projektirano stanje, u nastavku su navedena i prikazana ta odstupanja.

Mogućnost ulaza u zgradu je kroz podrumski prostor (slika 3.), tako je i započet pregled u podrumu te nastavljen kroz prizemlje, 1. kat i potkrovlje.



Slika 3. Istočno pročelje zgrade

Pregledom svih katova zgrade, može se zaključiti kako po cijeloj zgradi slojevi podne konstrukcije nisu izvedeni prema projektu, zapravo, osim temeljnih i stropnih ploča ništa više i nije izvedeno. Ova situacija ide u prilog budućim planovima rekonstrukcije zgrade iz mogućnosti pravilne izvedbe slojeva podne konstrukcije.

Na slici 4. prikazana je trenutna situacija poda u podrumu gdje bi se trebao nalaziti teraco završni sloj:

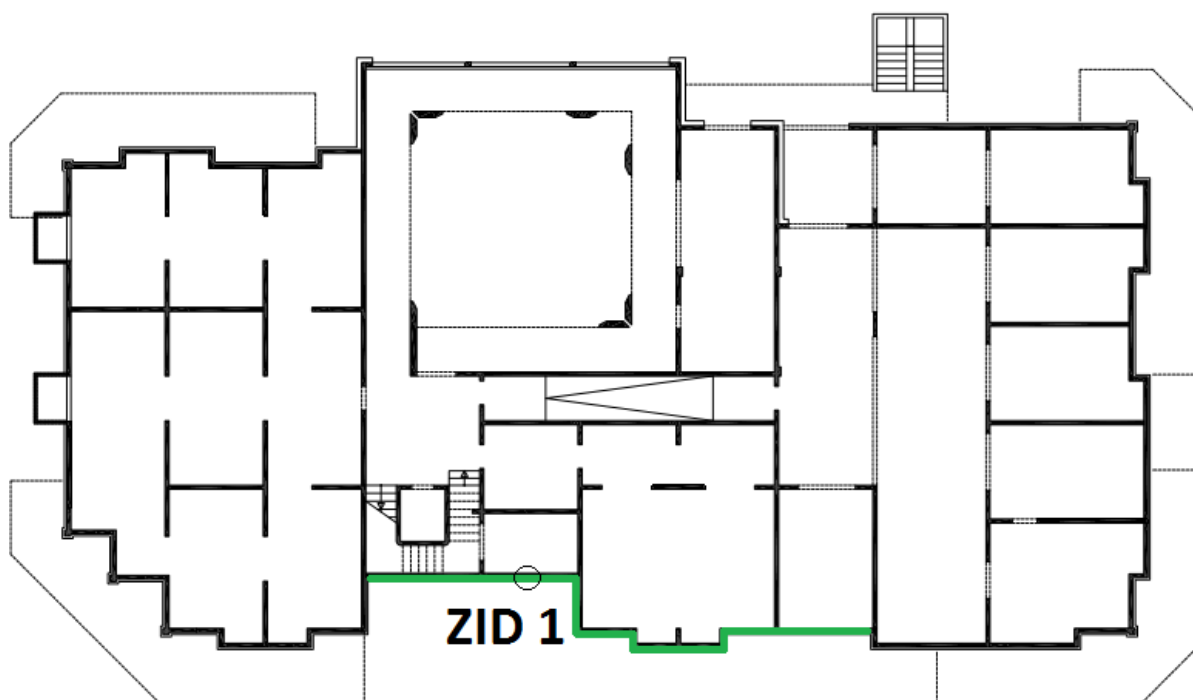


Slika 4. Prikaz trenutnog stanja poda u podrumu

Kao što je već navedeno, završni slojevi poda u prizemlju također nisu izvedeni, te je trenutna situacija prikazana na slici 5.



Slika 5. Prikaz trenutnog stanja poda u prizemlju



Slika 6. Tlocrt podruma

Kontrolom vanjskih zidova dolazi se do sljedećih zaključaka:

Zidovi u podrumu su izvedeni prema projektu. Na slici 6. zelenom bojom označen je zid 1 koji se sastoji od armiranog beton, ekspaniranog polistirena, hidroizolacije i pune opeke od gline, dok se ostatak zida sastoji od armiranog betona, hidroizolacije i pune opeke od gline. Na slici 7. i slici 8. prikazani su navedeni zidovi.

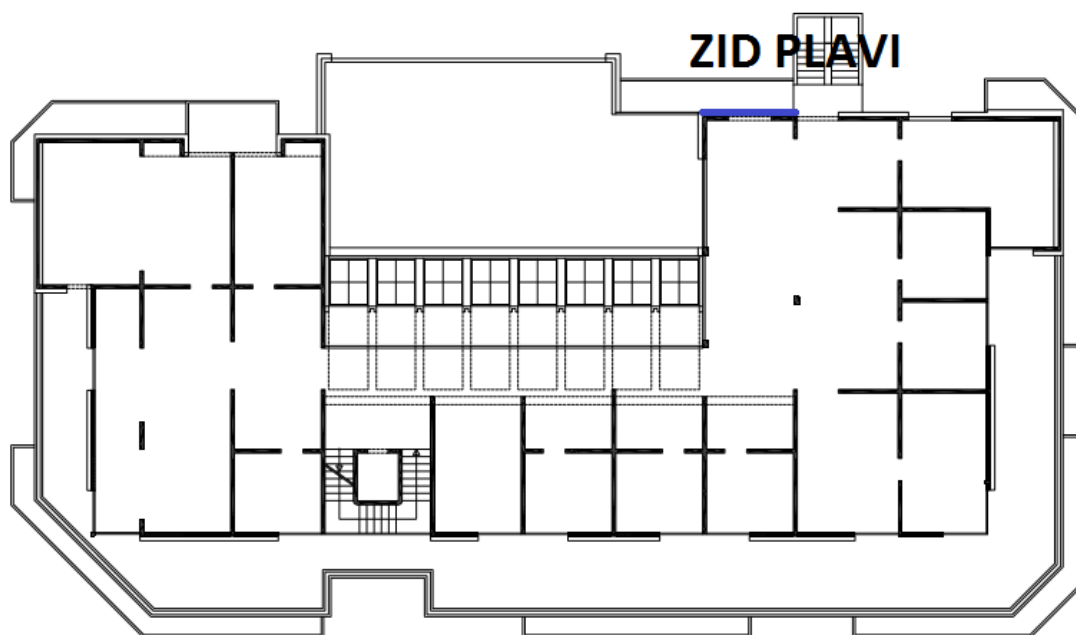


Slika 7. Vanjski zid u podrumu (zeleni zid)



Slika 8. Vanjski zid u podrumu (žuti zid)

Svi slojevi i debljine vanjskih zidova biti će detaljno prikazani u poglavlju 6., ovdje će se navesti da svi vanjski zidovi prizemlja i 1. kata nemaju izvedenu toplinsku izolaciju dok je ostatak slojeva prema projektu. Potkrovlje se sastoji od četiri tipa zida, od kojih samo jedan zid ima toplinsku izolaciju, odnosno izveden je prema projektu. Taj se zid prostire po vrlo maloj površini kako je označeno plavom bojom na slici 9. Isti zid prikazan je na slici 10.



Slika 9. Vanjski zid potkrovlje (zid plavi)



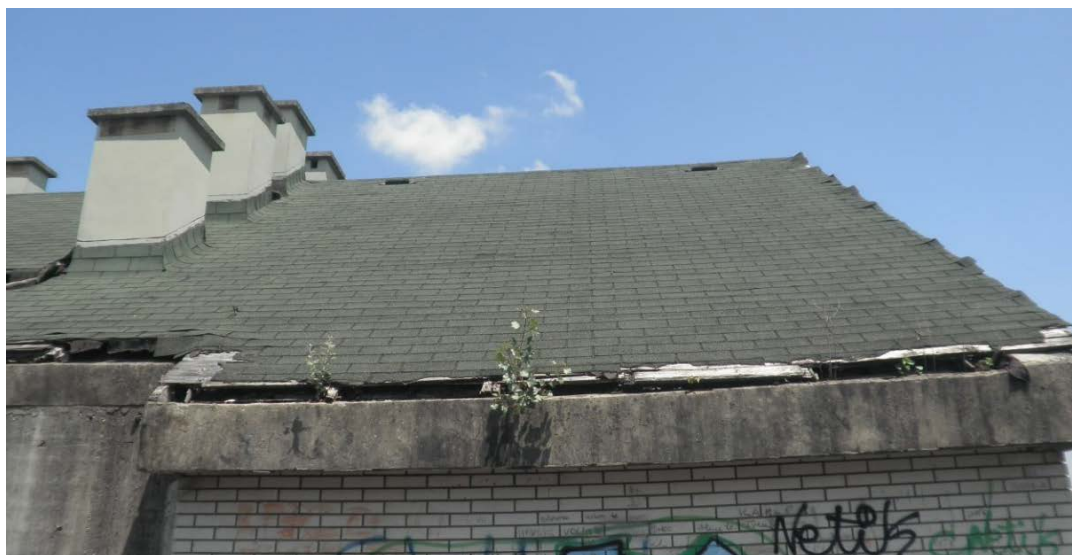
Slika 10. Potkrovlje zid plavi

Na slici 11. prikazan je zid u potkrovlju koji je u proračunu definiran kao „Potkrovlje zid siporex“.



Slika 11. Vanjski zid u potkrovlju

U potkrovlju je također zapaženo kako krovište koje je prema projektu bilo zamišljeno sa crijepnim pokrovom, izvedeno je sa šindrom, slika 12.



Slika 12. Prikaz krovne konstrukcije

Otvori na zgradi nisu izvedeni, a u proračun je uzeta projektna vrijednost koeficijenta prolaska topline otvora, na slici 13. prikazan je kosi krov čiji je pokrov trebao biti izveden od stakla. Na slici 14. prikazana su pročelja zgrade po stranama svijeta, koja čine dio vanjske ovojnice zgrade.



Slika 13. Kosi krov



Istočno pročelje



Sjeverno pročelje



Zapadno pročelje



Južno pročelje

Slika 14. Prikaz pročelja zgrade

6. PRORAČUN TRENUTNOG, PROJEKTIRANOG STANJA

6.1. Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ prema HRN EN ISO 1379

Godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ je računski određena količina topline koju sustavom grijanja treba tijekom jedne godine dovesti u zgradu za održavanje unutarnje projektne temperature u zgradi tijekom razdoblja grijanja zgrade. Potrebna toplinska energija za grijanje [15]:

$$Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn} [kWh]$$

Gdje su:

$Q_{H,nd,cont}$ - potrebna toplinska energija za grijanje pri kontinuiranom radu (kWh);

$Q_{H,ht}$ - ukupno izmjenjena toplinska energija u periodu grijanja (kWh);

$Q_{H,gn}$ - ukupni toplinski dobici zgrade u periodu grijanja (ljudi, uređaji, rasvjeta i sunčevo zračenje) (kWh);

$Q_{H,gn}$ - faktor iskorištenja toplinskih dobitaka (-).

Prema HRN EN ISO 13790, tri su pristupa proračunu potrošnje energije za grijanje i hlađenje s obzirom na vremenski korak proračuna:

- kvazistacionarni proračun na bazi sezonskih vrijednosti
- kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti
- dinamički proračun s vremenskim korakom od jednog sata ili kraćim

Kod energetskog certificiranja zgrada, za proračun $Q_{H,nd}$ koristiti se kvazistacionarni proračun na bazi mjesečnih vrijednosti. Godišnja vrijednost potrebne toplinske energije za grijanje izračunava se kao suma pozitivnih mjesečnih vrijednosti.

Energetski razredi iskazuju se za referentne klimatske podatke (prema podacima iz pravilnika koji se odnosi na energetsko certificiranje zgrada). Referentni klimatski podaci određuju se posebno za kontinentalnu i za primorsku Hrvatsku u odnosu na broj stupanj dana grijanja.

6.2. Potrebni podaci za proračun

Za proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje $Q_{H,nd}$ potrebni su sljedeći ulazni parametri:

6.2.1. Klimatski podaci

Potrebno je odrediti srednju vanjsku temperaturu ($^{\circ}\text{C}$), i srednju dozračenu sunčevu energiju (MJ/m^2), što ovisi o lokaciji promatranog objekta.

Zgrada se nalazi u Zagrebu na adresi Jarun 19, te je za mjerodavnu lokaciju u *software* „KI Expert 2013“ uzeta najbliža referentna postaja što je u ovom slučaju Zagreb Grič. Prema referentnoj točki zgrada ovog proračuna nalazi se u 2. zoni globalnog Sunčevog zračenja (tablica 5.) sa srednjom mjesečnom temperaturom vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade iznosi manje ili jednako 3°C , i unutarnja temperatura veća ili jednaka 18°C .

Klimatološki podaci objekta dani su u tablici 3. i tablici 4.

Tablica 3. Temperatura zraka za Zagreb Grič po mjesecima

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Temperature zraka ($^{\circ}\text{C}$)													
m	2,2	4,3	8,3	12,9	17,6	20,9	22,7	22,3	17,2	12,4	7,5	2,5	12,6
min	-9,6	-7,8	-5,1	1,4	6,2	10,2	14,1	11	8,8	1,7	-3,8	-9,8	-9,8
max	14	14,8	18,9	21,7	27	29,1	30,7	29,9	26	21,2	20	14,8	30,7

Tablica 4. Broj grijanih dana ovisno o vanjskoj temperaturi

Broj dana grijanja			
	Temperatura vanjskog zraka		
	$\leq 10^{\circ}\text{C}$		151,7
	$\leq 12^{\circ}\text{C}$		172,8
	$\leq 15^{\circ}\text{C}$		197,1

Tablica 5. Globalno Sunčevo zračenje

Orij	[$^{\circ}$]	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Globalno Sunčevo zračenje (MJ/m^2)														
S	0	108	164	329	456	593	629	671	561	421	259	125	82	4398
	15	131	192	367	479	597	622	670	582	468	308	152	97	4664
	30	148	212	389	481	578	592	643	577	493	342	172	109	4736
	45	158	221	392	463	536	541	591	547	493	359	184	116	4603
	60	162	221	378	424	474	471	516	494	469	359	188	118	4272
	75	157	210	346	368	396	386	425	421	422	340	182	114	3767
	90	145	189	298	299	309	296	324	334	356	305	167	106	3127
SE, SW	0	108	164	329	456	593	629	671	561	421	259	125	82	4398
	15	124	184	356	473	596	624	671	577	455	293	144	92	4588
	30	135	196	370	475	582	602	652	574	473	316	156	100	4630
	45	140	200	370	459	550	562	612	551	471	324	162	103	4505
	60	139	195	354	428	501	506	554	509	449	318	161	102	4216
	75	131	183	324	381	436	436	479	450	410	298	153	96	3779
	90	119	163	283	324	363	359	395	379	355	265	138	87	3230
E, W	0	108	164	329	456	593	629	671	561	421	259	125	82	4398
	15	108	164	328	452	586	621	663	556	419	259	125	81	4362
	30	107	162	322	440	568	600	641	541	412	256	124	80	4254
	45	104	157	310	420	538	566	608	516	398	249	121	78	4063
	60	98	147	291	391	496	521	561	479	374	236	114	73	3782
	75	90	134	264	353	445	466	503	432	342	217	104	66	3416
	90	79	118	233	308	386	403	436	377	301	192	92	58	2982
NE, NW	0	108	164	329	456	593	629	671	561	421	259	125	82	4398
	15	92	143	254	425	570	613	649	528	376	220	106	70	4086
	30	80	124	259	384	527	572	601	480	328	188	92	62	3696
	45	69	109	229	342	473	516	538	427	287	163	77	55	3286
	60	63	89	197	305	421	458	478	379	251	129	69	51	2889
	75	56	79	151	256	368	404	420	325	190	106	62	45	2461
	90	49	69	124	183	286	323	328	237	136	95	55	39	1923
E, N	0	108	164	329	456	593	629	671	561	421	259	125	82	4398
	15	82	130	277	412	558	601	635	513	355	199	94	63	3917
	30	73	101	215	349	493	537	560	439	273	139	80	59	3318
	45	69	95	167	274	407	449	459	347	190	125	55	55	2710
	60	63	87	153	204	307	344	341	246	161	116	69	51	2141
	75	56	79	139	181	229	236	235	206	148	106	62	45	1722
	90	49	69	124	163	206	214	214	186	135	95	55	39	1548

6.2.2. Proračunska zona

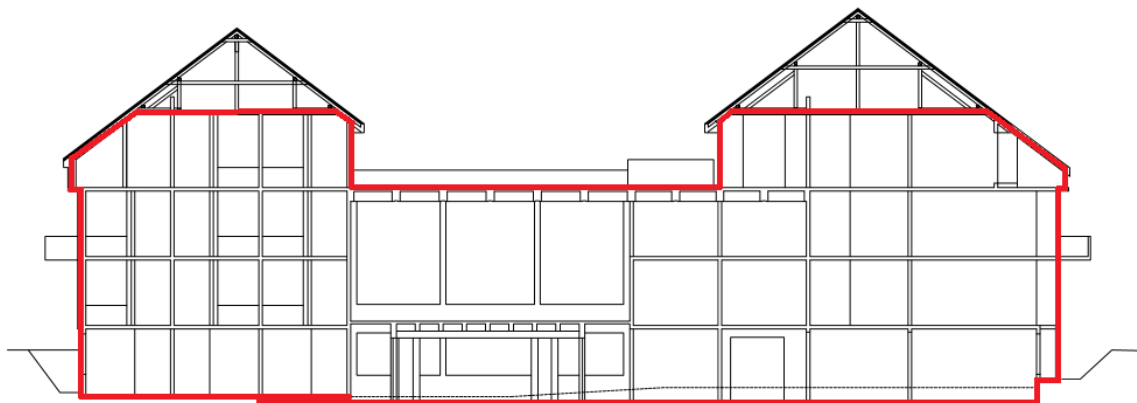
Podjela na proračunske zone za koje se odvojeno računa potrebna energija za grijanje i hlađenje, te se za svaku zonu zasebno izdaje energetski certifikat, provodi se za dijelove zgrade ako se razlikuju:

- vrijednosti unutarnje projektne temperature za više od 4 °C,
- namjena drugačija od osnovne i to u iznosu od 10 % i više neto podne površine prostora veće od 50 m²,
- u pogledu ugrađenog termotehničkog sustava i njegovog režima uporabe.

Proračun prema normi HRN EN ISO 13790 moguć je na tri načina:

- cijela zgrada tretirana kao jedna zona,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura < 5°C, pa se izmjena topline između samih zona ne uzima u obzir,
- zgrada podijeljena u nekoliko zona, među kojima je razlika unutarnjih temperatura ≥ 5°C, pa se izmjena topline između zona uzima u obzir.

Za našu zgradu vršiti ćemo proračun na temelju jedne zone. U zonu ulaze: podrum, prizemlje, 1. kat i potkrovlje, na slici 3 crveno je uokvirena zona proračuna.



Slika 15. Oznaka proračunske zone zgrade

Prilikom određivanja zona potrebno je definirati i unutarnju proračunsku temperaturu zone. Proračunska temperatura zone ovisi o namjeni prostora te se definira na temelju HRN EN 13790 Tablica G.12 i DIN V 18599-10.

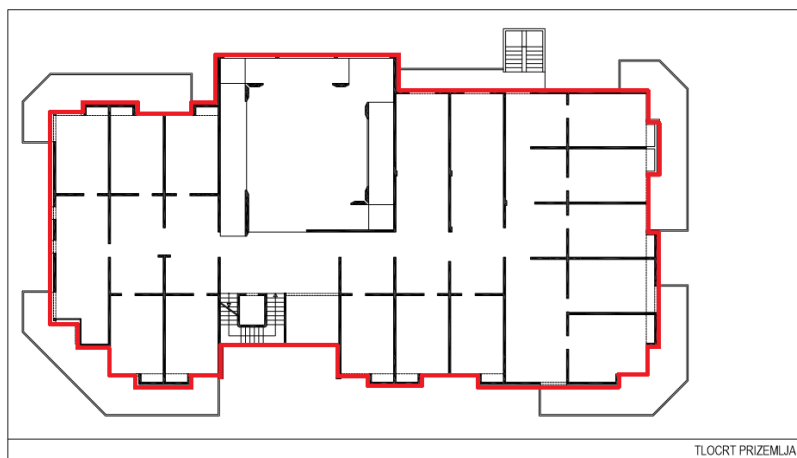
Zgrada za koju se vrši proračun ima namjenu doma za osobe sa invaliditetom, što bi se moglo svrstati pod kategoriju „Bolnice i zgrade za rehabilitaciju“ čija unutarnja proračunska temperatura iznosi 22 °C, kao što je prikazano u tablici 6.

Tablica 6. Unutarnje proračunske temperature (temelju HRN EN 13790 Tablica G.12 i DIN V 18599-10.) [15]

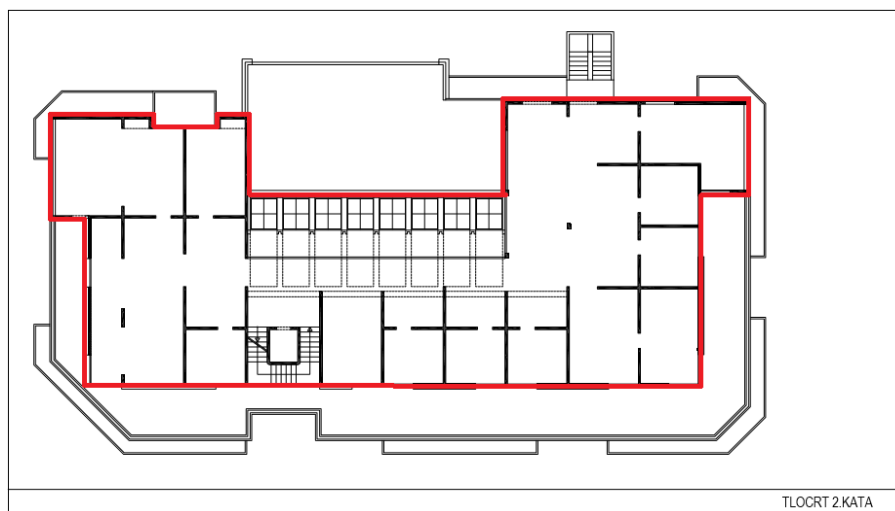
Vrsta prostora	Sezona grijanja zimi ϑ_{int} , °C	Kontinentalna Hrvatska – sezona hlađenja ϑ_{int} , °C	Primorska Hrvatska – sezona hlađenja ϑ_{int} , °C
Obiteljske kuće	20	22	24
Stambene zgrade	20	22	24
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	20	22	24
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	20	22	24
Vrtići	22	22	24
Knjižnice – prostorije za čitanje	20	22	24
Knjižnice – prostorije s policama	20	22	24
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	22	22	24
Hoteli, moteli i sl.	20	22	24
Muzeji	20	22	24
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	20	22	24
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	20	22	24
Sportske zgrade	18	22	24
Radionice i proizvodne hale	18	22	24
Kongresni centri	20	22	24
Kazališta i kina	20	22	24
Kantine	20	22	24

6.2.3. Vanjska ovojnica

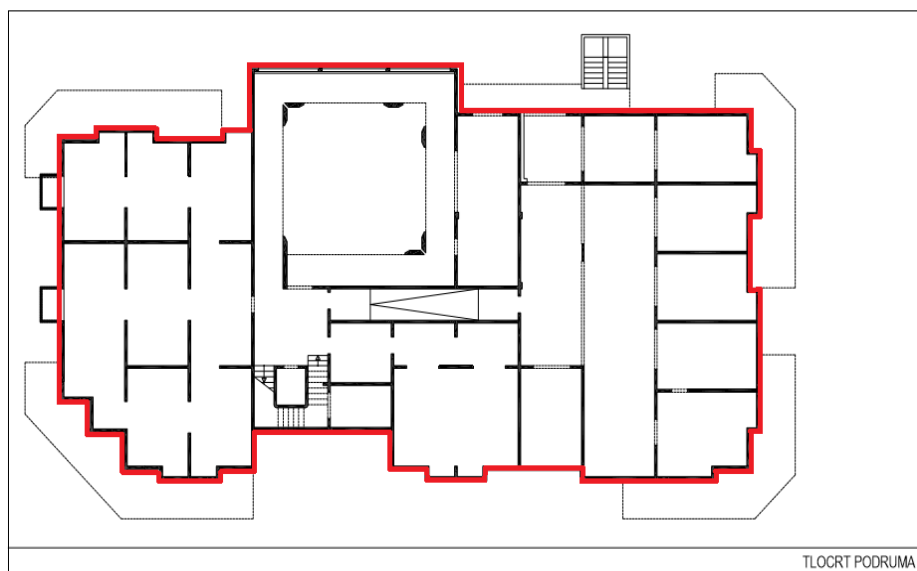
Kako bi se definirala toplinska ovojnica zgrade potrebno je prije svega definirati samu ovojnicu zgrade koja predstavlja fizičku granicu ili barijeru između unutarnjeg prostora i vanjskog okoliša zgrade u što su uključeni svi funkcionalni dijelovi zgrade: zidovi, krov i temelji. U pogledu energetske učinkovitosti najvažniji aspekt ovojnice zgrade jest da ona predstavlja toplinsku barijeru kojom se nastoji održati temperatura unutarnjeg prostora na prihvatljivoj razini, iako ovojnica zgrade ima i značajnu ulogu u sprječavanju prodora vlage i buke iz okoliša u unutarnji prostor. Na tlocrtima zgrade označena je vanjska ovojnica, vidi sliku 16., 17. i sliku 18.



Slika 16. Oznaka vanjske ovojnice prizemlja i 1. kata



Slika 17. Oznaka vanjske ovojnice potkrovlja



Slika 18. Oznaka vanjske ovojnice podruma

6.2.4. Geometrijske karakteristike

Kako bi se odredila godišnja potrebna toplinska energija za grijanje $Q_{H,nd}$ potrebno je odrediti geometrijske karakteristike zgrade u koju uvrštavamo sljedeće parametre [15]:

- A_k - ploština pojedinih građevnih dijelova zgrade (m^2); (vanjski zidovi, zidovi između stanova, zidovi prema garaži/tavanu, zidovi prema negrijanom stubištu, zidovi prema tlu, stropovi između stanova, stropovi prema tavanu, stropovi iznad vanjskog prostora, stropovi prema negrijanom podrumu, podovi na tlu, podovi s

podnim grijanjem prema tlu, kosi krovovi iznad grijanih prostora, ravni krovovi iznad grijanih prostora),

- A_f - površina kondicionirane zone zgrade s vanjskim dimenzijama (m^2),
- A_k - ploština korisne površine zgrade (m^2); za stambene zgrade može se približno odrediti $A_k = 0,32 \cdot V_e$,
- A - ukupna ploština građevnih dijelova koji razdvajaju grijani dio zgrade od vanjskog prostora, tla ili negrijanih dijelova zgrade (omotač grijanog dijela zgrade), uređena prema HRN EN ISO 13789:2007, dodatak B, za slučaj vanjskih dimenzija (m^2),
- V_e - bruto obujam, obujam grijanog dijela zgrade kojemu je oplošje A (m^3),
- V - neto obujam, obujam grijanog dijela zgrade u kojem se nalazi zrak (m^3); Taj se obujam određuje koristeći unutarnje dimenzije ili prema približnom izrazu $V = 0,76 \cdot V_e$ za zgrade do tri etaže, odnosno $V = 0,8 \cdot V_e$ u ostalim slučajevima,
- f - udio ploštine prozora u ukupnoj ploštini pročelja.

Proračun za zadanu zonu zgrade prikazan je u tablici 7.

Tablica 7. Geometrijske karakteristike

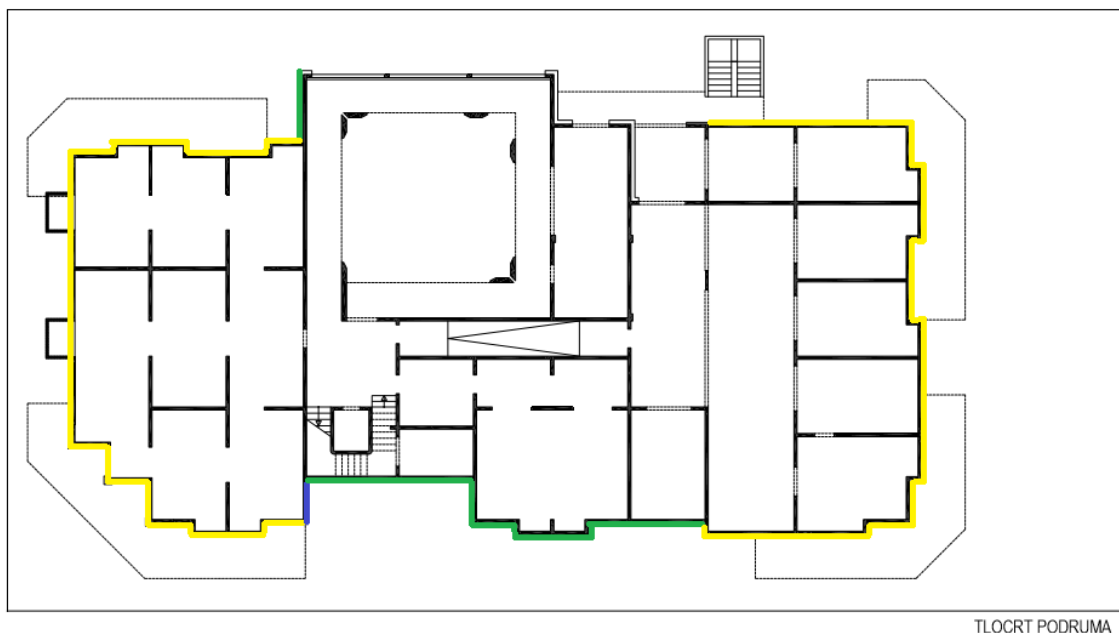
Potrebni podaci	Zona 1
Oplošje grijanog dijela zgrade – A [m^2]	4332,20
Obujam grijanog dijela zgrade – V_e [m^3]	10330,86
Obujam grijanog zraka – V [m^3]	7851,45
Faktor oblika zgrade - f_0 [m^{-1}]	0,42
Ploština korisne površine – A_k [m^2]	1938,42
Ukupna ploština pročelja – A_{uk} [m^2]	1854,96
Ukupna ploština prozora – A_{wuk} [m^2]	582,81

6.2.5. Opis i sastav pojedinih dijelova vanjske ovojnice

6.2.5.1. Zidovi u tlu

Definirani slojevi građevnog dijela (u smjeru toplinskog toka) prikazani za građevne dijelove grupirane prema zonama i prema vrsti građevnog dijela.

Na slici 19. prikazana je vanjska ovojnica u podrumu. Na slici su zidovi označeni u bojama po nazivu istih u proračunu. U tablicama što slijede (tablica 8., 9. i 10.) prikazuju se slojevi pojedinih zidova i njihove površine u m².



Slika 19. Prikaz vanjskih zidova u podrumu

Tablica 8. PODRUM Zid prema tlu Žuti

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
3	1.01 Puna opeka od gline	7,000	0,810	10,00	0,70	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					283,51	

Tablica 9. PODRUM Zid prema tlu Zeleni

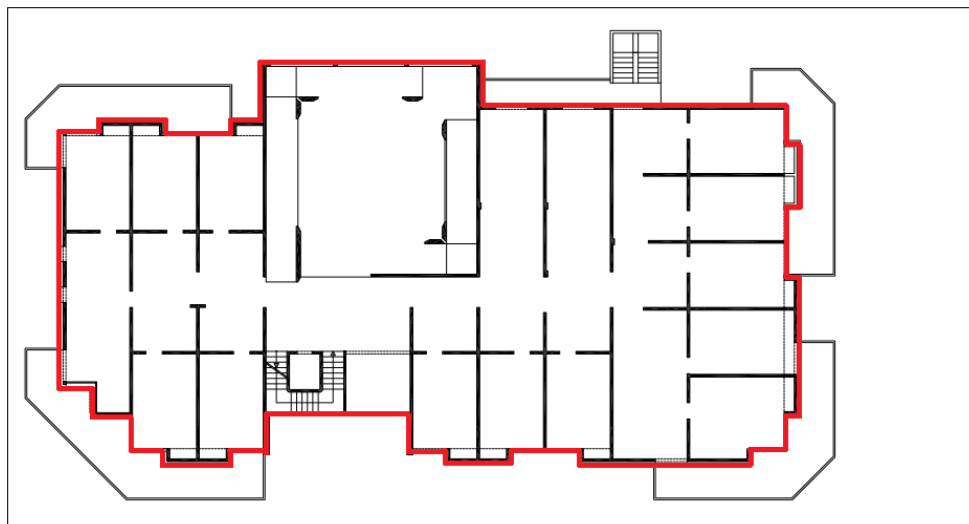
R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5,000	0,042	100,00	5,00	30,00
4	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
5	1.01 Puna opeka od gline	7,000	0,810	10,00	0,70	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					89,97	

Tablica 10. PODRUM Zid prema tlu Zeleni

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	7,000	0,042	100,00	7,00	30,00
4	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	Bitumenska ljepjenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	1.01 Puna opeka od gline	7,000	0,810	10,00	0,70	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					7,28	

6.2.5.2. Vanjski zidovi

Na slici 20. prikazan je tlocrt prizemlja i 1. kata te je označena vanjska ovojnica. Prizemlje i kat su definirani sa istim vanjskim zidom, te će stoga u tablici 11. biti prikazana ukupna površina navedenih zidova te će se u tu ukupno površinu ubrojiti i vanjski zid iz podruma koji na slici 21. nije označen a sastoji se od istih slojeva kao i zidovi u prizemlju i 1. katu.

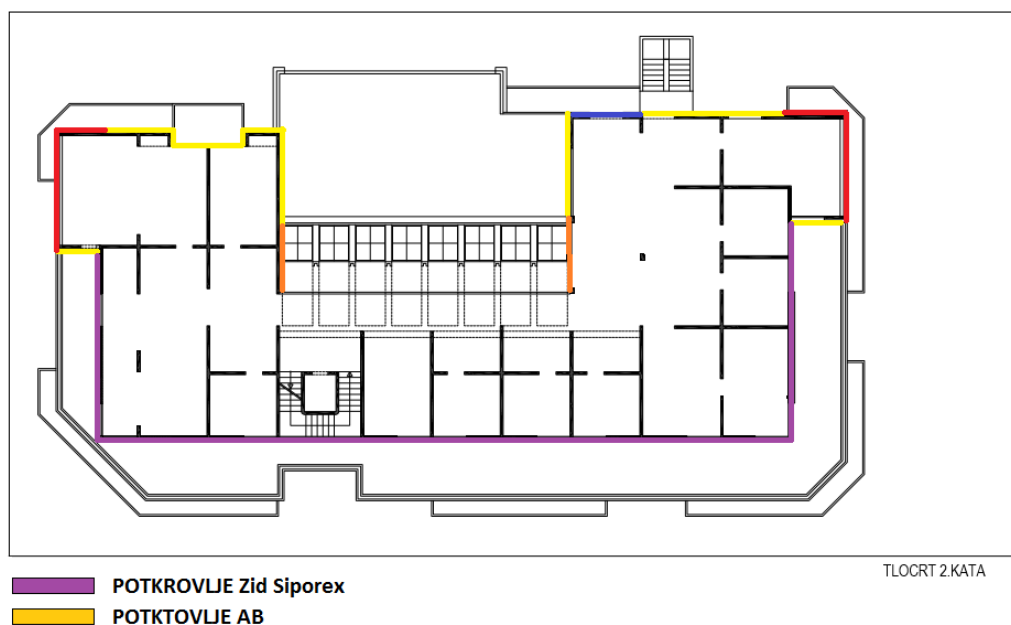


Slika 20. Prikaz vanjskih zidova u prizemlju i 1. katu

Tablica 11. Vanjski zid - Fasadna opeka

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,042	100,00	4,00	30,00
4	1.12 Puna vapneno silikatna opeka	12,000	0,990	25,00	3,00	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	196,98	
				Sjever	137,66	
				Zapad	151,73	
				Jug	141,08	

Na slici 21. prikazan je tlocrt potkrovlja te je označena vanjska ovojnica. Kao što su u podrumu zidovi označeni sa različitim slojevima u različitim bojama, na isti način i u potkrovlju je napravljena raspodjela vanjskih zidova.



Slika 21. Prikaz vanjskih zidova u potkrovlju

Slijede tablice 12.– 16., svih zidova sa slojevima i površinama:

Tablica 12. POTKROVLJE Zid siporex

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.25 Porobeton	15,000	0,160	7,00	1,05	500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
5	1.12 Puna vapneno silikatna opeka	12,000	0,990	25,00	3,00	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	23,07	
				Zapad	72,71	
				Jug	25,19	

Tablica 13. POTKROVLJE Zid Crveni

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.25 Porobeton	15,000	0,160	7,00	1,05	500,00
3	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
6	Neprovjetran sloj zraka	3,000	-	1,00	0,03	-
7	Crijep (krovni) glina	2,000	1,500	100,00	2,00	2100,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	11,74	
				Sjever	9,03	
				Jug	5,07	

Tablica 14. POTKROVLJE Zid Žuti

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
3	1.12 Puna vapneno silikatna opeka	12,000	0,990	25,00	3,00	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	42,78	
				Sjever	9,82	
				Zapad	8,01	
				Jug	15,63	

Tablica 15. POTKROVLJE Zid Plavi

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
3	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	10,32	

Tablica 16. POTKROVLJE AB

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	7,97	
				Jug	7,97	

6.2.5.3. Poda i stropna konstrukcija

Sljedeće će se prikazati podjela poda prema tlu u podrumu i stropne konstrukcije prema negrijanom podrumu. Koeficijent prolaska topline U i koeficijenti H_{pi} i H_{pe} prema Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790 [15], računaju se posebno za četiri različita slučaja:

- a) pod na tlu
- b) pod uzdignut od tla
- c) grijani podrum
- d) negrijani podrum

U slučaju ovog rada radi se o proračunu kroz negrijani podrum. Bitno je naglasiti da se u proračunu koeficijenta prolaska topline, U [$W/(m^2 \cdot K)$], kod podova na tlu i krovova u obzir uzimaju samo slojevi koji su sa strane prostorije do sloja hidroizolacije. Iznimno, odredba se ne primjenjuje u slučaju sustava obrnutog krova na toplinsko-izolacijski sloj i na perimetarsku toplinsku izolaciju (vanjska toplinska izolacija dijela zgrade koji je u dodiru s tlom koja ne leži u podzemnoj vodi kada su oni od ekstrudiranog polistirena ili drugog odgovarajućeg vodoneupojnog materijala). [15]

Na slici 22. prikazana je raspodjela završnih podnih podloga u podrumu te ukupna površina pojedinog poda, nakon toga slijede tablice 17. – 21., gdje su prikazani svi slojevi pojedinih podnih konstrukcija.



Slika 22. Raspodjela završnih podnih podloga u podrumu

Tablica 17. PODRUM Pod na tlu E (Glazura)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.19 Cementni estrih	2,000	1,600	50,00	1,00	2000,00
2	2.03 Beton	10,000	2,000	100,00	10,00	2400,00
3	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
5	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	20,000	0,810	3,00	0,60	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						281,48

Tablica 18. PODRUM Pod na tlu D (Asfalt)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Asfalt	2,000	0,700	50000,00	1.000,00	2100,00
2	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
3	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	2.03 Beton	10,000	2,000	100,00	10,00	2400,00
5	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	20,000	0,810	3,00	0,60	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						234,21

Tablica 19. PODRUM Pod na tlu C3 (Teraco)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Cement, pijesak	2,000	1,000	6,00	0,12	1800,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,042	100,00	10,00	30,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						187,56

Tablica 20. PODRUM Pod na tlu B3 (Pločice)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,042	100,00	10,00	30,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenska (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						50,06

Tablica 21. PODRUM Pod na tlu P (Parket)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,042	100,00	10,00	30,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:					64,82	

Na slici 23. prikazana je raspodjela završnih podloga stropnih konstrukcija u prizemlju. Prikazane stropne konstrukcije, u proračunu su tretirane kao površine s negrijanim podrumom cjelokupnom površinom. U tablicama 22., 23. i 24., daje se izračun pokazatelja obzirom na vrstu materijala odnosno strukturu izvedenog stropa.



Slika 23. Raspodjela završnih podloga stropnih konstrukcija u prizemlju

Tablica 22. Strop iznad negrijanog podruma A2 (Parket)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	2.06 Beton s laganim agregatom	5,000	1,350	100,00	5,00	2000,00
3	5.12 Polietilenska folija, preklopljena	0,020	0,190	50000,00	10,00	1000,00
4	2.01 Armirani beton	23,000	2,600	110,00	25,30	2500,00
5	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
6	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	7,000	0,037	60,00	4,20	21,00
7	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
8	3.03 Vapneno-cementna žbuka	3,000	1,000	20,00	0,60	1800,00
Definirana ploština [m ²]:					370,86	

Tablica 23. Strop iznad negrijanog podruma C (Teracco)

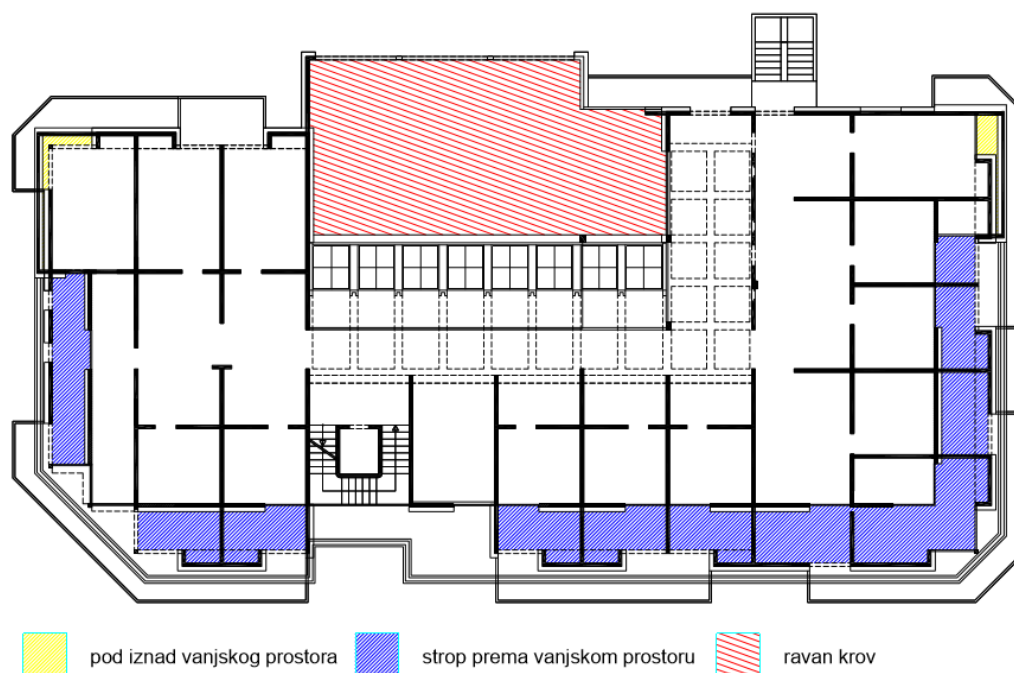
R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.03 Beton	2,000	2,000	100,00	2,00	2400,00
2	3.19 Cementni estrih	3,000	1,600	50,00	1,50	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	2,000	0,042	100,00	2,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
Definirana ploština [m ²]:					269,59	

Tablica 24. Strop iznad negrijanog podruma B2 (Pločice)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
3	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	2,000	0,042	100,00	2,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	5,000	0,042	100,00	5,00	30,00
7	3.12 Toplinsko-izolacijska žbuka	2,000	0,110	20,00	0,40	400,00
Definirana ploština [m ²]:					166,98	

6.2.5.4. Strop prema vanjskom prostoru, ravan i kosi krov

Na slici 24., prikazane su stropne konstrukcije prema vanjskom prostoru (označeno žutom bojom) i ravnog krova (označeno plavom i crvenom bojom). Njihove površine koje su uzete u proračun te slojevi prikazani su sljedećim tablicama: W/m²K



Slika 24. Prikaz stropnih konstrukcija prema vanjskom prostoru i ravnog krova

Tablica 25. Pod prema vanjskom prostoru

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	3.19 Cementni estrih	3,000	1,600	50,00	1,50	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	2,000	0,042	100,00	2,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
Definirana ploština [m ²]:						14,83

Tablica 26. Kosi krov

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	1.01 Puna opeka od gline	1,000	0,810	10,00	0,10	1800,00
2	2.01 Armirani beton	14,000	2,600	110,00	15,40	2500,00
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	8,000	0,037	1,20	0,10	200,00
4	Neprovjetravan sloj zraka	4,000	-	1,00	0,04	-
5	Crijep (krovni) glina	2,000	1,500	100,00	2,00	2100,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	39,97	
				Zapad	29,42	
				Jug	49,52	

Tablica 27. Ravan krov G

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
2	2.03 Beton	7,500	2,000	100,00	7,50	2400,00
3	Bitumenska traka s uloškom od Al folije	0,500	160,000	3000000,00	500,00	1600,00
4	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica)	0,020	0,600	54000,00	10,80	980,00
5	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,042	100,00	10,00	30,00
6	3.19 Cementni estrih	3,500	1,600	50,00	1,75	2000,00
7	Bitumenska ljepjenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
8	Cement, pijesak	2,000	1,000	6,00	0,12	1800,00
9	4.03 Keramičke pločice	4,000	1,300	200,00	8,00	2300,00
Definirana ploština [m ²]:						136,63

Tablica 28. Ravan krov (Balkon) H

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica)	0,020	0,600	54000,00	10,80	980,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,042	100,00	10,00	30,00
5	3.19 Cementni estrih	3,500	1,600	50,00	1,75	2000,00
6	Bitumenska ljepjenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
8	4.03 Keramičke pločice	2,000	1,300	200,00	4,00	2300,00
Definirana ploština [m ²]:						134,43

6.2.5.5. Prozori

Vizualnim pregledom uočeno je kako vanjska stolarija nije ugrađena, stoga smo za potrebe proračuna uzeli vrijednosti zadane glavnim projektom. Prema glavnom projektu ugrađena je drvena stolarija sa izolacijskim staklom koja mora zadovoljiti sljedeće kriterije:

- U pogledu propusnosti vode i zraka, mora zadovoljiti kategoriju „C“ prema JUS.D.E8.193
- U pogledu toplinske izolacije prozor mora zadovoljiti prolaz topline $U=2,9$ W/(m²K)
- Zvučna izolacija prozora mora zadovoljiti II klasu prema JUS.U.J6.201., odnosno izolacijska sposobnost mora biti veća od 20 dB.

Za zaštitu od sunčanog zračenja ugrađene su rolete u prostorijama čija je namjena prvenstveno stanovanje osoba sa invalidnim potrebama.

Ostakljeni kosi krov izvodi se sa čeličnom konstrukcijom koja mora biti izvedena s prekinutim toplinskim mostovima da se zimi spriječi kondenzacija vodene pare na

unutrašnjim metalnim površinama. Ugrađuje se izolacijsko staklo od sigurnosnog stakla debljine 10 mm s unutrašnje strane i refleksijskog stakla s vanjske strane debljine 6 mm sa međuprostorom od 15 mm. Koeficijent prolaza topline izolacijskog stakla ugrađenog u kosu krovnu konstrukciju mora biti manje od $U=1,60 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Za prozore i balkonska vrata proračun se vrši prema HRN EN ISO 10077-1:2002, s tim da se mogu koristiti izmjerene U vrijednosti okvira prema HRN EN 12412-2:2004 i ostakljenja prema HRN EN 674:2005, ili prema tehničkim specifikacijama za proizvode, odnosno mjerenjem prema HRN EN ISO 12567-1:2002.

Za potrebe energetskog certificiranja postojećih zgrada mogu se koristiti i pretpostavljene vrijednosti ugrađenih otvora dane tablicom 29. Navedena tablica je korištena za proračun ovog rada, uz odabrani koeficijent prolaska topline otvora $U=2,1 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

Tablica 29. (HRN U.J5.600; Priručnik za energetsko certificiranje zgrada (UNDP, 2010. god.) Pretpostavljene vrijednosti koeficijenata prolaska ugrađenih otvora ($\text{W/m}^2\text{K}$) [15]

VRSTA OTVORA/ Materijal	OKVIR		Vrsta ostakljenja						
			do 1970. god.		do 1987. god.		do 2006. god.	Od 2006. god.	
PROZORI			1 – struko ostakljenje	2x 1-struko ostakljenje (4 mm), 2 doprozornika d= 30 cm bez brtvljenja.	2-struko obično ostakljenje bez brtvljenja. Razmak međuprostora zraka 6-8 mm; 8-10 mm; 10-16 mm;	3-struko obično ostakljenje bez brtvljenja (4/6-8/4/6-8/4 mm)	2-struko izolacijsko staklo (4/10-16/4 mm) i 2-strukim brtvljenjem	2-struko izolacijsko staklo (4/16/4 mm) s plinovitim punjenjem LowE premazom i 3-strukim brtvljenjem	3-struko izolacijsko staklo (4/16/4/16/4 mm) s plinovitim punjenjem LowE premazom i 3-strukim brtvljenjem
	d (cm)	U ($\text{W/m}^2\text{K}$)	5,7	5,7	3,4	2,3	2,4-2,1	1,1	0,7-0,5
Drveni okvir	5-7	2,9-2,4	5,2	3,6	3,1; 3,0; 2,9	2,6	2,2-2,0	1,6-1,1	1,1
Drveni okvir (krilo na krilo)	7	2,4	-	2,7	-	-	-	-	-
Drvo aluminij s poliuretanom 4,00 cm	11	0,5	-	-	-	-	-	1,3	0,9
Metalni okvir bez prekinutog toplinskog mosta	5	5,9	5,9	3,1	4,0	3,2	-	-	-
Metalni okvir s prekinutim toplinskim mostom	5	3,4	5,9	2,7	3,2	2,6	2,6	1,7	1,4

6.3. Proračunati toplinski gubici i dobici

6.3.1. Izmijenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom

Izmijenjena toplinska energija transmisijom i ventilacijom proračunske zone za promatrani period računa se pomoću koeficijenta toplinske izmjene topline H (W/K) [15]:

$$Q_{Tr} = H_{Tr}(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e)t/1000 \text{ [kWh]}; \quad \text{HRN EN 13790 (16)}$$

$$Q_{Ve} = H_{Ve}(\vartheta_{int,H} - \vartheta_e)t/1000 \text{ [kWh]}; \quad \text{HRN EN 13790 (20)}$$

Gdje su:

Q_{Tr} – izmijenjena toplinska energija transmisijom za proračunsku zonu (kWh),

Q_{Ve} – koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone (W/K),

$\vartheta_{int,H}$ – unutarnja postavna temperatura grijane zone (°C),

ϑ_e – srednja vanjska temperatura za proračunski period (sat ili mjesec) (°C),

t – trajanje proračunskog razdoblja (h),

$\Phi_{m,g}$ – toplinski tok izmjene topline s tlom za proračunski mjesec (W).

Napomena :

- kod mjesečne metode t = ukupan broj sati u mjesecu (tablica 30.)
- kod satne metode $t = 1$ h unutar perioda kada radi sustav grijanja (tablica 31.)

Tablica 30. (HRN EN ISO 13789 Tablica C.4) Koeficijenti e_{wind} i f_{wind} [15]

Koeficijent e_{wind} za klasu zaklonjenosti:	Izloženo više od jedne fasade	Izložena jedna fasada
Nezaklonjene: zgrade na otvorenom, visoke zgrade u gradskim centrima	0.1	0.03
Srednje zaklonjene: zgrade okružene drvećem ili drugim zgradama, predgrađa	0.07	0.02
Jako zaklonjene: zgrade prosječnih visina u gradskim centrima, zgrade u šumama	0.04	0.01
Koeficijent f_{wind}	15	20

Tablica 31. (temeljem DIN V 18599-10 Tablica 4) Vrijeme rada sustava grijanja/hlađenja za nestambene zgrade [15]

Namjena prostora	Period korištenja (h)*	Broj sati rada sustava grijanja/hlađenja**, t_d (h/dan)	Broj dana rada sustava grijanja / hlađenja u tjednu, $d_{use,tj}$ (dan/tj)
Uredske, administrativne i druge poslovne zgrade slične pretežite namjene	07:00 – 18:00	13	5
Školske, fakultetske zgrade, i druge odgojne i obrazovne ustanove	08:00 – 20:00	14	5
Vrtići	07:00 – 18:00	13	5
Knjižnice – prostorije za čitanje	08:00 – 20:00	14	6
Knjižnice – prostorije s policama	08:00 – 20:00	14	6
Bolnice i zgrade za rehabilitaciju	00:00 – 24:00	24	7
Hoteli, moteli i sl.	00:00 – 24:00	24	7
Muzeji	00:00 – 24:00	24	7
Ostale zgrade sa stalnim radom (kolodvori, i sl.)	00:00 – 24:00	24	7
Robne kuće, trgovački centri, trgovine	08:00 – 21:00	15	6
Sportske zgrade	08:00 – 23:00	17	6
Radionice i proizvodne hale	07:00 – 19:00	14	5
Kongresni centri	09:00 – 18:00	11	3
Kazališta i kina	13:00 – 23:00	12	5
Kantine	08:00 – 15:00	9	5
Restorani	10:00 – 00:00	16	6
Kuhinje	10:00 – 23:00	15	6
Serverske sobe, kompjuterski centri	00:00 – 24:00	24	7
Garaže	00:00 – 24:00	24	7
Spremišta opreme, arhive	07:00 – 18:00	13	5
Zgrade koje nisu navedene	07:00 – 19:00	14	5

Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka za zgradu ovog rada dobiveni iz unesenih navedenih parametara su prikazani u tablici 32.

Tablica 32. Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka

Ukupni koeficijenti transmisijских gubitaka	
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema vanjskom okolišu, H_D [W/K]	2477,514
Uprosječeni koeficijent transmisijске izmjene topline prema tlu, $H_{g,avg}$ [W/K]	374,516
Koeficijent transmisijске izmjene topline kroz negrijani prostor, H_U [W/K]	0,000
Koeficijent transmisijске izmjene topline prema susjednoj zgradi, H_A [W/K]	0,000
Ukupni koeficijent transmisijске izmjene topline, H_{Tr} [W/K]	2852,030

6.3.2. Koeficijent transmisijске izmjene topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu

Koeficijent transmisijске izmjene topline od grijanog prostora prema vanjskom okolišu H_D , računa se pomoću površine građevinskih elemenata A_k , koeficijenata prolaska

topline pojedinih građevinskih elemenata U_k (W/(m²K)) (tablica 33.), uzimajući u račun i dodatak za toplinske mostove [15]:

$$H_D = \sum A_k U_k + \sum \psi_l l + \sum \chi_j \quad [\text{W/K}] \quad \text{HRN EN 13789 (2)}$$

Dodatak za toplinske mostove ΔU_{TM} određuje se iz dužine l (m) i toplotnog gubitka u odnosu na dužni metar ψ (tablica 34.), te koeficijenta prolaska topline točkastog toplinskog mosta χ .

Tablica 33. Koeficijenta prolaska topline pojedinih građevinskih elemenata U_k (W/(m²K))

Naziv građevnog dijela	A [m ²]	U [W/m ² K]	U _{max} [W/m ² K]	OK
Vanjski zid - Fasadna opeka	627,45	0,76	0,30	--
POTKROVLJE Zid siporex	120,97	0,31	0,30	--
POTKROVLJE Zid Crveni	25,84	0,32	0,30	--
POTKROVLJE Zid Žuti	76,24	0,44	0,30	--
POTKROVLJE Zid Plavi	10,32	0,46	0,30	--
POTKROVLJE AB	15,94	4,32	0,30	--
1. KAT Zid	5,42	0,44	0,30	--
PODRUM Zid prema tlu Žuti	283,51	4,26	0,40	--
PODRUM Zid prema tlu Zeleni	89,97	0,69	0,40	--
PODRUM Zid prema tlu Plavi	7,28	0,51	0,40	--
PODRUM Pod na tlu E (Glazura)	281,48	3,62	0,40	--
PODRUM Pod na tlu D (Asfalt)	234,21	3,47	0,40	--
PODRUM Pod na tlu C3 (Teraco)	187,56	0,36	0,40	-
PODRUM Pod na tlu B3 (Pločice)	50,06	0,37	0,40	-
PODRUM Pod na tlu P (Parket)	64,82	0,35	0,40	-
Strop prema tavanu	456,09	0,34	0,25	--
Strop iznad negrijanog podruma A2 (Parket)	370,86	0,40	0,40	--
Strop iznad negrijanog podruma C (Teracco)	269,59	1,18	0,40	--
Strop iznad negrijanog podruma A	0,00	0,55	0,40	--
Strop iznad negrijanog podruma B2 (Pločice)	166,98	0,44	0,40	--
Pod prema vanjskom prostoru	14,83	1,13	0,25	--
Kosi krov	118,91	0,42	0,25	--
Ravan krov G	136,63	0,36	0,25	--
Ravan krov (Balkon) H	134,43	0,37	0,25	--

Zgrada koja se grije na temperaturu višu od 12 °C i hladi na temperaturu nižu od 4 °C mora biti projektirana i izgrađena na način da utjecaj toplinskih mostova na godišnju potrebnu toplinu za grijanje i hlađenje bude što manji te da ne dolazi do pojave građevinskih šteta u vidu unutarnje ili vanjske površinske kondenzacije u projektnim uvjetima korištenja prostora zgrade. Da bi se ispunio taj zahtjev, prilikom projektiranja treba primijeniti sve ekonomski prihvatljive mogućnosti u skladu s dostignutim stupnjem razvoja tehnike. [11]

U tablici 35. prikazani su gubici prema vanjskom okolišu za građevne elemente bez prozora i toplinskih mostova. Ukupni gubici prema vanjskom okolišu kroz prozore iznosi $H_D=1.282,18$ (W/K), dok ukupni gubici na toplinskim mostovima iznose $H_D=243,20$ (W/K). Zbrojem tih gubitaka dobiva se ukupni koeficijent transmisijских gubitaka prema vanjskom okolišu u iznosu od $H_D = 2.477,54$ (W/K).

Tablica 34. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)

Detalj	l [m]	$\Psi_{e/oi/i}$ [W/mK]	$\Psi_{e/oi/i} l$ [W/K]
Detalj: R1	19,90	1,00	10,95
Detalj: B1	92,24	1,00	87,63
Detalj: B1	81,00	1,00	76,95
Detalj: GF1	143,36	1,00	93,18
Detalj: C1	510,08	1,00	- 25,50
$\Sigma \Psi_k l_k$			243,20

Tablica 35. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Naziv građevnog dijela	U · A
Vanjski zid - Fasadna opeka	477,101
POTKROVLJE Zid siporex	37,839
POTKROVLJE Zid Crveni	8,216
POTKROVLJE Zid Žuti	33,772
POTKROVLJE Zid Plavi	4,729
POTKROVLJE AB	68,844
1. KAT Zid	2,368
Strop prema tavanu	153,061
Pod prema vanjskom prostoru	16,708
Kosi krov	49,718
Ravan krov G	49,852
Ravan krov (Balkon) H	49,914

6.3.3. Koeficijent prolaska topline za negrijani podrum

Kako bi dobili ukupni koeficijent transmisijске izmjene topline H_{Tr} (W/K), koeficijenti transmisijских gubitaka prema vanjskom okolišu u iznosu od $H_D = 2.477,54$ (w/K) potrebno je pridodati (zbrojiti) i gubitke prema tlu H_U . Kao što su već navedeni, transmisijски gubici topline u zgradi ovog rada se prema tlu odvijaju kroz negrijani podrum. Prema algoritmu za proračun potrebne energiju za grijanje i hlađenje HRN EN 13790 koeficijent prolaska topline za negrijani podrum U izračunava se na sljedeći način [15]:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_{\text{t}} + \frac{A}{\left(\frac{A_{\text{g}} \cdot U_{\text{bf}}}{\text{g}}\right) + \left(\frac{z P U_{\text{bw}}}{\text{bw}}\right) + \left(\frac{h P U_{\text{w}}}{\text{w}}\right) + (0,33 n V)}}$$

Gdje su:

U_f - koeficijenta prolaska topline poda između grijanog prostora i negrijanog podruma ($W/(m^2K)$),

U_w - koeficijent prolaska topline zida zgrade iznad razine tla ($W/(m^2K)$), (vidi poglavlje 3.4 [15]); n – broj izmjena zraka u podrumu, u nedostatku podataka koristi se $n = 0,3 h^{-1}$

V – volumen zraka u podrumu (m^3),

A_g – površina poda (m^2).

Unutarnji periodički koeficijent transmisije izmjene topline H_{pi} (W/K) za negrijani podrum računa se prema sljedećem izrazu [15]:

$$H_{pi} = \left[\frac{1}{A U_f} + \frac{1}{(A_g + zP) \lambda \delta + h P U_w + 0,33 n V} \right]^{-1}$$

Vanjski periodički koeficijent transmisije izmjene topline H_{pe} (W/K) računa se prema sljedećem izrazu:

$$H_{pe} = A U_f \frac{0,37 \cdot P \cdot \lambda \left(2 - e^{-\pi/\delta} \right) \ln(\delta/d_i + 1) + h P U_w + 0,33 n V}{(A_g + zP) \lambda \delta + h P U_w + 0,33 n V + A U_f}$$

Nakon provedenog proračuna dobivamo rezultat $H_{g,avg}$ (W/K) za izmjenu topline prema tlu, koji iznosi $H_{g,avg} = 374,156 W/K$. Te u konačnici dobivamo ukupni koeficijent transmisije izmjene topline, $H_{Tr} = 2.852,03 W/K$, kod uključivanja grijanja pri temperaturi manjoj od $15 ^\circ C$. Cijela jednadžba i iznos prikazani su u tablici 36.

Tablica 36. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade

Koeficijent transmisijskih gubitaka HT dobiven prema HRN EN ISO 13790	
$H_{Tr} = H_D + H_{g,avg} + H_U + H_A$	
H_D - Koeficijent transmisije izmjene topline prema vanjskom okolišu $H_{g,avg}$ - Uprosječni koeficijent transmisije izmjene topline prema tlu H_U - Koeficijent transmisije izmjene topline prema negrijanom prostoru H_A - Koeficijent transmisije izmjene topline prema susjednoj zgradi	
H_{Tr} - Koeficijent transmisije izmjene topline	2852,030 [W/K]

6.3.4. Broj izmjena zraka uslijed infiltracije ako nema mehaničke ventilacije ili je mehanička ventilacija balansirana

Prema algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prema HRN EN računa se kao [15]:

$$n_{inf} = e_{wind} n_{50} [h^{-1}] \quad \text{DIN V 18599-2 (59)}$$

n_{50} - broj izmjena zraka pri narinutoj razlici tlaka od 50 Pa (h^{-1}), mjerena vrijednost ili tablica 37.

e_{wind} , f_{wind} - faktori zaštićenosti zgrade od vjetra (-), tablica 38.

Tablica 37. (DIN V 18599-2) Proračunske vrijednosti n_{50} za netestirane zgrade [15]

Kategorije za općenito određivanje zrakopropusnosti zgrade	Proračunske vrijednosti za n_{50} [h^{-1}]
I	a) 2 ; b) 1
II	4
III	6
IV	10

Kategorija I:

Zgrade kojih se testiranje zrakopropusnosti izvodi nakon završetka zgrade

- zgrade bez HVAC sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 3 h^{-1}$)
- zgrade sa HVAC sustava (zahtjev zrakopropusnosti: $n_{50} \leq 1.5 h^{-1}$)

Kategorija II:

Zgrade, ili dijelovi zgrada koje će tek biti završene, za koje se ne planiraju raditi testiranja zrakopropusnosti

Kategorija III:

Zgrade koje ne spadaju u kategorije I, II ni IV

Kategorija IV:

Zgrade s očitim otvorima kroz koje slobodno ulazi zrak, kao što su pukotine u ovojnici zgrade.

Tablica 38. (HRN EN ISO 13789 Tablica C.4) Koeficijenti e_{wind} i f_{wind} [15]

Koeficijent e_{wind} za klasu zaklonjenosti:	Izloženo više od jedne fasade	Izložena jedna fasada
Nezaklonjene: zgrade na otvorenom, visoke zgrade u gradskim centrima	0.1	0.03
Srednje zaklonjene: zgrade okružene drvećem ili drugim zgradama, predgrađa	0.07	0.02
Jako zaklonjene: zgrade prosječnih visina u gradskim centrima, zgrade u šumama	0.04	0.01
Koeficijent f_{wind}	15	20

6.4. Ukupni gubici topline

Na temelju definiranih parametara navedenih u prijašnjim poglavljima u sljedećim tablicama daju se podaci o gubitcima nastalim provjetravanjem koji se sastoje od: proračuna protoka zraka (tablica 39.), infiltracije (tablica 40.) ,mehaničke ventilacije (tablica 41.), i prozračivanja (tablica 42.). Dok su ukupni godišnji gubici topline prikazani u tablici 43.

Tablica 39. Proračun protoka zraka

Proračun protoka zraka	
Referentna površina zone	$A = 1938,42 \text{ [m}^2\text{]}$
Neto volumen zone	$V = 7851,45 \text{ [m}^3\text{]}$
Broj izmjena zraka pri nametnutoj razlici tlaka od 50 Pa	$n_{50} = 4,00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Površina kanala	$A_{duct} = 0,50 \text{ [m}^2\text{]}$
Površina kanala smještenih unutar zone	$A_{indoorduct} = 0,50 \text{ [m}^2\text{]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$e_{wind} = 0,07 \text{ [-]}$
Faktor zaštićenosti zgrade od vjetra	$f_{wind} = 15,00 \text{ [-]}$
Dnevno vrijeme korištenja zone	$t_{kor} = 24,00 \text{ [h]}$
Dnevni broj sati rada sustava mehaničke ventilacije	$t_{v,mech} = 24,00 \text{ [h]}$
Minimalno potrebni volumni protok vanjskog zraka po jedinici površine	$V_A = 4,00 \text{ [m}^3\text{]/(hm}^2\text{)}}$
Minimalno potreban broj izmjena vanjskog zraka	$n_{req} = 0,99 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

Tablica 40. Infiltracija

Infiltracija	
Faktor korekcije zbog mehaničke ventilacije	$f_{v,mech} = -0,95 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka uslijed infiltracije - u danu uprosječni	$n_{inf} = 0,01 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

Tablica 41. Mehanička ventilacija

Mehanička ventilacija	
Minimalno potrebni volumni protok zraka	$V_{req} = 7753,68 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Faktor propuštanja razvodnih kanala	$C_{ductleak} = 1,15 \text{ [-]}$
Faktor propuštanja jedinice za obradu zraka	$C_{AHUleak} = 1,06 \text{ [-]}$
Koeficijent propuštanja u zonu	$C_{indoorleak} = 1,22 \text{ [-]}$
Koeficijent propuštanja izvan zone	$C_{outdoorleak} = 1,00$
Ukupni koeficijent propuštanja	$C_{leak} = 1,22 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka dovedenog meh. ventilacijom	$n_{mech,sup} = 1,20 \text{ [-]}$
Broj izmjena zraka dovedenog meh. ventilacijom - u danu uprosječni	$n_{mech,sup} = 1,20 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Ukupni protok zraka koji propuštaju kanali	$V_{duct,leak} = 1163,05 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Ukupni protok zraka koji propušta jedinica za obradu zraka	$V_{AHU,leak} = 465,22$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{mech,sup} = 9451,74 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom uprosječen po danu (za mjesečnu metodu)	$V_{mech,sup} = 9451,74 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Volumni protok zraka odvedenog meh. ventilacijom u vremenu rada meh. ventilacije (za satnu metodu)	$V_{mech,ext} = 333,45 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Volumni protok zraka dovedenog meh. ventilacijom uprosječen po danu (za mjesečnu metodu)	$V_{mech,ext} = 333,45 \text{ [m}^3/\text{h]}$
Najveći volumni protok recirkulacije	$V_{mech,rec} = 0,00 \text{ [m}^3/\text{h]}$

Tablica 42. Prozračivanje

Prozračivanje	
Korekcija uslijed infiltracije	$\Delta n_{win} = 0,88 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Korekcija izmjena zraka uslijed mehaničke ventilacije	$\Delta n_{win,mech} = 0,00 \text{ [h}^{-1}\text{]}$
Broj izmjena zraka uslijed prozračivanja - u danu uprosječni	$n_{win} = 0,10 \text{ [h}^{-1}\text{]}$

Tablica 43. Godišnji gubici topline

	Toplinski gubici [MJ]	Toplinski gubici [kWh]
Godišnje	1894071,63	526131,01

6.5. Ukupni toplinski dobici za proračunski period

$$Q_{H,g} = Q_{int} + Q_{sol} \text{ [kWh]} \text{ [15]}$$

6.5.1. Unutarnji toplinski dobici

Unutarnji toplinski dobici Q_{int} od ljudi i uređaja računaju se s vrijednošću $Q_{int} = 5 \text{ W/m}^2$ ploštine korisne površine za stambene prostore, a $Q_{int} = 6 \text{ W/m}^2$ za nestambene prostore [15]:

$$Q_{int} = \frac{q_{spec} \cdot A_k \cdot t}{1000} \text{ [kWh]}$$

Gdje su:

q_{spec} – specifični unutarnji dobitak po m^2 korisne površine, 5 W/m^2 ili 6 W/m^2 ;

A_K – korisna površina (m^2);

t - proračunsko vrijeme (h) (tablica 44.).

Tablica 44. Broj dana i sati u mjesecu [15]

Mjesec	Broj dana	Vrijeme, h
I	31	744
II	28	672
III	31	744
IV	30	720
V	31	744
VI	30	720
VII	31	744
VIII	31	744
IX	30	720
X	31	744
XI	30	720
XII	31	744
Godina	365	8760

6.5.2. Toplinski dobici od Sunčeva zračenja Q_{sol}

Solarni toplinski dobici za vremenski period t (h) [15]:

$$Q_{sol} = \sum_k Q_{sol,k} + \sum_l (1 - b_{tr,l}) Q_{sol,u,l} [kWh]$$

Gdje su:

$Q_{sol,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz k -ti građevni dio u grijani prostor (kWh);

$Q_{sol,u,l}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz l -ti građevni dio u susjedni negrijani prostor (kWh);

$b_{tr,l}$ – faktor smanjenja za susjedni negrijani prostor s unutarnjim toplinskim izvorom l prema HRN EN ISO 13789 (-).

Kod prozračnih površina uzima se u proračun mjera zasjenjenja od unutarnjeg pomičnog zasjenjenja (F_c):

Srednja dozračena energija sunčevog zračenja kroz građevni dio zgrade k [15]:

$$Q_{sol,k} = \frac{F_{sh,ob} S_{S,k} A_{sol,k}}{3,6} - \frac{F_{r,k} \Phi_{r,k} t}{1000} [kWh]$$

Gdje su:

$F_{sh,ob}$ – faktor zasjenjena od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja;

$S_{S,k}$ – srednja dozračena energija sunčevog zračenja na površinu građevnog dijela k za promatrani period (MJ/m^2), za mjesečni proračun podaci su dani u algoritmu [15];

$A_{sol,k}$ – efektivna površina građevnog elementa (otvora, zida) k na koju upada sunčevo zračenje (m^2);

$F_{r,k}$ – faktor oblika između otvora k i neba (za nezasjenjeni vodoravni krov $F_{r,k} = 1$, za nezasjenjeni okomiti zid $F_{r,k}=0,5$);

$\Phi_{r,k}$ – toplinski tok zračenjem od površine otvora k prema nebu (W);

t - proračunsko vrijeme (h) (Tablica 44.).

$A_{sol,k}$ – efektivna površina otvora k (prozirnog elementa) na koju upada sunčevo zračenje (m^2):

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{pr} [m^2]$$

$$g_{gl} = F_W \cdot g_{\perp} [-]$$

Gdje su:

$F_{sh,gl}$ – faktor smanjenja zbog sjene od pomičnog zasjenjenja;

g_{gl} – ukupna propusnost Sunčeva zračenja kroz prozirne elemente kada pomično zasjenjenje nije uključeno;

$g_{\perp}$ – stupanj propuštanja ukupnog zračenja okomito na ostakljenje kada pomično nije uključeno (tablica 45.);

$F_W = 0,9$ – faktor smanjenja zbog ne okomitog upada sunčevog zračenja;

F_F – udio ploštine prozorskog okvira u ukupnoj površini prozora (0,2 - 0,3);

A_{pr} – ukupna površina prozora (m^2).

Tablica 45. (Prema tehničkom propisu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama) Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, g (-), za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja [15]

R.br.	Tip ostakljenja	$g_{\perp}$ [-]
1.	Jednostruko staklo (bezbojno, ravno float staklo)	0,87
2.	Dvostruko izolirajuće staklo (s jednim međuslojem stakla)	0,80
3.	Trostruko izolirajuće staklo (s dva međusloja stakla)	0,70
4.	Dvostruko izolirajuće staklo s jednim staklom niske emisije (Low-E obloga)	0,60
5.	Trostruko izolirajuće staklo s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge)	0,50
6.	Dvostruko izolirajuće staklo sa staklom za zaštitu od sunčeva zračenja	0,50
7.	Staklena opeka	0,60

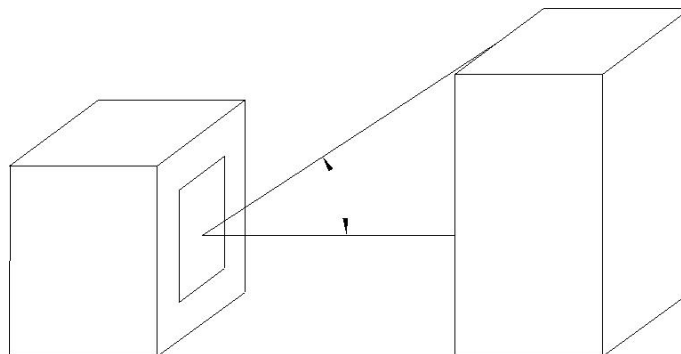
6.5.3. Faktori zasjenjenja $F_{sh,ob}$ od vanjskih prepreka direktnom upadu sunčevog zračenja

$$F_{sh,ob} = F_{hor} \cdot F_{ov} \cdot F_{fi} [-] [15]$$

F_{hor} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena u ovisnosti o orijentaciji plohe, kuta horizonta i zemljopisnoj širini (tablica 45., slika 25.);

F_{ov} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora u ovisnosti o orijentaciji plohe, kutu gornjeg zasjenjenja α , zemljopisnoj širini (tablica 47., slika 26.);

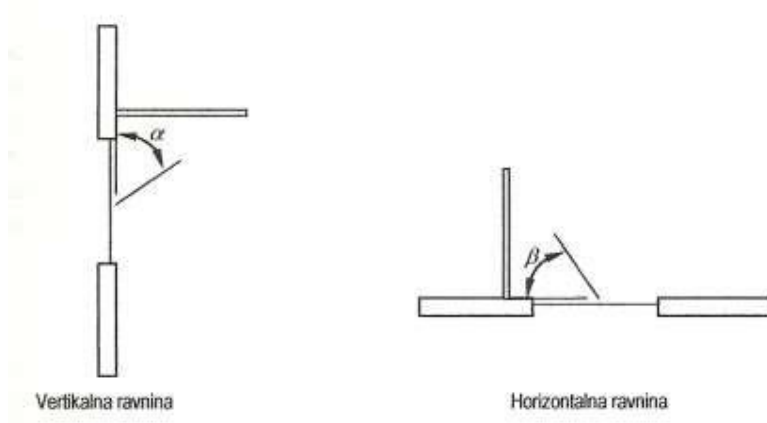
F_{fi} – parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora u ovisnosti o orijentaciji plohe, kutu bočnog prozorskog zasjenjenja β , zemljopisnoj širini (tablica 48, slika 26.)



Slika 25. Kut zaklonjenosti zgrade [15]

Tablica 46. (HRN EN Tablica G5) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena F_{hor} [15]

Kut horizonta	45° S zem. širine		
	J	I / Z	S
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,97	0,95	1,00
20°	0,85	0,82	0,98
30°	0,62	0,70	0,94
40°	0,46	0,61	0,90



Slika 26. Prozorsko zasjenjenje: a) vertikalna ravnina, b) horizontalna ravnina [15]

Tablica 47. (HRN EN Tablica G6) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora F_{ov} [15]

Kut gornjeg prozorskog sjenila α	45° S zem. širine		
	J	I / Z	S
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,90	0,89	0,91
45°	0,74	0,76	0,80
60°	0,50	0,58	0,66

Tablica 48. (HRN EN Tablica G7) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora F_{fin} [15]

Kut bočnog prozorskog sjenila β	45° S zem. širine		
	J	I / Z	S
0°	1,00	1,00	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

$A_{sol,c}$ – efektivna površina neprozirnog građevnog elementa (zida) na koju upada sunčevo zračenje (m_2)

$$A_{sol,c} = \alpha_{s,c} R_{se} U_c A_c \text{ [m}^2\text{]}$$

$\alpha_{s,c}$ – bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent zida/krova (-), tablica 49.

R_{se} – plošni toplinski otpor vanjske površine zida/krova, $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\text{K)/W}$, (Tablica 3.2 iz [15]);

U_c - koeficijent prolaska topline zida/krova prema ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$), (vidi poglavlje 3.4 u [15]);

A_c – projicirana površina zida (m^2).

Tablica 49. (DIN V 18599-2 Tablica 6.) Bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent različitih površina [15]

Površina	$\alpha_{s,c}$ [-]
Zidovi	
- svijetle boje	0,4
- zamućene boje	0,6
- tamne boje	0,8
Krovovi	
- crijep	0,6
- tamne površine	0,8
- metal visokog sjaja	0,2
- šindra	0,6

Toplinski tok zračenja k -tog građevnog elementa prema nebu (W) [15]:

$$\Phi_{r,k} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\vartheta_{er} \text{ [W]}$$

h_r – vanjski koeficijent prijelaza topline zračenjem ($\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$);

$h_r \approx 5\varepsilon \text{ (W}/(\text{m}^2\text{K}))$, koeficijent emisivnosti zida $\varepsilon \approx 0,9$, prema HRN EN 13790 pog. 11.4.6;

$\Delta\vartheta_{er}$ – prosječna temperaturna razlika vanjske temperature zraka i temperature neba (K), $\Delta\vartheta_{er} \approx 10^\circ\text{C}$, prema HRN EN pog. 11.4.6.

6.5.4. Rezultati proračuna toplinskih dobitaka

Dom za osobe sa invaliditetom na istočnoj se strani zasjenjen sa poslovnom zgradom dok je na južnoj strani zasjenjen sa stambenom zgradom kao što je prikazano sa situaciji, slika 2. Solarni dobici topline se računaju za definirane otvore i građevne dijelove u projektu, uz napomenu da u proračunu solarnih dobitaka, utjecaj definiranih zaslona se uzima u obzir za

mjeseci: svibanj, lipanj, srpanj, kolovoz, rujan. Ukupni toplinski dobici prikazani su u sljedećim tablicama:

Tablica 50. Solarni toplinski dobici

Solarni toplinski dobici [MJ]												
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$Q_{sol,k}$	21556	32978	65694	86413	93201	97472	102842	86874	69197	54402	25472	15285
$Q_{sol,u,l}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_{sol}	21556	32978	65694	86413	93201	97472	102842	86874	69197	54402	25472	15285

Tablica 51. Mjesečni unutarnji dobici

Mj.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q_{int}	8.653,11	7.815,71	8.653,11	8.373,98	8.653,11	8.373,98	8.653,11	8.653,11	8.373,98	8.653,11	8.373,98	8.653,11

Tablica 52. Ukupni toplinski dobici

Ukupni dobici topline	
Unutarnji dobici topline	$Q_{int} = 101.883,36$ [kWh]
Solarni dobici topline	$Q_{sol} = 751.386,29$ [MJ]
Ostali dobici topline	$Q' = 0,00$ [MJ]

Tablica 53. Mjesečni dobici topline

Mjesec	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Siječanj	52706,90	14640,81
Veljača	61114,68	16976,30
Ožujak	96845,39	26901,50
Travanj	116559,48	32377,63
Svibanj	124352,41	34542,34
Lipanj	127618,79	35449,66
Srpanj	133992,96	37220,27
Kolovoz	118025,34	32784,82
Rujan	99343,35	27595,37
Listopad	85553,09	23764,75
Studen	55617,89	15449,41
Prosinac	46436,10	12898,92

Tablica 54. Godišnji dobici topline

	Toplinski dobici [MJ]	Toplinski dobici [kWh]
Godišnje	1118166,38	310601,77

6.6. Potrebne energije za grijanje

Na temelju izračunate plošne mase zgrade $m' = 454,00$ [kg/m²], određuje se klasa zgrade kao što je prikazano u tablici 55.

Tablica 55. (HRN EN Tablica 12.) Proračun efektivnog toplinskog kapaciteta grijanog dijela zgrade kao funkcija plošne mase građevnog dijela (vanjske ovojnice) [15]

Klasa zgrade	C_m kJ/K	Plošna masa kg/m ²
Vrlo lagana	$80 \times A_f$	$m' \leq 100$
Lagana	$110 \times A_f$	$250 \geq m' \geq 100$
Srednje teška	$165 \times A_f$	$400 \geq m' \geq 250$
Teška	$260 \times A_f$	$550 \geq m' \geq 400$
Masivna gradnja	$370 \times A_f$	$m' \geq 550$

Za koje vrijedi sljedeće:

Vrlo lagana - Vanjska ovojnica - lagane montažne i polumontažne konstrukcije od drveta ili metala s ispunom od toplinsko-izolacijskih materijala i tankim završnim oblogama, ili toplinskim panelima kao završnom oblogom. Unutarnji zidovi izvedeni kao suhomontažni, od porobetona, šuplje ili pune opeke debljine do 15,00 cm.

Lagana - Zgrada izvedena pretežno od laganih građevnih materijala – vanjska ovojnica od porobetona (plino ili pjenobetona), šuplje opeke od gline gustoće $\leq 900 \text{ kg/m}^3$, te laganih pregradnih zidova (suhomontažni, od porobetona, opeke debljine do 15,00 cm i sl.).

Srednje teška - Zgrada izvedena pretežno od šuplje opeke od gline gustoće $>900 \text{ kg/m}^3$ i s udjelom armirano-betonskih dijelova do 15% ukupne ploštine vanjskih zidova, zgrada s vanjskim zidovima od pune opeke od gline, te s laganim ili masivnim pregradnim zidovima.

Teška - Zgrada izvedena od šuplje ili pune opeke od gline gustoće $>900 \text{ kg/m}^3$ i debljine $> 20,00 \text{ cm}$ i s udjelom armirano-betonskih dijelova više od 15% ukupne ploštine vanjskih zidova, zgrada sa zidovima od šupljih blokova od betona, te masivnim unutarnjim pregradnim zidovima.

Masivna gradnja - Zgrada od vanjskih armirano-betonskih zidova debljine $\geq 20,00 \text{ cm}$, te masivnim unutarnjim pregradnim zidovima. Uz ukupne dobitke topline prikazane u tablici 52. potrebna energija za grijanje za „Bolnice i zgrade za rehabilitaciju“ za omjer sati u tjednu sa definiranom internom temperaturom $f_{H,hr} = 1,0$ iznosi $Q_{H,nd} = 338.088 \text{ kWh}$. U tablici 56. Prikazane su mjesečne potrebe energije za grijanje. Godišnja potrebna primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade za stvarne klimatske podatke iznosi $E_{prim}=143,71 \text{ [kWh/m}^2\text{a]}$, a godišnja potrebna toplinska energija za grijanje po jedinici

ploštine korisne površine zgrade, za stvarne klimatske podatke iznosi $Q_{H,nd} = 174,41$ [kWh/m²a], prema kriterijima danim tehničkim propisima za rekonstrukciju nestambene zgrade, kao što je navedeno u poglavlju 3., uvjeti za godišnju potrebnu energiju nisu zadovoljeni.

Tablica 56. Potrebna energija za grijanje

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,gn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,gn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	40.344	51.386	91.730	5.988	8.653	14.641	0,16	0,999	1,00	31,00	77.110
Veljača	32.719	41.491	74.210	9.161	7.816	16.976	0,23	0,995	1,00	28,00	57.310
Ožujak	28.379	35.555	63.934	18.248	8.653	26.902	0,42	0,971	1,00	31,00	37.809
Travanj	18.731	22.855	41.586	24.004	8.374	32.378	0,78	0,863	1,00	30,00	13.647
Svibanj	10.136	11.419	21.555	25.889	8.653	34.542	1,60	0,573	1,00	4,00	230
Lipanj	3.545	2.763	6.308	27.076	8.374	35.450	5,62	0,178	1,00	0,00	0
Srpanj	132	- 1.817	- 1.684	28.567	8.653	37.220	- 22,10	- 0,045	1,00	0,00	0
Kolovoz	917	- 779	138	24.132	8.653	32.785	237,02	0,004	1,00	0,00	0
Rujan	10.569	12.055	22.624	19.221	8.374	27.595	1,22	0,695	1,00	15,00	1.728
Listopad	20.336	24.914	45.251	15.112	8.653	23.765	0,53	0,947	1,00	31,00	22.750
Studen	28.982	36.417	65.399	7.075	8.374	15.449	0,24	0,995	1,00	30,00	50.027
Prosinac	39.756	50.607	90.363	4.246	8.653	12.899	0,14	0,999	1,00	31,00	77.477
UKUPNO											338088

6.7. Potrebna energija za hlađenje

Proračun potrebne energije za hlađenje je proveden metodom proračuna po mjesecima, dok se točniji rezultati dobivaju pomoću satnih podataka koji trenutno nisu dostupni.

Tablica 57. Potrebna energija za hlađenje

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,qn}$ [kWh]	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}$ [kWh]
MJESEČNO										
Siječanj	40.344	0	40.344	5.988	8.653	14.641	0,36	0,356	0,87	240
Veljača	32.719	0	32.719	9.161	7.816	16.976	0,52	0,492	0,82	716
Ožujak	28.379	0	28.379	18.248	8.653	26.902	0,95	0,756	0,71	3.869
Travanj	18.731	0	18.731	24.004	8.374	32.378	1,73	0,932	0,71	10.598
Svibanj	10.136	0	10.136	25.889	8.653	34.542	3,41	0,990	0,71	17.399
Lipanj	3.545	0	3.545	27.076	8.374	35.450	10,00	1,000	0,71	22.653
Srpanj	132	0	132	28.567	8.653	37.220	281,40	1,000	0,71	26.332
Kolovoz	917	0	917	24.132	8.653	32.785	35,76	1,000	0,71	22.626
Rujan	10.569	0	10.569	19.221	8.374	27.595	2,61	0,978	0,71	12.254
Listopad	20.336	0	20.336	15.112	8.653	23.765	1,17	0,833	0,71	4.840
Studen	28.982	0	28.982	7.075	8.374	15.449	0,53	0,504	0,81	696
Prosinac	39.756	0	39.756	4.246	8.653	12.899	0,32	0,320	0,89	153
UKUPNO										122377

Temperatura unutar zgrade tijekom sezone hlađenja za „Bolnice i rehabilitacijske zgrade“ iznosi $\theta_{int,set,C} = 22,00$ [°C], dok je omjer dana u tjednu definiran internom temperaturom $f_{C,day} = 0,71$. Ukupna potrebna energija za hlađenje iznosi $Q_{C,nd} = 122.377$ kWh. U tablici 57. prikazana je mjesečna potrebna energija za hlađenje. Dok godišnja primarna energija za hlađenje prikazana u tablici 58.

Tablica 58. Godišnja primarna energija za hlađenje

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Potrebna energija za hlađenje ($Q_{C,nd}$)		122376,70	kWh/a
Odabrana vrsta struje		Iz akumulacijskih sustava	
Faktor primarne energije (e_p)		2,00	
Primarna energija za hlađenje (E_{prim})	$E_{prim} = Q_{C,nd} \cdot e_p$	244753,30	kWh/a

6.8. Potrebna energija za zagrijavanje vode

Potrebna energija za zagrijavanje vode za zdravstvene ustanove sa smještajem i praonicom rublja uz pretpostavku određenog broja i kvadrature soba tj. da se u zgradi nalazi 78 kreveta, u sezoni će grijanje iznositi $Q_{W,q} = 9732,87$ [kWh], a izvan sezone grijanje iznosi $Q_{W,nq} = 5645,91$ [kWh], vidi tablicu 59.

Tablica 59. Potrebna energija za zagrijavanje vode

Potrebni podaci	
Broj dana sezone grijanja - d_q	231,00 dan
Broj dana izvan sezone grijanja - d_{nq}	134,00 dan
Temperatura potrošne tople vode - $\theta_{W,del}$	60,00 °C
Temperatura svježe vode - $\theta_{W,0}$	13,50 °C
Tip zgrade: Zdravstvene ustanove	
Dnevna potrošnja vode po jedinici - $V_{W,f,day}$	10,00 l/jedinica/dan
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (u sezoni grijanja) - $Q_{W,q}$	9732,87 kWh
Potrebna toplinska energija za pripremu PTV (izvan sezone grijanja) - $Q_{W,nq}$	5645,91 kWh
Potrebna godišnja toplinska energija za pripremu PTV - Q_W	15378,78 kWh

6.9. Proračun potrošnje i cijene energenata

Rezultati proračuna potrošnje i cijene energenata temeljem godišnje potrebne topline za grijanje, za daljinski izvor kao odabrani energent. Cijena grijanja za područje grada Zagreba iznosi 0,12 [kn/kWh] [16] (HEP-Toplinarstvo d.o.o.). Napomena, u ukupnu cijenu za grijanje koja je prikazana u tablici 60., nije uračunata mjesečna naknada i PDV.

Tablica 60. Rezultati proračuna potrošnje i cijene energenata temeljem godišnje potrebne topline za grijanje.

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Korisna toplina za grijanje ($Q_{H,nd}$)		338088,10	kWh/a
Konačna toplina za grijanje ($Q_{H,del}$)	$Q_{H,del} = Q_{H,nd} / \eta$	439075,40	kWh
Odabrani energent		Javne toplane - Zagreb	kWh
Iskoristivost energenta (η)		77,00	%
Ogrijevna vrijednost (Ov)		1,00	kWh/kWh
Godišnja potrošnja energenta (Pe)	$Pe = Q_{H,del} / Ov$	439075,40	kWh
Cijena energenta (C)		0,12	kn/kWh
Ukupna cijena za grijanje (Uc)	$Uc = Pe \cdot C$	52689,05	kn

6.10. Proračun godišnje emisije CO_2

Rezultati proračuna godišnje emisije CO_2 na temelju prije navedenih uvjeta korištenja energenata.

Tablica 61. Rezultati proračuna godišnje emisije CO_2

Parametri proračuna	Formule	Vrijednosti	Jedinice
Konačna toplina za grijanje ($Q_{H,del}$)		439075,40	kWh
Emisija CO_2 po jedinici topline (E)		0,346	kg/kWh
Godišnja emisija CO_2 (Ge)	$Ge = Pe \cdot E$	151823,50	kg

7. PRIJEDLOG TEHNIČKI OPRAVDANIH MJERA ZA POBOLJŠANJE ENERGETSKIH SVOJSTAVA ZGRADE DO RAZINE ZGRADE GOTOVO NULTE ENERGIJE

Kao što smo već naveli u poglavlju 3. prema tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, čl.17., stavak 2., i članak 20., stavak 3., kaže: da dopuštena vrijednost za nestambene zgrade, po kategoriji se u ovom slučaju radi o „Ostalim nestambenim zgradama“ za postojeće zgrade grijane i/ili hlađene na temperaturu 18 °C ili višu prilikom rekonstrukcije godišnja toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q_{H,nd} [kWh/(m^2 \cdot a)]$, ovisno o faktoru oblika zgrade, f_0 , nije veća od vrijednosti [11]:

$$\begin{aligned} & - \text{za } f_0 \leq 0,20 & Q_{H,nd} &= 50,63 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) \\ & - \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 & Q_{H,nd} &= (40,49 + 50,73 \cdot f_0) \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) \\ & - \text{za } f_0 \geq 1,05 & Q_{H,nd} &= 93,75 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a) \end{aligned}$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest ≤ 3 °C.

I godišnja primarna energija koja uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu za nije veća od vrijednosti:

$E_{prim} = 180 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$ kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest ≤ 3 °C prema podacima iz Priloga »B«[11].

7.1. Predložene mjere za poboljšanje energetskih svojstava

Svi ulazni parametri za vanjsku ovojnicu ostaju jednaki kao kod proračuna za projektirano stanje zgrade, predloženi novi slojevi projektirani će se tako da zadovoljavaju tehničke propise za maksimalni koeficijent prolaska topline $U [W/m^2K]$. Vanjska stolarija će biti od PVC-a sa trostrukim izolirajućim staklom s dva stakla niske emisije (dvije Low-E obloge). Mehanička ventilacija koja će se ugraditi služiti će za dovod i odvod zraka s rekuperacijom topline te priprema zraka grijanjem i hlađenjem.

Predložene mjere za poboljšanje vanjske ovojnice dane su kroz sljedeći niz tablica:

Tablica 62. Vanjski zid - Fasadna opeka

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
4	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
5	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	196,98	
				Sjever	137,66	
				Zapad	151,73	
				Jug	141,08	

Tablica 63. POTKROVLJE Zid siporex

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.25 Porobeton	15,000	0,160	7,00	1,05	500,00
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
4	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
5	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	23,07	
				Zapad	72,71	
				Jug	25,19	

Tablica 64. POTKROVLJE Zid Crveni

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	2.25 Porobeton	15,000	0,160	7,00	1,05	500,00
3	Bitumenska ljepjenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW)	15,000	0,032	1,00	0,15	10,00
7	Crijep (krovni) glina	2,000	1,500	100,00	2,00	2100,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	11,74	
				Sjever	9,03	
				Jug	5,07	

Tablica 65. POTKROVLJE Zid Žuti

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
3	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
4	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	42,78	
				Sjever	9,82	
				Zapad	8,01	
				Jug	15,63	

Tablica 66. POTKROVLJE Zid Plavi

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
3	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
4	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
5	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
6	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Istok	10,32	

Tablica 67. POTKROVLJE AB

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
3	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
4	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	7,97	
				Jug	7,97	

Tablica 68. 1. KAT Zid

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	1.01 Puna opeka od gline	12,000	0,810	10,00	1,20	1800,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	8,000	0,042	100,00	8,00	30,00
4	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
5	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
6	3.15 Polimerna žbuka	0,200	0,700	150,00	0,30	1100,00
7	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirane ploštine [m ²]:				Zapad	5,42	

Tablica 69. PODRUM Zid prema tlu Žuti

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
2	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10,000	0,033	80,00	8,00	25,00
Definirana ploština [m ²]:				283,51		

Tablica 70. PODRUM Zid prema tlu Zeleni

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	10,000	0,033	80,00	8,00	25,00
4	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
Definirana ploština [m ²]:				89,97		

Tablica 71. PODRUM Zid prema tlu Plavi

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	2,000	1,000	20,00	0,40	1800,00
2	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	7,000	0,042	100,00	7,00	30,00
4	7.08 Drvena vuna (WW), debljina ploča od 15mm do 25mm	0,250	0,150	4,00	0,01	550,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	7.03 Ekstrudirana polistir. pjena (XPS)	8,000	0,033	80,00	6,40	25,00
7	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
Definirana ploština [m ²]:						7,28

Tablica 72. PODRUM Pod na tlu E (Glazura)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
2	5.12 Polietilenska folija, preklopljena	0,020	0,190	50000,00	10,00	1000,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,037	60,00	6,00	21,00
4	2.03 Beton	10,000	2,000	100,00	10,00	2400,00
5	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
6	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
7	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	20,000	0,810	3,00	0,60	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						281,48

Tablica 73. PODRUM Pod na tlu D (Asfalt)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Asfalt	2,000	0,700	50000,00	1.000,00	2100,00
2	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
3	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
4	2.03 Beton	10,000	2,000	100,00	10,00	2400,00
5	6.04 Pijesak, šljunak, tucanik (drobljenac)	20,000	0,810	3,00	0,60	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						234,21

Tablica 74. PODRUM Pod na tlu C3 (Teraco)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	Cement, pijesak	2,000	1,000	6,00	0,12	1800,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,037	60,00	6,00	21,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						187,56

Tablica 75. PODRUM Pod na tlu B3 (Pločice)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,037	60,00	6,00	21,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						50,06

Tablica 76. PODRUM Pod na tlu P (Parket)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	10,000	0,037	60,00	6,00	21,00
5	2.04 Beton	15,000	1,650	80,00	12,00	2200,00
6	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	2.04 Beton	8,000	1,650	80,00	6,40	2200,00
8	Pijesak i šljunak	20,000	2,000	50,00	10,00	1700,00
Definirana ploština [m ²]:						64,82

Tablica 77. Strop prema tavanu

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	14,000	2,600	110,00	15,40	2500,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	20,000	0,037	60,00	12,00	21,00
4	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica)	0,020	0,600	54000,00	10,80	980,00
5	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
Definirana ploština [m ²]:						456,09

Tablica 78. Strop iznad negrijanog podruma A2 (Parket)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	3.19 Cementni estrih	5,000	1,600	50,00	2,50	2000,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,037	60,00	2,40	21,00
4	5.12 Polietilenska folija, preklopljena	0,020	0,190	50000,00	10,00	1000,00
5	2.01 Armirani beton	23,000	2,600	110,00	25,30	2500,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW)	10,000	0,032	1,00	0,10	10,00
7	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
8	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirana ploština [m ²]:						370,86

Tablica 79. Strop iznad negrijanog podruma C (Teracco)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.03 Beton	2,000	2,000	100,00	2,00	2400,00
2	3.19 Cementni estrih	3,000	1,600	50,00	1,50	2000,00
3	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,037	60,00	2,40	21,00
4	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW)	10,000	0,032	1,00	0,10	10,00
7	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
8	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirana ploština [m ²]:						269,59

Tablica 80. Strop iznad negrijanog podruma B2 (Pločice)

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.03 Keramičke pločice	1,000	1,300	200,00	2,00	2300,00
2	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
3	3.19 Cementni estrih	4,000	1,600	50,00	2,00	2000,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,042	100,00	4,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW)	10,000	0,032	1,00	0,10	10,00
7	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
8	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirana ploština [m ²]:						166,98

Tablica 81. Pod prema vanjskom prostoru

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	4.06 Drvo - tvrdo - bjelogorica	2,000	0,180	200,00	4,00	700,00
2	3.19 Cementni estrih	3,000	1,600	50,00	1,50	2000,00
3	PVC folija	0,020	0,200	42000,00	8,40	1200,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	4,000	0,042	100,00	4,00	30,00
5	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
6	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,032	1,00	0,20	10,00
7	3.15 Polimerna žbuka	0,300	0,700	150,00	0,45	1100,00
8	3.16 Silikatna žbuka	0,200	0,900	60,00	0,12	1800,00
Definirana ploština [m ²]:						14,83

Tablica 82. Kosi krov

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	14,000	2,600	110,00	15,40	2500,00
2	Knauf Insulation LDS 100 AL - PE aluminizirana parna brana	0,020	0,500	350000,00	20,00	450,00
3	7.01 Mineralna vuna (MW)	20,000	0,037	1,20	0,24	200,00
4	Bitumenska ljepenka (traka)	0,500	0,230	50000,00	250,00	1100,00
5	Neprovjetravan sloj zraka	4,000	-	1,00	0,04	-
6	Crijep (krovni) glina	2,000	1,500	100,00	2,00	2100,00
Definirane ploštine [m ²]:				Sjever	39,97	
				Zapad	29,42	
				Jug	49,52	

Tablica 83. Ravan krov G

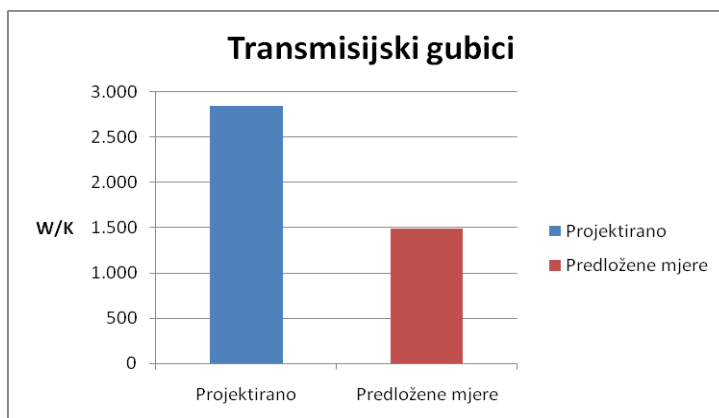
R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	2.01 Armirani beton	12,000	2,600	110,00	13,20	2500,00
2	2.03 Beton	7,500	2,000	100,00	7,50	2400,00
3	Bitumenska traka s uloškom od Al folije	0,500	160,000	3000000,00	500,00	1600,00
4	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica)	0,020	0,600	54000,00	10,80	980,00
5	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	20,000	0,037	60,00	12,00	21,00
6	3.19 Cementni estrih	3,500	1,600	50,00	1,75	2000,00
7	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
8	Cement, pijesak	2,000	1,000	6,00	0,12	1800,00
9	4.03 Keramičke pločice	4,000	1,300	200,00	8,00	2300,00
Definirana ploština [m ²]:					136,63	

Tablica 84. Ravan krov (Balkon) H

R.b.	Materijal	d [cm]	λ [W/mK]	μ [-]	sd [m]	ρ [kg/m ³]
1	3.03 Vapneno-cementna žbuka	1,000	1,000	20,00	0,20	1800,00
2	2.01 Armirani beton	16,000	2,600	110,00	17,60	2500,00
3	PE - folija (pričvršćena metalnim spojnica)	0,020	0,600	54000,00	10,80	980,00
4	7.02 Ekspandirani polistiren (EPS)	20,000	0,037	60,00	12,00	21,00
5	3.19 Cementni estrih	3,500	1,600	50,00	1,75	2000,00
6	Bitumenska ljepenka (traka)	1,000	0,230	50000,00	500,00	1100,00
7	Polimerno-cementno ljepilo	0,500	0,900	14,00	0,07	1650,00
8	4.03 Keramičke pločice	2,000	1,300	200,00	4,00	2300,00
Definirana ploština [m ²]:					134,43	

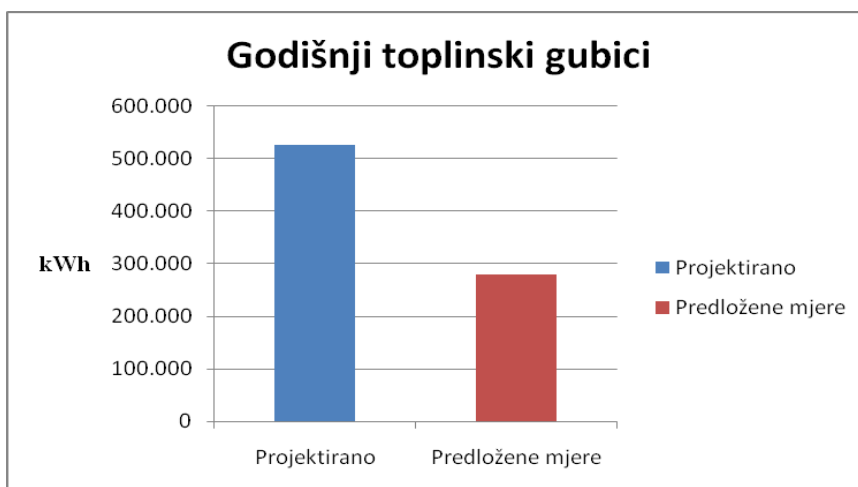
7.2. Rezultati proračuna i usporedba

Proračun je izveden prema Algoritam za proračun potrebne energiju za grijanje i hlađenje prema HRN EN 13790 u kompjuterskom programu „KI Expert 2013“. Ukupni koeficijent transmisije izmjene topline H_{Tr} nakon obnove iznositi će $H_{Tr} = 1.492,985$ [W/K], što je u odnosu na projektirano stanje za 1.359,045 [W/K], odnosno 47,65 % manje. Usporedba dvaju transmisivskih gubitaka prikazana je na slici 27.



Slika 27. Graf prikaza rezultata transmisivskih gubitaka

Dok je ventilacija kod projektiranog stanja bila bez toplinske pripreme, kod obnove se predlaže da dovod i odvod zraka bude sa rekuperacijom topline te pripremom zraka grijanjem i hlađenjem. Tako se obnovom ostvaruju godišnji gubici topline u iznosu od 279.829,13 [kWh], što je za 246.301,88 [kWh], odnosno 46,81 % manje od projektiranog stanja, vidi sliku 28.



Slika 28. Graf prikaza rezultata toplinskih gubitaka

Godišnja toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade iznosi $Q_{H,nd} = 30,15 [kWh/(m^2 \cdot a)]$, dok godišnja potrebna primarna energija po jedinici ploštine korisne površine zgrade za stvarne klimatske podatke iznosi $E_{prim} = 103,08 [kWh/m^2 \cdot a]$.

Godišnja potrebna energija za grijanje kod predloženih mjera prikazana je u tablici 85., i godišnja potrebna energija za hlađenje prikazana je u tablici 86.

Tablica 85. Godišnja potrebna energija za grijanje kod predloženih mjera

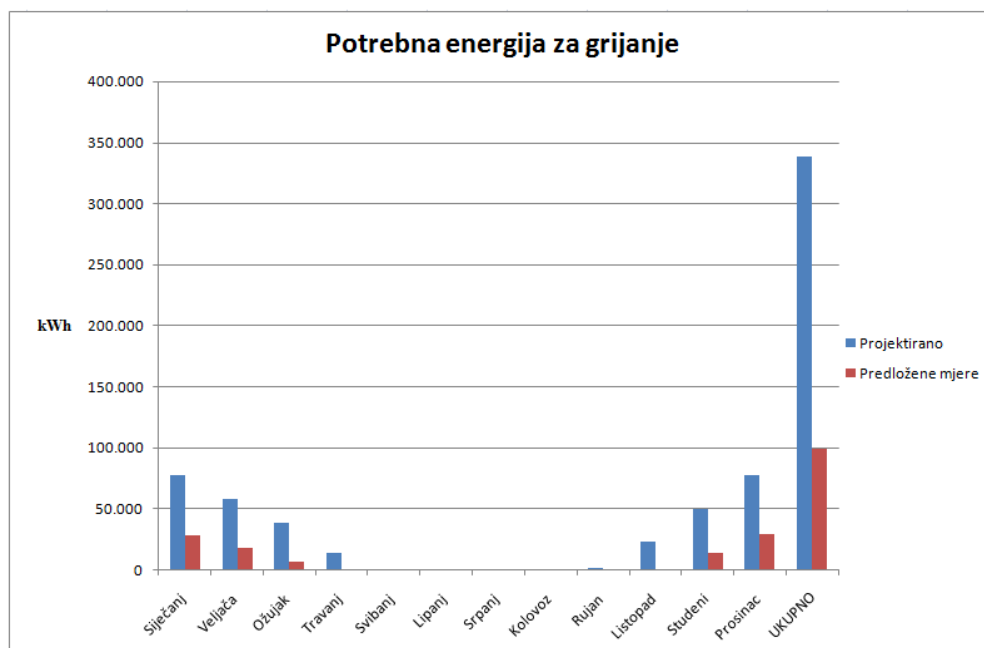
Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,qn}$ [kWh]	γ_H	$\eta_{H,qn}$	$\alpha_{red,H}$	$L_{H,m}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
MJESEČNO											
Siječanj	20.982	27.517	48.499	5.170	14.757	19.927	0,41	0,996	1,00	31,00	28.646
Veljača	17.029	22.249	39.278	7.709	13.329	21.038	0,54	0,986	1,00	28,00	18.524
Ožujak	14.799	19.119	33.917	15.023	14.757	29.781	0,88	0,900	1,00	30,00	6.894
Travanj	9.809	12.347	22.156	19.774	14.281	34.056	1,54	0,630	1,00	0,00	0
Svibanj	5.372	6.227	11.599	22.231	14.757	36.989	3,19	0,313	1,00	0,00	0
Lipanj	1.962	1.520	3.481	23.276	14.281	37.557	10,79	0,093	1,00	0,00	0
Srpanj	202	-2.510	-2.307	24.633	14.757	39.390	-17,07	-0,059	1,00	0,00	0
Kolovoz	608	-1.076	-468	20.869	14.757	35.626	-76,13	-0,013	1,00	0,00	0
Rujan	5.591	6.616	12.207	16.507	14.281	30.788	2,52	0,395	1,00	0,00	0
Listopad	10.643	13.549	24.192	12.406	14.757	27.164	1,12	0,796	1,00	17,00	1.403
Studen	15.106	19.642	34.748	6.023	14.281	20.304	0,58	0,980	1,00	30,00	14.856
Prosinac	20.678	27.153	47.831	3.791	14.757	18.549	0,39	0,997	1,00	31,00	29.334
UKUPNO											99658

Tablica 86. Godišnja potrebna energija za hlađenje kod predloženih mjera

Mjesec	$Q_{C,tr}$	$Q_{C,ve}$	$Q_{C,ht}$ [kWh]	$Q_{C,sol}$	$Q_{C,int}$	$Q_{C,qn}$ [kWh]	γ_C	$\eta_{C,ls}$	$\alpha_{red,C}$	$Q_{C,nd}$ [kWh]
MJESEČNO										
Siječanj	20.982	0	20.982	5.170	14.757	19.927	0,95	0,828	0,82	2.108
Veljača	17.029	0	17.029	7.709	13.329	21.038	1,24	0,924	0,77	4.083
Ožujak	14.799	0	14.799	15.023	14.757	29.781	2,01	0,990	0,71	10.738
Travanj	9.809	0	9.809	19.774	14.281	34.056	3,47	0,999	0,71	17.219
Svibanj	5.372	0	5.372	22.231	14.757	36.989	6,89	1,000	0,71	22.448
Lipanj	1.962	0	1.962	23.276	14.281	37.557	19,15	1,000	0,71	25.273
Srpanj	202	0	202	24.633	14.757	39.390	194,61	1,000	0,71	27.823
Kolovoz	608	0	608	20.869	14.757	35.626	58,61	1,000	0,71	24.863
Rujan	5.591	0	5.591	16.507	14.281	30.788	5,51	1,000	0,71	17.890
Listopad	10.643	0	10.643	12.406	14.757	27.164	2,55	0,997	0,71	11.753
Studen	15.106	0	15.106	6.023	14.281	20.304	1,34	0,944	0,75	4.526
Prosinac	20.678	0	20.678	3.791	14.757	18.549	0,90	0,801	0,83	1.661
UKUPNO										170386

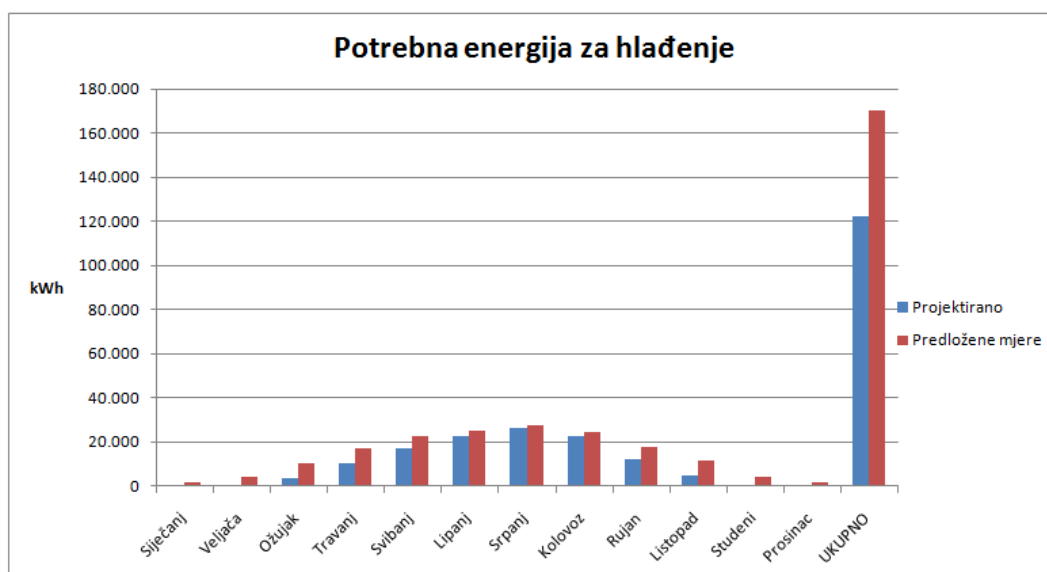
Godišnja potrebna energija za grijanje kod predloženih mjera iznosi 99.568,00 [kWh], što bi, ako uzmemo za pretpostavku (jer sa dobivenom dokumentacijom nismo dobili definirano) da se grijanje odvija preko toplane u kunama iznosilo 11.948,16 kn (bez PDV-a) godišnje, uz napomenu da u iznosu nije uzeta u obzir mjesečna naknada po korisnoj snazi (kW). Dok godišnja potrebna energija za hlađenje iznosi 170.386,00 [kWh], odnosno uz

pretpostavku da se za hlađenje troši električna energija, dobili bi smo iznos od 144.828,00 kuna (bez mjesečne naknade). U usporedbi sa projektiranom situacijom dolazimo do smanjenja u potrebnoj energiji za grijanju u iznosu od 238.520,00 [kWh], odnosno 70,06 %, dok bi ušteda u kunama iznosila 28.622,40 kn (bez PDV-a), slika 29.



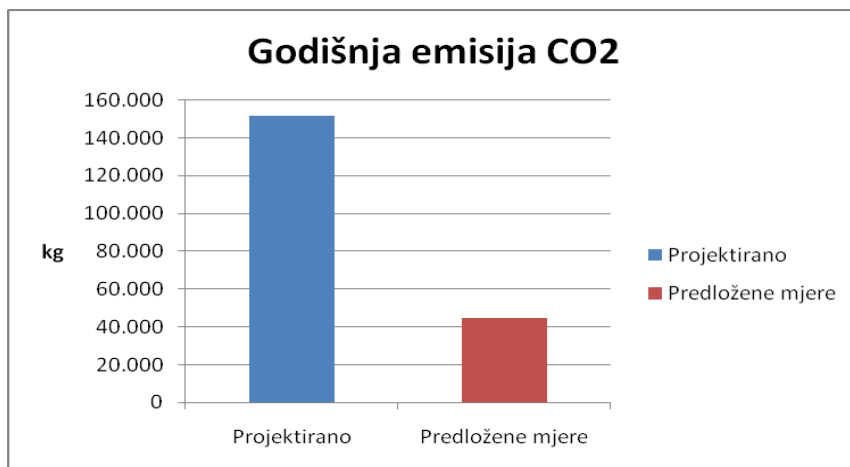
Slika 29. Graf prikaza rezultata potrebne energije za grijanje

Zbog smanjenja koeficijenta prolaska topline na vanjskoj ovojnici zgrade doći će do malog povećanja potrebne energije za hlađenje, jer se zgrada u hladnijem periodu preko noći neće stići ohladiti. Razlika u povećanju potrebne energije za hlađenje iznosi 48.009 [kWh], slika 30.



Slika 30. Graf prikaza rezultata potrebne energije za hlađenje

Dok će se godišnja emisija CO₂ kod predloženih mjera na godišnjoj razini smanjiti za 107.070,76 kg, odnosno 70,52 % u odnosu na projektirano stanje, slika 31.



Slika 31. Graf prikaza rezultata godišnje emisije CO₂

Prema tehničkom propisu o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama za rekonstrukciju „Ostalih nestambenih zgrada“ sa faktorom oblika zgrade $f_0=0,42 [m^{-1}]$ godišnja toplinska energija za grijanje po jedinici ploštine korisne površine zgrade $Q_{H,nd} [kWh/(m^2 \cdot a)]$ mora biti manja od vrijednosti:

$$- \text{za } 0,20 < f_0 < 1,05 \quad Q_{H,nd} = (40,49 + 50,73 \cdot f_0) \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

Uvrštavanjem faktora oblika $f_0=0,42 [m^{-1}]$ konačni uvjet za zadanu zgradu glasi:

$$Q_{H,nd} = 61,80 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

I godišnja primarna energija koja uključuje energiju za grijanje, hlađenje, ventilaciju, pripremu potrošne tople vode i rasvjetu za nije veća od vrijednosti:

$$E_{prim} = 180 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

kada srednja mjesečna temperatura vanjskog zraka najhladnijeg mjeseca na lokaciji zgrade jest $\leq 3 \text{ }^\circ\text{C}$ prema podacima iz Priloga »B«[11].

Usporedbom danih uvjeta i rezultata dobivenih proračunom za predložene mjere, uviđamo da su uvjeti dani tehničkim propisom zadovoljeni:

$$Q_{H,nd} = 30,15 < 61,80 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a)$$

$$E_{prim} = 103,08 < 180 \text{ kWh}/(m^2 \cdot a).$$

Rezultatima iz proračuna jasno se vidi da je moguća rekonstrukcija postojećeg objekta do razine zgrade gotovo nulte energije. Također, izračun pokazuje na znatne uštede u količini energije i osobito u emisiji CO₂. Oboje, uz određene uvjete moglo bi osigurati povratak uložених finansijskih sredstava u rekonstrukciji zgrade. Uz sve navedeno, potrebno je napomenuti i voditi računa o ljudskom faktoru, dakle, o odgovornom upravljanju zgradom. Naime, osim građevinskih elemenata za postizanje nulte energije, jednako su važni i oni bihevioralni, odnosno integralno upravljanje energetske sustavima u zgradi. Povezivanje svih energetske sustava jednim programskim modelom, na jednom mjestu, s jasnom određenom odgovornošću, dovelo bi s jedne strane do podizanja učinkovitosti upravljanja i s druge, do efikasnijeg održavanja tj. reakcije na eventualne kvarove i vrijeme njihovog otklanjanja. Sve zajedno, vrlo učinkovitog upravljanja uporabom energije, ponajprije na zadovoljstvo korisnika i vlasnika.

ZAKLJUČAK:

Tema diplomskog rada je energetska obnova već izgrađene zgrade do stanja zgrade gotovo nulte energije. Dakle, rad se bavi analizom moguće rekonstrukcije izgrađene zgrade određene namjene u skladu s donesenim propisima o energetskej učinkovitosti i gradnji te troškovima rekonstrukcije.

Pred Hrvatskom su, kao i pred drugim zemljama članicama EU-a izazovi ispunjavanja preuzetih obveza smanjenja ukupne potrošnje energije, posebice električne energije te dobave energije iz novih izvora. U pristupu energetskej učinkovitosti Hrvatska smatra uštedu energije kao dodatnim energetskeim izvorima. Direktiva o energetskej učinkovitosti (2012/27/EU) stupila je na snagu u prosincu 2012. njome se države članice obvezuju na postavljanje okvirnih nacionalnih ciljeva u pogledu energetske učinkovitosti za 2020. temeljenih na potrošnji bilo primarne bilo konačne energije. Direktiva je među ostalim postavila okvire godišnjeg renoviranja barem tri posto ukupne površine zgrada u posjedu središnjih vlasti i pokretanje dugoročnih nacionalnih strategija za promicanje ulaganja u renoviranje stambenih i poslovnih zgrada javne namjene. Definirani ciljevi su vrlo ambiciozno postavljeni i predstavljaju veliki izazov za sve zemlje, posebice za Hrvatsku, s obzirom na brojnost i godišta izgrađenih zgrada u javnom vlasništvu.

U radu se analizom stanja i proračunima utvrđuje moguće dovođenje postojeće konstrukcije zgrade u stanje zgrade gotovo nulte energije. Prikupljanjem potrebne dokumentacije te obavljanjem vizualnog pregleda stečena je bolja predodžba trenutnog stanja građevine u pogledu mogućnosti pristupa rekonstrukciji iste do stanja zgrade gotovo nulte energije. Dobivenom dokumentacijom pristupilo se proračunu potrebne energije za grijanje i hlađenje za projektirano, odnosno trenutno izvedeno stanje zgrade. Izračun izvedenog stanja pokazuje potrebe za velikom količine energije za grijanje i hlađenje tj. veliku energetske neracionalnost. Projektirani uvjeti za zgradu iskazuju godišnju količinu potrebne energija za grijanje 338.088 kWh te potrebnu količinu energije za hlađenje u iznosu od 122.377 kWh. Ukupna godišnja potrebna količina energije za grijanje i hlađenje iznosi 450.465 kWh.

Dakle, na temelju današnjih tehničkih propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskej zaštiti u zgradama, izvedeno stanje ne zadovoljava potrebne uvjete. Uvažavajući uvjete dane važećim tehničkeim propisima, daje se prijedlog mjera za poboljšanje energetske svojstava objekta do razine zgrade gotovo nulte energije. Provođenjem proračuna na temelju

danih mjera, uspoređuju se rezultati potrebne energije za grijanje sa tehničkim propisima o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, u smislu danih uvjeta za zgradu gotovo nulte energije. Primjenom predloženih mjera godišnja potrebna energije za grijanje iznosi 99.568 kWh, dok je za hlađenje potrebno godišnje osigurati 170.386 kWh energije. Ukupna količina godišnjih potreba energije grijanja i hlađenja za zgradu gotovo nulte energije iznosila bi 269.956 kWh. Količina potrebne ukupne godišnje energije zgrade gotovo nulte energije, iznosila bi ispod 60 posto ukupne potrebne energije za zgradu projektiranih početnih uvjeta.

Usporedbom dvaju proračuna: prvog, izvedenog temeljem projektne dokumentacije i drugog, na temelju postojećih propisa o racionalnoj uporabi energije i predloženih potrebnih izmjena, vidljivo je moguće ostvarenje određene uštede potrebne energije za grijanje i hlađenje i do 40 posto, te znatno smanjenje emisije CO₂. Za posljedicu, moguća ostvarena ušteda na energiji mogla bi uz određene uvjete osigurati isplativost provođenja rekonstrukcije ovakvog objekta. Pristup renoviranju za ovu građevinu, mogao bi se primijeniti i za neke buduće izvedbe zgrada gotovo nulte energije.

Zaključno. Premda je objekt dugo vremena nedovršen, te i nije izveden prema odobrenom projektu, određenim promjenama u projektu i uporabom adekvatnih materijala s obzirom na postojeće važeće propise o racionalnoj uporabi energije, proračunom se utvrđuje stvarna mogućnost dovođenja zgrade u stanje zgrade gotovo nulte energije.

LITERATURA :

1. http://www.zelenazona.hr/home/wps/wcm/connect/zelenazona/okvir_za_djelovanje/europska_unija/energetsko-klimatski_paket-20-20-20Ifh; posjećeno 13.6.2016.
2. Hrs Borković Ž.; „Priručnik za energetske certifikiranje zgrada“ Zagreb: Naklada 2500, (2010), str. 1-57
3. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“ Narodne novine d.d., br. 130/2009.
4. http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/hr/displayFtu.html?ftuId=FTU_5.7.1.html; posjećeno 13. 6. 2016.
5. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Zakon o energetske učinkovitosti“ Narodne novine d.d., br. 127/2014.
6. <http://www.enu.fzoeu.hr/o-projektu>; posjećeno 14.6.2016.
7. <http://www.enu.fzoeu.hr/o-projektu/zasto-energetska-efikasnost>; posjećeno 14.6.2016.
8. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Tehnički propis o izmjenama i dopunama tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“ Narodne novine d.d., br. 153/13.
http://www.mgipu.hr/doc/Propisi/PLAN_PBZ_0_energije_do_2020.pdf; posjećeno 2.6.2016.
9. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Tehnički propis o izmjenama i dopunama tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije o toplinskoj zaštiti u zgradama“, Narodne novine d.d., br. 97/14 i 130/14.
10. <http://www.mgipu.hr/default.aspx?id=14751>; posjećeno 13.6.2016.
11. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“ Novine d.d., br. 128/2015.
<http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/dodatni/438515.pdf>; posjećeno 21.6.2016.
12. <https://www.google.hr/maps/>; posjećeno 20.6.2016.
13. Banjad Pečur I.: “Nerazorna ispitivanja“, predavanja, Sveučilište u Zagrebu - Građevinski fakultet, Zavod za Materijale, Zagreb, 2015
14. Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja: „Tehničkog propisa o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama“ Narodne novine“, broj 153/2013

15. Soldo V., Novak S., Horvat I.: „*Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*“ Sveučilište u Zagrebu – Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2014.
16. <http://www.rezije.hr/zagreb/16-zagreb-grijanje.html>; posjećeno 15.6.2016.

Popis tablica:

Tablica 1. Komercijalne nestambene zgrade [8]	16
Tablica 2. Ciljana površina zgrada gotovo nulte energije prema namjeni godišnje [8] ...	19
Tablica 3. Temperatura zraka za Zagreb Grič po mjesecima	33
Tablica 4. Broj grijanih dana ovisno o vanjskoj temperaturi.....	33
Tablica 5. Globalno Sunčevo zračenje	33
Tablica 6. Unutarnje proračunske temperature (temelju HRN EN 13790 Tablica G.12 i DIN V 18599-10.) [15]	35
Tablica 7. Geometrijske karakteristike	37
Tablica 8. PODRUM Zid prema tlu Žuti.....	38
Tablica 9. PODRUM Zid prema tlu Zeleni	38
Tablica 10. PODRUM Zid prema tlu Zeleni	39
Tablica 11. Vanjski zid - Fasadna opeka	40
Tablica 12. POTKROVLJE Zid siporex.....	40
Tablica 13. POTKROVLJE Zid Crveni.....	41
Tablica 14. POTKROVLJE Zid Žuti.....	41
Tablica 15. POTKROVLJE Zid Plavi	41
Tablica 16. POTKROVLJE AB	41
Tablica 17. PODRUM Pod na tlu E (Glazura)	43
Tablica 18. PODRUM Pod na tlu D (Asfalt).....	43
Tablica 19. PODRUM Pod na tlu C3 (Teraco).....	43
Tablica 20. PODRUM Pod na tlu B3 (Pločice).....	43
Tablica 21. PODRUM Pod na tlu P (Parket).....	44
Tablica 22. Strop iznad negrijanog podruma A2 (Parket).....	45
Tablica 23. Strop iznad negrijanog podruma C (Teracco)	45
Tablica 24. Strop iznad negrijanog podruma B2 (Pločice).....	45

Tablica 25. Pod prema vanjskom prostoru	46
Tablica 26. Kosi krov	46
Tablica 27. Ravan krov G.....	47
Tablica 28. Ravan krov (Balkon) H.....	47
Tablica 29. (HRN U.J5.600; Priručnik za energetska certificiranje zgrada (UNDP, 2010. god.) Pretpostavljene vrijednosti koeficijenata prolaska ugrađenih otvora (W/m ² K) [15]	48
Tablica 30. (HRN EN ISO 13789 Tablica C.4) Koeficijenti <i>ewind</i> i <i>fwind</i> [15]	49
Tablica 31. (temeljem DIN V 18599-10 Tablica 4) Vrijeme rada sustava grijanja/hlađenja za nestambene zgrade [15]	50
Tablica 32. Ukupni koeficijenti transmisivnih gubitaka.....	50
Tablica 33. Koeficijenata prolaska topline pojedinih građevinskih elemenata U_k (W/(m ² K)).....	51
Tablica 34. Proračun toplinskih mostova (HRN EN ISO 14683)	52
Tablica 35. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade	52
Tablica 36. Gubici topline kroz vanjski omotač zgrade	53
Tablica 37. (DIN V 18599-2) Proračunske vrijednosti n_{50} za netestirane zgrade [15] ...	54
Tablica 38. (HRN EN ISO 13789 Tablica C.4) Koeficijenti <i>ewind</i> i <i>fwind</i> [15]	55
Tablica 39. Proračun protoka zraka	55
Tablica 40. Infiltracija	55
Tablica 41. Mehanička ventilacija.....	56
Tablica 42. Prozračivanje	56
Tablica 43. Godišnji gubici topline	56
Tablica 44. Broj dana i sati u mjesecu [15]	57
Tablica 45. (Prema tehničkom propisu koji se odnosi na racionalnu uporabu energije i toplinsku zaštitu u zgradama) Računske vrijednosti stupnja propuštanja ukupne energije kroz ostakljenje, g (-), za slučaj okomitog upada sunčeva zračenja [15].....	59

Tablica 46. (HRN EN Tablica G5) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog konfiguracije terena F_{hor} [15]	60
Tablica 47. (HRN EN Tablica G6) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog gornjih elemenata prozorskog otvora F_{ov} [15]	60
Tablica 48. (HRN EN Tablica G7) Parcijalni faktor zasjenjenja zbog bočnih elemenata prozorskog otvora F_{fn} [15]	60
Tablica 49. (DIN V 18599-2 Tablica 6.) Bezdimenzijski apsorpcijski koeficijent različitih površina [15]	61
Tablica 50. Solarni toplinski dobici	62
Tablica 51. Mjesečni unutarnji dobici	62
Tablica 52. Ukupni toplinski dobici	62
Tablica 53. Mjesečni dobici topline	62
Tablica 54. Godišnji dobici topline	62
Tablica 55. (HRN EN Tablica 12.) Proračun efektivnog toplinskog kapaciteta grijanog dijela zgrade kao funkcija plošne mase građevnog dijela (vanjske ovojnice) [15]	63
Tablica 56. Potrebna energija za grijanje	64
Tablica 57. Potrebna energija za hlađenje	64
Tablica 58. Godišnja primarna energija za hlađenje	65
Tablica 59. Potrebna energija za zagrijavanje vode	65
Tablica 60. Rezultati proračuna potrošnje i cijene energenata temeljem godišnje potrebne topline za grijanje	66
Tablica 61. Rezultati proračuna godišnje emisije CO ₂	66
Tablica 62. Vanjski zid - Fasadna opeka	68
Tablica 63. POTKROVLJE Zid siporex	68
Tablica 64. POTKROVLJE Zid Crveni	68
Tablica 65. POTKROVLJE Zid Žuti	68
Tablica 66. POTKROVLJE Zid Plavi	69

Tablica 67. POTKROVLJE AB	69
Tablica 68. 1. KAT Zid.....	69
Tablica 69. PODRUM Zid prema tlu Žuti.....	69
Tablica 70. PODRUM Zid prema tlu Zeleni	69
Tablica 71. PODRUM Zid prema tlu Plavi	70
Tablica 72. PODRUM Pod na tlu E (Glazura)	70
Tablica 73. PODRUM Pod na tlu D (Asfalt).....	70
Tablica 74. PODRUM Pod na tlu C3 (Teraco).....	70
Tablica 75. PODRUM Pod na tlu B3 (Pločice).....	71
Tablica 76. PODRUM Pod na tlu P (Parket).....	71
Tablica 77. Strop prema tavanu	71
Tablica 78. Strop iznad negrijanog podruma A2 (Parket).....	71
Tablica 79. Strop iznad negrijanog podruma C (Teracco)	72
Tablica 80. Strop iznad negrijanog podruma B2 (Pločice).....	72
Tablica 81. Pod prema vanjskom prostoru	72
Tablica 82. Kosi krov	73
Tablica 83. Ravan krov G	73
Tablica 84. Ravan krov (Balkon) H.....	73
Tablica 85. Godišnja potrebna energija za grijanje kod predloženih mjera	75
Tablica 86. Godišnja potrebna energija za hlađenje kod predloženih mjera	75

Popis slika:

Slika 1. Ciljevi energetske politike do 2020. godine u EU [2]	2
Slika 2. Situacija [12]	23
Slika 3. Istočno pročelje zgrade	26
Slika 4. Prikaz trenutnog stanja poda u podrumu	26
Slika 5. Prikaz trenutnog stanja poda u prizemlju.....	27
Slika 6. Tlocrt podruma.....	27
Slika 7. Vanjski zid u podrumu (zeleni zid).....	28
Slika 8. Vanjski zid u podrumu (žuti zid)	28
Slika 9. Vanjski zid potkrovlje (zid plavi)	29
Slika 10. Potkrovlje zid plavi	29
Slika 11. Vanjski zid u potkrovlju.....	30
Slika 12. Prikaz krovne konstrukcije	30
Slika 13. Kosi krov.....	31
Slika 14. Prikaz pročelja zgrade.....	31
Slika 15. Oznaka proračunske zone zgrade.....	34
Slika 16. Oznaka vanjske ovojnice prizemlja i 1. kata	35
Slika 17. Oznaka vanjske ovojnice potkrovlja.....	36
Slika 18. Oznaka vanjske ovojnice podruma	36
Slika 19. Prikaz vanjskih zidova u podrumu.....	38
Slika 20. Prikaz vanjskih zidova u prizemlju i 1. katu.....	39
Slika 21. Prikaz vanjskih zidova u potkrovlju	40
Slika 22. Raspodjela završnih podnih podloga u podrumu.....	42
Slika 23. Raspodjela završnih podloga stropnih konstrukcija u prizemlju	44
Slika 24. Prikaz stropnih konstrukcija prema vanjskom prostoru i ravnog krova	46
Slika 25. Kut zaklonjenosti zgrade [15].....	59

Slika 26. Prozorsko zasjenjenje: a) vertikalna ravnina, b) horizontalna ravnina [15]	60
Slika 27. Graf prikaza rezultata transmisijskih gubitaka	74
Slika 28. Graf prikaza rezultata toplinskih gubitaka	74
Slika 29. Graf prikaza rezultata potrebne energije za grijanje	76
Slika 30. Graf prikaza rezultata potrebne energije za hlađenje.....	76
Slika 31. Graf prikaza rezultata godišnje emisije CO ₂	77

Summary:

Work analyse already constructed energy effectiveness building i.e. latter reconstruction gain become to a zero-energy building. Analysis is based on EU Directives what Croatia was takeover and created through strategy and legitimacy as EU member state and increased number of zero-energy buildings during to 2020. Structural condition assessment already constructed building shows significant differences derived from projecting position, as well, visual damage as consequence unfinished building. Therefore, for determinate possible zero-energy building reconstruction made two calculations, energy needed projecting conditions and conditions rationality energy consumption. Calculates lay down conditions under existing building with appropriate solutions changing in project and implementation adequate materials, could become zero-energy building. As well, calculate shows that could be possible realise energy saving with appropriate changing and implement adequate technology. Add, more saving total energy needed could be possible with behavioural consumer changing and responsibility governance energy consumption used.

Key words: zero-energy buildings, energy effectiveness, reduce total energy consumption, responsibility, calculate.